FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA
MESTRADO PROFISSIONAL EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE

GESTÃO ENERGÉTICA EM UM CLUBE RECREATIVO

VANESSA MARTINS DE OLIVEIRA

CAMPO GRANDE - MS
ANO 2017

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA
MESTRADO PROFISSIONAL EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE

GESTÃO ENERGÉTICA EM UM CLUBE RECREATIVO

VANESSA MARTINS DE OLIVEIRA

Projeto para defesa do Curso do Mestrado Profissional apresentado na Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, para obtenção do título de Mestre em Eficiência Energética e Sustentabilidade, na área de concentração Eficiência Energética.

Orientadora: Prof. Dr. Andrea Teresa Riccio Barbosa

CAMPO GRANDE
AGOSTO/2017

FOLHA DE APROVAÇÃO

Redação final do Trabalho de Conclusão Final de Curso defendida por **VANESSA MARTINS DE OLIVEIRA**, aprovada pela Comissão Julgadora em 31 de agosto de 2017, na Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul para obtenção do titulo de Mestre em Eficiência Energética e Sustentabilidade.

Prof. Dra. Andrea Teresa Riccio Barbosa – Orientadora
FAENG/UFMS

Prof. Dr. Jair de Jesus Fiorentino
FAENG/UFMS

Prof. Dr. Frederico Silva Moreira
FAENG/UFMS

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Solange e Delvani que me permitiram e sempre incentivaram a estudar.

A orientadora e professora Andrea Riccio Barbosa, pela dedicação e empenho.

Ao professor Aureo Cesar de Lima que na graduação me apresentou muitos dos ensinamentos que subsidiaram a elaboração deste trabalho.

Aos colaboradores do Clube Indaiá, que sempre estiveram dispostos a ajudar no fornecimento de informações pertinentes ao trabalho.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS ..... **iv**
SUMÁRIO ..... **v**
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS ..... **vii**
LISTA DE SÍMBOLOS ..... **viii**
ABSTRACT ..... **xi**
1. INTRODUÇÃO **12**
1.1 Objetivo geral 13
1.1.1 Objetivos específicos 13
1.2 Justificativa 14
2. REFERENCIAL TEÓRICO **18**
2.1 Estrutura tarifária no brasil 18
2.2 Mercado de energia elétrica 20
2.2.1 Ambiente de contratação regulada 20
2.2.2 Ambiente de contratação livre 21
2.3 Geração distribuída 24
2.3.1 Motores alternativos de combustão interna 27
2.3.2 Energia solar fotovoltaica 28
2.4 Energia reativa excedente 30
2.4.1 Trabalhos relacionados com a correção do fator de potência 33
2.5 Indicadores de eficiência energética 33
2.5.1 Fator de carga e preço médio 34
2.5.2 Consumo e custo específico de energia elétrica 36
2.6 Eficiência energética em sistemas de iluminação 37
2.7 Eficiência energética em condicionamento de ar 44
2.8 Energia solar térmica para aquecimento 45
2.8.1 Trabalhos relacionados com o emprego da energia solar para aquecimento 49
3. METODOLOGIA **53**
3.1 Estudo de caso 53
3.2 Caracterização da unidade consumidora 53
3.3 Procedimentos para a coleta de dados 56

4. RESULTADOS 64
4.1 Análise das faturas de energia elétrica 64
4.1.1 Dados de energia elétrica obtidos nas faturas de energia elétrica 64
4.1.2 Análise da demanda contratada 69
4.1.2.1 Economia com a adequação da demanda 71
4.1.3 Análise tarifária 75
4.1.4 Análise da viabilidade na utilização de geradores a diesel *no horário de ponta* 81
4.1.5 Análise da viabilidade na utilização de energia solar fotovoltaica 86
4.1.6 Verificação da viabilidade na migração para o mercado livre de energia elétrica 89
4.1.7 Energia reativa excedente 93
4.1.7.1 Economia com a instalação dos bancos de capacitores 95
4.1.8 Indicadores de eficiência energética 97
4.2 Curva de carga do clube 100
4.3 Rateio de energia elétrica por setores 102
4.4 Soluções para o aumento da eficiência energética nos setores analisados 105
4.4.1 Piscina aquecida de biribol 105
4.4.2 Campos e quadras de tênis 108
4.4.3 Escritórios 110
4.4.4 Cantina 116
4.5 Consumo de energia elétrica após o encerramento das atividades do clube 117
5. CONCLUSÃO 119
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 124
ANEXO 1 – Equações para cálculo da fatura de energia 131
ANEXO 2 – Dimensionamento do sistema solar fotovoltaico 133
ANEXO 3 – Analisador de energia 135
ANEXO 4 – Viabilidade Econômica 138

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABRACEEL	Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia
ABRADEE	Associação Brasileira de Distribuidores de Energia
ACL	Ambiente de Contratação Livre
ACR	Ambiente de Contratação Regulada
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CAE	Custo Anual Equivalente
CCD	Contrato de Conexão ao Sistema de Distribuição
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CCVEE	Contratos de Compra e Venda de Energia
CDE	Conta de Desenvolvimento
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
CONFAZ	Conselho Nacional de Política Fazendária
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
CUSD	Contrato de Uso do Sistema de Distribuição
DIEESE	Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FVP	Fator de Valor presente
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
ICMS	Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia
IRC	Índice de Reprodução de Cor
MACI	Motores Alternativos de Combustão Interna
MAE	Mercado Atacadista de Energia
MP	Medida Provisória
ONS	Operador Nacional do Sistema
PE	Polietileno
PIS	Programa de Integração Social
PLD	Preço de Liquidação das Diferenças
PP	Polipropileno
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PVC	Policloreto de Polivinila
SEINFRA	Secretaria de Estado de Infraestrutura
SIN	Sistema Interligado Nacional
SMF	Sistema de Medição e Faturamento
TE	Tarifa de Energia
THD	Taxa de Distorção Harmônica Total
TIR	Taxa Interna de Retorno
TUSD	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição
TUST	Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão
VPL	Valor Presente Líquido

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Graus Celsius
BTU	Unidade Térmica Britânica
C	Consumo
c	Comprimento do ambiente
cv	Cavalo vapor
D	Demanda
d	Dimensão
E	Iluminância
f	Fluxo luminoso da lâmpada
FC	Fator de carga
FP	Fator de potência
Fpl	Fator depreciação
h	Horas
h	Altura do pé direito
k	Kilo
K	Kelvin
k	Índice do local
kV	Kilo Volt
kVArh	Kilo Volt Ampere reativo hora
kW	Kilo Watt
kWh	Kilo Watt hora
kWp	Kilo Watt pico
l	Litro
L	Largura do Ambiente
m	Metros
M	Mega
m^2	Metro quadrado
m^3	Metro cúbico
min	Minutos
MWh	Mega Watt hora
MWm	Mega Watt médio

n	Número de pontos
N	Quantidade de luminárias
n	Quantidade de lâmpadas por luminária
NH	Número de horas
P	Potência ativa
p	Tamanho da malha
PM	Preço médio
Q	Potência reativa
S	Potência aparente
TC	Tarifa de demanda
TD	Tarifa de demanda
U	Fator de utilização
VA	Volt Ampere
VAr	Volt Ampere reativo
W	Watts

RESUMO

A gestão energética tem como propósito conhecer o fluxo de energia, os contratos e as atividades que influenciam este fluxo dentro de uma instalação, buscando medir e indicar ações de eficiência energética. Atuando então, na redução dos indicadores específicos da quantidade de energia elétrica necessária para a obtenção do mesmo resultado com o produto ou serviço. Devido a essas vantagens, esse trabalho teve como objetivo realizar uma análise de gestão energética em um clube da cidade de Dourados-MS. Observa-se que compreender e gerenciar os gastos com energia elétrica são fatores importantes para a operação viável do clube, já que esses gastos podem ser significativos neste segmento de atividade, tendo nesse caso específico gasto médio de R$ 40.300,10/mês e R$ 483.601,17/ano. Desta forma, esse trabalho discorreu a respeito de alternativas para o aumento da eficiência energética em ambientes e diversos equipamentos que geralmente são encontrados nestes locais. Foram feitas análises nas faturas de energia elétrica que resultaram em uma economia total de R$ 44.574,22 desde outubro de 2016 até junho de 2017. Foi verificada a viabilidade na utilização de geradores a diesel e energia solar fotovoltaica que apresentaram Valor Presente Líquido (VPL) de R$ 392.179,47e R$ 817.093,90 respectivamente. Foi observado também, que há viabilidade na migração para o mercado livre de energia elétrica, representando uma economia de R$ 214.200,01/ano. Foram realizadas medições de consumo de energia setoriais com um analisador de energia, mostrando que os setores que mais consumiam energia eram a piscina aquecida (13,7%), secretaria (11,7%) e quadras de tênis de saibro (9,8%). Para a piscina aquecida foi feita a instalação de coletores solares, gerando uma economia estimada de R$ 3.102,91/mês. Por fim, foi proposto que se trocassem as lâmpadas de vapor metálico das quadras de tênis de saibro por refletores LED, proporcionando um VPL de R$ 89.252,07. Com as ações propostas e executadas houve uma redução de 12,7% no preço médio de energia elétrica.

Palavras-chaves: gestão energética, eficiência energética, clube recreativo.

ABSTRACT

The purpose of energy management is to know the flow of energy, contracts and activities that influence this flow within an electrical installation, seeking to measure and indicate energy efficiency actions. Acting, then, in the reduction of the specific indicators of the quantity of electrical energy necessary to obtain the same result with the product or service. Due to these advantages, this work had the goal of conducting an energy management analysis in a club in the city of Dourados-MS. It is observed that understanding and managing electric energy expenditures are important factors for the viable operation of the club, since these expenditures may be significant in this segment of activity, which in this specific case has an average expenditure of R $ 40,300.10 / month and R $ 483,601.17 / year. Thus, this work discussed about alternatives to increase energy efficiency in environments and various equipment that are generally found in these places. Analyzes were made in the electric energy bills that resulted in total savings of R $ 44,574.22, from October 2016 to June 2017. It was verified the feasibility of using diesel generators and solar photovoltaic energy, which presented Net Present Value of R $ 392,179. 47 and R $ 817,093.90 respectively. It was also observed that there is viability in the migration to the free market of electric energy, which represents an economy of R$ 214,200.01 / year. Sectoral energy consumption measurements were performed with an energy analyzer, showing that the sectors that consumed the most energy were the heated pool (13.7%), secretariat (11.7%) and clay tennis courts (9.8%). For the heated pool the installation of solar collectors was performed, generating an estimated saving of R $ 3,102.91 / month. Finally, it was proposed that the metallic steam lamps of the clay tennis courts were replaced by LED spotlights, providing a NPV of R $ 89,252.07. With the actions that were proposed and executed, there was a 12.7% reduction in the average electric energy price.

Keywords: energy management, energy efficiency, recreational club.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, ao longo dos anos, com a implantação dos programas de eficiência energética, verificou-se que é possível retirar uma parcela do consumo de energia por meio dessas iniciativas (Empresa de Pesquisa Energética - EPE, 2010). Buscando-se, assim, reduzir o consumo, o desperdício e as perdas de energia elétrica, sendo utilizada de forma adequada, sem reduzir a qualidade e a quantidade dos serviços (OLIVEIRA, 2006).

Observa-se que a eficiência energética visa aperfeiçoar a utilização da energia elétrica através de orientações, ações, controles sobre recursos humanos e materiais. Procura-se a redução dos índices globais e específicos da quantidade de energia elétrica necessária para a obtenção do mesmo resultado ou produto/serviço (OLIVEIRA, 2006).

As ações de eficiência energética visam observar as condições de operação, a fim de identificar pontos de desperdício de energia ou cuja utilização pode ser racionalizada. São avaliadas as condições de operação de motores, de sistema de iluminação, de transformadores, de sistema de ar comprimido, de condicionamento de ar, dentre outros pontos de consumo de energia elétrica (KRAUSE et al., 2002).

Tanto para o lado da oferta quanto para o lado da demanda de energia elétrica, a otimização do seu uso é importante. Para o primeiro, evita-se o investimento para ampliação da rede e da capacidade de geração e, para o segundo, representa uma alternativa para a redução nos custos da produção/serviço, uma vez que a simples mudança dos procedimentos e hábitos pode ser responsável por significativas economias (BATISTA, 2013).

O uso consciente da energia elétrica é uma estratégia dentro do âmbito empresarial responsável pela redução dos gastos administrativos das empresas. Neste cenário a gestão energética visa promover a eficiência na aquisição e consumo de energia elétrica.

A principal motivação para a disseminação das práticas de gestão energética é a falta de conhecimento por parte dos consumidores, sobre os aspectos técnicos e comercias no uso da energia elétrica.

Com o objetivo de difundir as práticas de gestão energética, este trabalho apresentará um estudo de caso no Clube Indaiá, que é uma associação sócio-recreativa localizada em Dourados-MS. Visto que as despesas com energia elétrica desta unidade são significativas em relação as despesas totais. Nota-se que este ramo de atividade está inserido no setor comercial, que em 2014 representou 17,1% do consumo de energia elétrica do país (EPE,

2015a) e 20,89% do estado do Mato Grosso do Sul (Secretaria de Estado de Infraestrutura - SEINFRA, 2014).

A análise do consumo de energia elétrica utilizou como referência o histórico de consumo e demanda de energia, medições de energia elétrica realizadas *in loco* e informações prestadas pelos colaboradores da unidade consumidora. Os resultados obtidos auxiliaram a tomada de decisão nas questões que envolvem alterações no contrato de fornecimento de energia da empresa com a concessionária distribuidora de energia elétrica. Assim como na substituição de equipamentos, de fontes energéticas e nas mudanças de rotinas de operação, sem alterar a qualidade de atendimento aos sócios. Na pesquisa bibliográfica realizada serão expostos conceitos que darão subsídio para as análises realizadas no estudo de caso.

1.1 Objetivo geral

Analisar as condições de consumo de energia elétrica de um clube e propor ações técnicas para sua eficientização.

1.1.1 Objetivos específicos

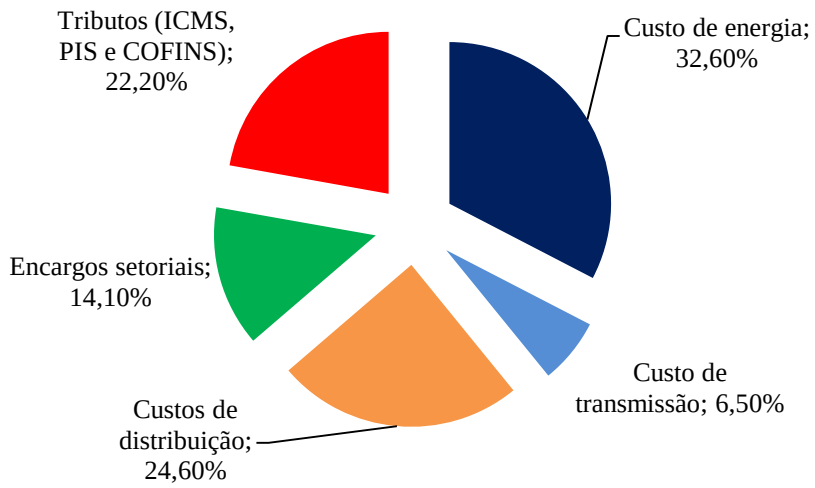
- Analisar os contratos da unidade consumidora com a concessionária de energia elétrica, assim como as faturas de energia dos últimos doze meses, avaliando a viabilidade na alteração da demanda contratada, e verificando o correto enquadramento tarifário e a possível cobrança por consumo de energia reativa excedente;
- Investigar as curvas de carga por meio das memórias de massa cedidas pela concessionária de energia elétrica local, visando identificar inconsistências;
- Medir o consumo de energia por setor, possibilitando constatar nos setores as ações de eficiência energética com maiores efeitos;
- Propor ações de eficiência energética, demonstrando o potencial de economia de energia elétrica, além do custo/benefício de tais ações;
- Realizar estudos da viabilidade econômica.

1.2 Justificativa

Em 2014, a energia hidráulica representou 65,2% da matriz energética brasileira (EPE, 2015a), mesmo apresentando um custo de geração baixo a tarifa média da energia elétrica no Brasil é uma das mais altas do mundo. Essa situação tem sido atribuída à estrutura tributária e aos encargos setoriais incorporados na tarifa. A Figura 1 mostra a participação de cada item no preço final de energia elétrica, repassada ao consumidor pela concessionária de energia elétrica do Mato Grosso do Sul – Energisa em 2017.

No entanto, mesmo quando se mensura apenas os custos com geração, transmissão e distribuição, o país figura entre os que têm o maior custo de energia (CRAIDE, 2016) (Associação Brasileira de Distribuidores de Energia - ABRADEE, 2016).

Figura 1. Divisão em porcentagem dos itens que constituem o preço final de energia elétrica da concessionária Energisa em 2017.

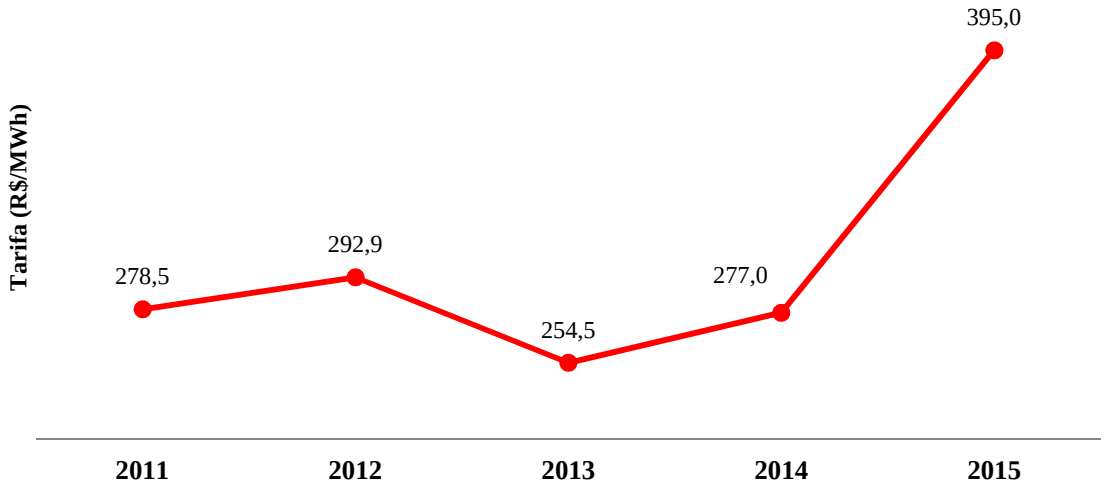


Fonte: Modificado de Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (2017)

A Figura 2 apresenta a evolução do preço da energia elétrica no Brasil, onde é possível observar uma queda no preço no ano de 2013.

A queda no preço ocorreu em decorrência da medida provisória (MP) 579, que teve como objetivo reduzir em 20% as tarifas por meio da renovação das concessões com as geradoras e distribuidoras e eliminação de alguns encargos das tarifas de energia elétrica, sendo que em contrapartida estas empresas deveriam reduzir o preço da energia (Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos - DIEESE, 2015).

Figura 2. Tarifa de fornecimento de energia elétrica média para o Brasil para o período de 2011 a 2015.



Fonte: Modificado de EPE (2016)

Não foram todas as distribuidoras aceitaram a renovação das concessões o governo realizou aportes na Conta de Desenvolvimento Energético (CDE) para alcançar o valor prometido. Posterior a MP 579 o país vivenciou um período de hidrologia desfavorável seguido de um aumento da demanda e atraso na entrega de usinas, deixando as distribuidoras expostas ao mercado de curto prazo. Todos esses fatores ocasionaram problemas de fluxo de caixa das distribuidoras, que já estavam com a receita comprometida em consequência da MP 579. Desta forma, visando solucionar o problema foram feitos empréstimos às distribuidoras, que foram pagos pelos consumidores (DIEESE, 2015).

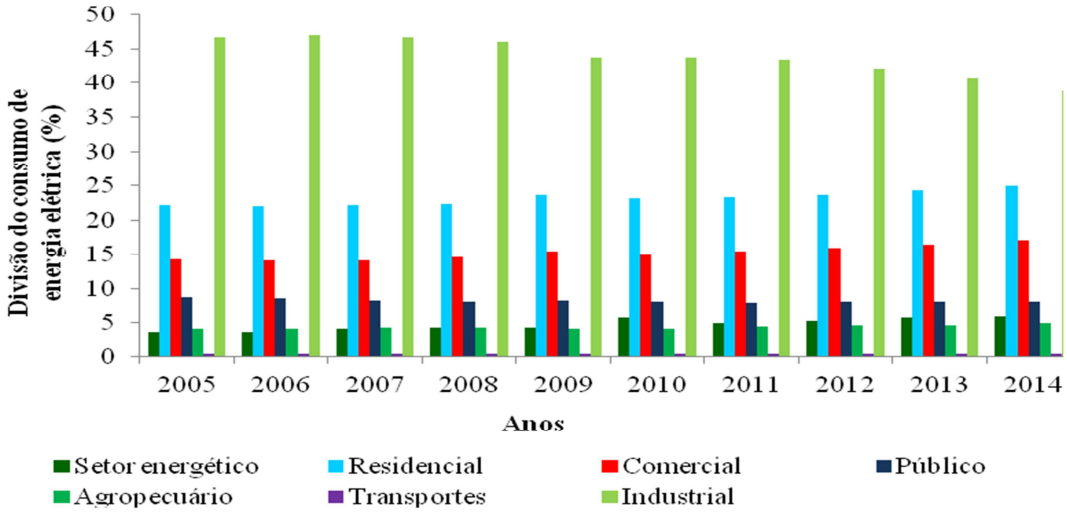
Por consequência, de todos os fatores mencionados, foi observado em 2015 um aumento significativo nas tarifas de energia elétrica, com a revisão tarifária extraordinária e o reajuste periódico anual, além da entrada das bandeiras tarifárias. Observa-se que em 2015 houve um aumento médio de 42% em relação a 2014 (Figura 2).

Este cenário de preços é chamado de realismo tarifário, ou seja, o consumidor paga pelo custo real da energia elétrica. Seguindo o princípio básico da lei da oferta e demanda, observa-se que em um cenário de baixa oferta, os preços da energia devem subir, de forma que o consumidor receba um sinal para poupar. Dessa forma, pode-se inferir que as tarifas praticadas atualmente não sofrerão redução, visto que elas refletem os gastos de geração, transmissão e distribuição, além de remunerarem os investidores.

Sendo assim, para reduzir os gastos com energia elétrica e, consequentemente, reduzir impactos econômicos, ambientais e sociais, deve-se investir em equipamentos que consumam menos, e modificar hábitos de consumo visando à conservação da energia. Nota-se que tem sido demonstrado que de fato, muitas iniciativas que resultam em maior eficiência energética são economicamente viáveis, ou seja, o custo de sua implantação é menor do que o custo de produzir ou adquirir a energia cujo consumo é evitado.

No Brasil a divisão do consumo por setores é mostrada na Figura 3, de acordo com estes dados o setor comercial, foco deste estudo, é o terceiro maior consumidor de energia elétrica no país.

Figura 3. Composição setorial do consumo de energia elétrica no Brasil para o período de 2005 a 2014.



Fonte: Modificado de EPE (2015)

Muitas empresas do setor comercial são atendidas em média e alta tensão por apresentarem alta demanda de energia elétrica, realçando a oportunidade para o desenvolvimento de metodologias para verificar o potencial de redução das despesas com energia elétrica nesse setor.

Desta maneira, este trabalho pode ser uma orientação técnica para que os clubes diminuam as suas despesas com energia elétrica, por meio da adequação de contratos com a concessionária de energia elétrica, da redução de multas nas faturas de energia elétrica e da eficientização de equipamentos. Visto que foi verificado, por meio de pesquisas, a ausência de estudos focados nas associações sócio-recreativas no Brasil, o único trabalho encontrado para

este segmento foi o realizado por Madrid (2008), este que pode ser aproveitado para o Brasil, mas tem foco para o clima da Espanha.

O estudo apresenta, portanto, vantagens para o lado da oferta e demanda de energia elétrica já que a redução do consumo impacta na redução da necessidade de geração. Diminuindo assim, os impactos ambientais e sociais na utilização de energia elétrica e construção de novas usinas geradoras.

1.3 Divisão dos tópicos

O presente trabalho foi desenvolvido da seguinte forma:

Capítulo 1 – Constitui uma introdução apresentando o conceito de gestão energética. Mostra também os objetivos do trabalho e a relevância da pesquisa a ser realizada.

Capítulo 2 – Apresenta uma revisão bibliográfica que tem como temas a eficiência energética em sistema de iluminação, de condicionamento de ar e de aquecimento, formas de contratação de energia elétrica, seja ela junto a distribuidora ou no mercado livre de energia, emprego da geração local de energia elétrica, as fontes alternativas de energia e por fim, o emprego de indicadores de energia elétrica.

Capítulo 3 – Descreve a metodologia empregada para o alcance dos objetivos propostos, e como, onde e quais informações serão necessárias para a realização do trabalho. São mostrados também os pontos de consumo que serão monitorados.

Capítulo 4 – Apresenta os resultados obtidos por meio das ações propostas na metodologia.

Capítulo 5 – Exibe a conclusão final do trabalho.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Sabendo a característica da unidade consumidora em estudo será apresentado o embasamento teórico para as ações que serão propostas no decorrer do trabalho.

2.1 Estrutura tarifária no brasil

As unidades consumidoras de energia elétrica podem ser classificadas como pertencentes ao grupo A ou ao grupo B (ANEEL, 2010).

Os consumidores do grupo B possuem tarifa monômia, ou seja, faturamento somente de consumo, desta forma, não estão enquadrados no escopo deste trabalho. Os consumidores do grupo A possuem tarifa binômia, ou seja, faturamento através do consumo e da demanda.

Os sistemas tarifários existentes no país buscam repassar a variação do custo de produção ao consumidor através das tarifas de consumo de energia e de demanda. Como forma de induzir o comportamento diário e semanal do uso da energia, estas tarifas foram criadas de maneira que, em horários onde ocorrem os maiores custos de geração, seu preço também seja maior. Sobre este mesmo aspecto, nos horários do dia e dias da semana onde o fator de utilização do sistema elétrico é pequeno e a demanda fornecida pela capacidade instalada é baixa, as tarifas possuem preços menores, estimulando o uso da energia nestes períodos.

Em 1982 foi introduzida a tarifação horo-sazonal, diferenciando as tarifas por período do dia e do ano. Antes da criação deste modelo de tarifação os consumidores do grupo A eram faturados pela tarifa chamada de convencional, em que se pagava um valor de consumo e de demanda independente do horário ou dia da semana.

Para aplicação destas tarifas diferenciadas foram escolhidos os consumidores do grupo A, pelo fato destes serem os responsáveis pela maior parcela de consumo de energia no país. Além disso, ao se comparar com os consumidores do grupo B, estes estão em menor número, representando uma quantidade menor de medidores especiais, com leituras por segmento horário, a instalar na implantação do novo sistema tarifário (MASSERONI e OLIVEIRA, 2012).

Em 2015 houve uma nova mudança no modelo tarifário brasileiro, não apenas para os consumidores do Grupo A, e sim para todos os consumidores, no que se refere ao período seco e úmido. Ao invés de um período fixo no ano, determinado entre maio a novembro como

período seco e de dezembro a abril como período úmido, onde as tarifas de consumo são diferentes, entraram em vigor a bandeiras tarifárias verde, amarela e vermelha.

A bandeira verde representa que há condições favoráveis de geração de energia, a amarela indica condições de geração menos favoráveis e a vermelha, condições mais custosas para a geração de energia elétrica. As tarifas possuem valores crescentes e são informadas aos consumidores quando se encontram na condição verde, amarela ou vermelha (ANEEL, 2015a).

No modelo antigo, todo ano as tarifas de energia elétrica sofriam reajustes proporcionais aos gastos com a geração do ano anterior, então, se a geração de energia de um ano não foi favorável o reajuste para o ano seguinte seria maior. No atual modelo tarifário, o conceito muda para caracterizar, ao invés do “sinal” sazonal, período seco e úmido, caracterizar o “sinal” verde, amarelo e vermelho, associado às variações do custo marginal de operação no mesmo ano. Assim, o consumidor percebe a variação do Preço de Liquidação das Diferenças (PLD) e de encargos de segurança do sistema por segurança energética no processo tarifário no mesmo ano, ao invés do ano seguinte, como era no modelo antigo (ANEEL, 2015a).

No Brasil, para o grupo A são duas as modalidades tarifárias, a horária verde e horária azul. Para a modalidade horária verde há uma tarifa de consumo para cada posto tarifário, e uma única tarifa de demanda. Já na modalidade azul são cobradas tarifas tanto de consumo e de demanda para ambos os postos tarifários.

De acordo com ANEEL (2010) o enquadramento tarifário dependerá do nível de tensão da unidade consumidora. Se a tensão de fornecimento for inferior a 69 kV, a unidade consumidora pode se enquadrar na modalidade horária verde ou azul, já se a unidade consumidora está conectada a uma tensão igual ou superior a 69 kV somente se enquadra na modalidade azul.

Para a análise dos gastos com a energia é necessário a apresentação das equações utilizadas para a obtenção das despesas associadas ao fornecimento de energia pela concessionária, que são apresentadas no Anexo 1.

Os consumidores enquadrados no grupo A devem realizar contratos de demanda com a concessionária de energia elétrica. A demanda consiste na 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. A demanda a ser faturada sempre será a maior

entre a medida ou a contratada, e caso seja registrado um valor de demanda superior à tolerância de 5% permitida, o consumidor pagará uma multa de ultrapassagem de demanda (Equação 1.3 do Anexo 1). Portanto, o ideal é que os registros de demanda fiquem entre o valor contratado e a tolerância de demanda.

2.2 Mercado de energia elétrica

Neste item serão mostrados os modelos de contratação de energia elétrica disponíveis no setor elétrico brasileiro. O governo brasileiro segmentou o mercado de demanda de energia elétrica em dois ambientes: Ambiente de Contratação Regulada (ACR) e Ambiente de Contratação Livre (ACL). O ACR abriga as distribuidoras e os consumidores ditos “cativos” aptos a comprar energia da distribuidora local, o ACL possibilita os consumidores “livres” a comprar energia de qualquer fornecedor. Os vendedores de energia em ambos os ambientes são os agentes geradores (TOLMASQUIM, 2011). No estudo de caso deste trabalho será analisado qual o melhor mercado para a compra de energia.

2.2.1 Ambiente de contratação regulada

No ACR ou mercado cativo as tarifas são reguladas pela ANEEL e os consumidores são atendidos pelas concessionárias de distribuição local, celebrando contratos de fornecimento de energia. Não há possibilidade de negociação neste ambiente. A redução do faturamento com energia elétrica se dá pela otimização do contrato de demanda, adequação à melhor modalidade tarifária para o perfil de consumo do consumidor e por meio de medidas de conservação da energia.

Participam do ACR os agentes vendedores e agentes de distribuição de energia elétrica. A energia para o ACR é contratada em leilões realizados pelo governo ou por suas instituições representantes.

O preço final da energia no mercado cativo é o mesmo para os consumidores atendidos por uma mesma concessionária sendo diferenciados apenas pelos grupos de tensão, que quanto maior for menor será a tarifa. Assim como no mercado livre, que será apresentado em seguida, a tarifa no mercado cativo é composta por custos com a compra de energia (Tarifa de Energia - TE), transmissão (Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão – TUST), distribuição (Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição - TUSD), encargos setoriais e

impostos. Basicamente a diferença entre os dois mercados está no preço da energia, pois o consumidor cativo não tem o poder de negociar com o gerador, situação diferente do consumidor livre.

2.2.2 Ambiente de contratação livre

O processo mundial de desregulamentação do setor elétrico fomenta a entrada de capitais privados e incentiva a implantação de mercados competitivos. Onde a comercialização da energia pode ser feita diretamente por meio de transações bilaterais, negociadas entre um produtor e um comprador, ou ainda, entre entidades comerciais, substituindo o sistema de preços regulamentados de geração (TEIXEIRA, 2009).

O setor elétrico, desde 1995, vem passando por grandes modificações. Antes os consumidores eram todos cativos e sujeitos a tarifas reguladas, entretanto, com a promulgação da Lei nº 9.074 de 07 de julho de 1995, estabeleceram-se os primeiros passos para o aumento da competição na comercialização de energia elétrica (AGUIAR, 2008).

Em 1995 foi criado o Mercado Atacadista de Energia (MAE), e 1998 foram estabelecidos os critérios para que um consumidor possa ter liberdade na escolha no fornecimento de energia elétrica, esta que era comercializada pelo MAE. A princípio apenas os consumidores atendidos em tensão superior a 69 kV e 10 MW de demanda poderiam ser livres, posteriormente poderiam se enquadrar àqueles com demanda maior ou igual a 3 MW e nível de tensão maior ou igual a 69 kV. Para os contratos após 1995, qualquer nível de tensão é permitido, não havendo restrição quanto ao tipo de fonte de energia elétrica.

Em 1998 com a Lei nº 9.427 foi inserido o conceito de consumidor especial, que deveria possuir demanda contratada maior ou igual a 500 kW, em qualquer nível de tensão. Entretanto, poderiam comprar energia apenas de fontes incentivadas[1] (MAGALHÃES, 2009).

Em 2004 com as leis 10.847 e 10.848 foi criada a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) que substituiu o MAE. Responsável por caracterizar os ambientes de contratação de energia, o ACL e o ACR (SOUZA, 2012).

[1] As fontes de geração incentivadas são: a) Centrais Geradores Hidroelétricas de até 1 MW; b)Pequenas Centrais Hidroelétricas de 1 MW até 30 MW; c) Usina térmica a biomassa com potência injetada menor ou igual a 30 MW; d) Usina eólica com potência injetada menor ou igual a 30 MW; e) Usina Solar com potência injetada menor ou igual a 30 MW; f) Cogeração qualificada com potência injetada menor ou igual a 30 MW .

Após a crise no fornecimento de energia elétrica ocorrida em 2001, houve grande desenvolvimento do ACL, visando aproveitar a grande sobra de energia descontratada, ocasionada pela queda de consumo, após 2001 e 2002. As sobras de energia, em conjunto com um período de hidrologia favorável até 2007, acarretaram na baixa nos preços dos contratos do mercado livre, impulsionando fortemente a migração (CASTRO et al., 2014).

Em 2004, o decreto 5.163 tornou possível a celebração de contratos de comunhão de fato ou de direito entre empresas para a migração do mercado cativo para o livre. Nos contratos de união de fato, diferentes unidades consumidoras com demanda total maior ou igual a 500 kW puderam se tornar consumidores especiais desde que estejam localizadas lado a lado fisicamente. Já na união de direito, as unidades consumidoras deveriam ter o mesmo CNPJ e somar mais de 500 kW de demanda (CLÍMACO, 2010).

A energia gerada por fontes incentivadas é mais dispendiosa do que a energia gerada por usinas hidrelétricas. O custo para a construção e manutenção de empreendimentos de fontes deste tipo é mais elevado. Visando minimizar o preço final da energia o governo concede descontos nas tarifas de transmissão e distribuição, que juntamente com o custo da geração, os encargos e os impostos compõem preço final do insumo (VLAVIANOS, 2016).

O acesso aos sistemas gera a obrigação de pagamento da TUSD ou da TUST, sendo estas tarifas homologadas pela ANEEL, podendo receber desconto de 50% a 100% caso o consumidor seja enquadrado como especial. Desta forma, o consumidor pagará uma conta para a empresa geradora de energia e outra para a concessionária de energia local.

Atualmente alguns geradores de fonte eólica, solar, biomassa, pequenas centrais hidrelétricas e a cogeração qualificada, com injeção de até 30 MW, proporcionam 50% de desconto, enquanto alguns projetos solares com parâmetros específicos, concedem 80%. Já a geração que utilize no mínimo 50% de resíduos sólidos urbanos e de biogás de aterro sanitário, oferece desconto de 100% nas tarifas de uso para o consumidor (VLAVIANOS, 2016).

O ACL é destinado aos contratos bilaterais livremente negociados entre os produtores independentes[2], comercializadoras[3], autoprodutores[4] e consumidores livres. Visa proporcionar

[2] Pessoa jurídica ou consórcio de empresas titulares de concessão, permissão ou autorização para produzir energia elétrica, destinadas ao comércio de toda ou parte da energia produzida (SOUZA, 2012).

[3] Agente que compra energia por meio de contratos bilaterais celebrados no Ambiente de Contratação Livre - ACL, podendo vender energia a outros comercializadoras, a geradores e aos consumidores livres e especiais, no próprio ACL, ou aos distribuidores por meio dos leilões de ajuste no Ambiente de Contratação Regulada – ACR (SOUZA, 2012).

para os consumidores a livre negociação entre os agentes do mercado, por meio de melhores preços e flexibilidades contratuais (SOUZA, 2012).

Os consumidores livres possuem três contratos, um de fornecimento de energia elétrica, em que os agentes envolvidos nas relações contratuais realizam Contratos de Compra e Venda de Energia (CCVEE), e outros dois com a concessionária de energia elétrica, Contrato de Uso do Sistema de Distribuição (CUSD) e Contrato de Conexão ao Sistema de Distribuição (CCD) (ANEEL, 2010) (SOUZA, 2012).

Os consumidores potencialmente livres, portanto, podem optar pelo ACR ou ACL. Entretanto, ao migrar para o ACL, o consumidor poderá retornar, apenas após cinco anos, ficando a cargo da distribuidora o aceite ou não do consumidor em um período inferior a esse (ANEEL, 2010).

Para o processo de migração é necessário que seja feita a adequação técnica dos medidores de energia, a abertura de uma conta bancária especialmente para as operações de liquidação mensal, a adesão como agente da CCEE, além de outros processos definidos nos procedimentos de comercialização da CCEE. Os agentes que atuam no ACL devem definir também em seus contratos bilaterais os montantes, os prazos, os preços, as garantias financeiras, o índice de reajuste, entre outros (SOUZA, 2012).

Os contratos provenientes da compra e venda são registrados na CCEE e servem como base para a contabilização das diferenças entre o que foi consumido e contratado. A CCEE contabiliza mensalmente as diferenças para serem liquidadas no mercado de curto prazo e valoradas ao PLD. A contabilização envolve o cálculo da diferença entre a energia medida e a contratada por agente, levando em consideração as exposições no mercado de curto prazo (CCEE, 2016).

A liquidação financeira é feita mensalmente pela CCEE, sendo neste momento o recebimento ou pagamento de créditos ou débitos apurados no processo de contabilização. A operação das compensações é realizada por uma instituição financeira contratada pela CCEE, que recebe os valores devidos em um dia e credita os valores aos credores no outro dia (CCEE, 2016a).

Anteriormente ao processo de contabilização, toda a energia elétrica excedente ou escassa dos contratos bilaterais pode ser comprada ou vendida, sendo que o seu preço depende

[4] Pessoa física ou jurídica ou empresas reunidas em consórcio que recebem concessão ou autorização para produzir energia elétrica destinada ao seu uso exclusivo (SOUZA, 2012).

das condições de oferta e procura do mercado. Os objetivos dos vendedores são a alocação das sobras do mercado de longo prazo, e dos compradores de ajustar os *déficits* oriundos dos contratos de longo prazo e aproveitar sobras de energia a menor preço. Geralmente a compra desta energia é feita por um preço acima do PLD.

O Operador Nacional do Sistema (ONS) realiza o despacho das usinas de acordo com modelos de otimização que buscam minimizar o custo de geração, definindo quais as parcelas de energia hidráulica e termelétrica que minimizam este custo. Avalia-se o benefício imediato do uso da água e o benefício futuro de seu armazenamento (CASTRO et al., 2014).

O planejamento de operação de uma usina é baseado nas condições futuras. Se no presente os reservatórios das hidrelétricas estão cheios e utiliza-se toda a água para geração, no futuro, poderá faltar água e o custo de geração será alto, já que será necessário o uso de termelétricas. Caso, porém, não a utilize no presente, os custos serão elevados e no futuro pode ter que verter a água, por conta do nível elevado dos reservatórios.

Nota-se, portanto, que o planejamento da geração é vinculado ao tempo, já que não há certeza a respeito das afluências futuras no momento da decisão operativa do sistema. Observa-se também que a água não é um insumo gratuito, pois apresenta um custo de oportunidade de economizá-la, para o futuro (CCEE, 2016b).

Até maio de 2016, de acordo com a Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia (ABRACEEL) (2016), o ambiente de contratação livre representou 24% da energia elétrica consumida no Brasil.

A migração para o ACL é determinada principalmente pela diferença de preços entre os ambientes de comercialização. Além da vantagem da previsão orçamentária. Após uma análise do perfil do consumidor, deve-se considerar também a adequação técnica do sistema de medição, além da representação na CCEE por uma empresa especializada.

2.3 Geração distribuída

As linhas de transmissão de energia elétrica do Brasil estão entre as mais extensas do mundo, característica comum de países que utilizam hidrelétricas para atender sua demanda de energia elétrica. Isto porque, geralmente os grandes centros de consumo de energia elétrica estão distantes dos locais onde há a sua geração de energia elétrica.

A interligação das centrais geradores hidroelétricas, por meio do Sistema Interligado Nacional (SIN), harmoniza os regimes hidrológicos das bacias hidrográficas envolvidas,

regularizando o suprimento da demanda, ao realizar o aproveitamento da energia potencial acumulada nos reservatórios das usinas hidrelétricas. Entretanto, a distância entre a geração e o ponto de consumo faz com que as perdas no sistema interligado sejam maiores do que nos sistemas regionais. As perdas somadas aos custos ambientais, econômicos e sociais, o provável esgotamento do potencial de aproveitamento dos rios, a localização de potencias hidráulicos (Região Norte) e dos grandes centros consumidores (Região Sudeste), o tempo, os elevados investimentos para a construção de novas usinas hidroelétricas e a pressão da demanda crescente são problemas que devem ser considerados (CRUZ, 2013).

Além disso, muitos estudiosos do setor elétrico consideram que o atual perfil centralizado do sistema elétrico brasileiro não conseguirá garantir o suprimento sustentável de energia elétrica, com a abrangência e a qualidade exigidas pela sociedade do século XXI (SEVERINO; CAMARGO; OLIVEIRA, 2008).

Os fatos apontados associados aos avanços tecnológicos dos últimos anos abrem espaço para a expansão da geração descentralizada, chamada também de geração distribuída (CRUZ, 2013).

A geração distribuída é caracterizada pela instalação de geradores de pequeno porte, normalmente a partir de fontes renováveis ou mesmo utilizando combustíveis fósseis, localizados próximos aos centros de consumo de energia elétrica. Tendo como principais benefícios para o sistema elétrico a postergação de investimentos em expansão das linhas de transmissão e distribuição, a redução do impacto ambiental, a melhoria do nível de tensão da rede nos períodos de maior solicitação e a diversificação da matriz energética (ANEEL, 2016).

Enfim, segundo Lora e Haddad (2006) a geração distribuída é a geração que não é planejada de modo centralizado, nem despachada de forma centralizada, não havendo, portanto, um órgão que comande as ações das unidades de geração descentralizada.

Diversas são as fontes e tecnologias que podem ser consideradas no âmbito da geração distribuída, sejam estas renováveis ou não, cita-se como exemplo de fonte renovável: solar fotovoltaica, eólica, biomassa, e pequenas centrais hidrelétricas. Já as microturbinas e os motogeradores a gás natural ou a diesel, são os principais exemplos para fontes não renováveis.

Em 2012 foi regulamentada pela ANEEL a Resolução Normativa nº 482, estabelecendo condições gerais para o acesso de micro e de minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica (*On grid*). A partir desta resolução foi criado o

sistema de compensação, em que basicamente o consumidor ao injetar energia na rede recebe um crédito de energia a ser consumido posteriormente.

Quando a energia injetada na rede for maior que a consumida, o consumidor receberá um crédito de energia a ser utilizado para abater o consumo em outro posto tarifário (para consumidores com a tarifa horária) ou na fatura dos meses subsequentes, sendo que os créditos são válidos por 60 meses. Há ainda a possibilidade de que o consumidor utilize os créditos em outras unidades previamente cadastradas dentro da mesma área de concessão (ANEEL, 2016).

Para os consumidores do grupo B, ainda que a energia injetada seja maior do que o consumo, será cobrado o pagamento referente ao custo de disponibilidade, que para um consumidor monofásico é de 30 kWh, bifásico 50 kWh e trifásico 100 kWh. Já os consumidores do grupo A pagam a parcela da demanda contratada (ANEEL, 2016).

De acordo com a Resolução nº 687/2015 da ANEEL (2015b) a microgeração distribuída é caracterizada pelas centrais geradoras com potência menor ou igual a 75 kW e que utilize fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada. Já a minigeração distribuída são as centrais com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou igual a 5 MW para cogeração qualificada.

Sobre os impostos e tributos federais aplicados sobre a energia gerada, menciona-se que em 2013 o Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ) aprovou o Convênio ICMS 6, estabelecendo que o Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) apurado, teria como base de cálculo, toda a energia consumida pela unidade consumidora da rede de energia elétrica, sem considerar a energia gerada (ANEEL, 2016).

Em 2015 o CONFAZ publicou o Convênio ICMS 16, autorizando as unidades federadas a conceder isenção nas operações internas relativas à circulação de energia elétrica, sujeitas a faturamento sob o sistema de compensação. Dessa forma, nos estados que aderiram ao Convênio ICMS 16/2015, este incidirá somente sobre a diferença entre a energia consumida e a energia injetada na rede no mês (ANEEL, 2016).

Até fevereiro de 2017 os únicos estados que não haviam aderido o Convênio ICMS 16/2015 foram o: Paraná, Santa Catarina, Espírito Santo, Amazonas e Amapá (CARSTENS, 2017).

Em relação à apuração do Programa de Integração Social (PIS) e da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS) a Lei nº 13.169/2016 estabeleceu que o PIS

e COFINS incidirão apenas sobre a diferença positiva entre a energia consumida e a energia injetada na rede (ANEEL, 2016).

2.3.1 Motores alternativos de combustão interna

Dentre as tecnologias de geração distribuída que utilizam combustíveis fósseis estão os Motores Alternativos de Combustão Interna (MACI), que são amplamente utilizados e mais desenvolvidos tecnicamente. Disponíveis desde pequenas capacidades para geração de energia residencial (5 kW) até motores de grande porte (30 MW ou mais) (LORA; HADDAD, 2006).

Basicamente um MACI é um motor que converte a energia química contida no combustível em potência mecânica, acionando um gerador elétrico, a fim de converter este movimento em potência elétrica (LORA; HADDAD, 2006).

Atualmente os fabricantes trabalham no sentido de alcançar um consumo de combustível mais baixo, e eficiências maiores, além da redução de gases poluentes. Estes motores continuam, portanto, apresentando aumento na eficiência.

Os grupos geradores de corrente alternada são utilizados cada vez com mais frequência na indústria, nos edifícios comerciais e nas residências. Podem ser os principais fornecedores de energia elétrica, substituindo a energia da rede (autogeração), serem utilizados em atividades de cogeração, ou ainda garantir o funcionamento de cargas em caso de interrupção no fornecimento de energia (LIMA, 2003).

A geração de energia no horário de ponta está entre as principais ações de gerenciamento energético. Seguida pelo deslocamento ou desligamentos de cargas e emprego de ações de eficiência energética que reduz a curva de carga como um todo (EPE, 2015b).

A diferença entre os valores das tarifas na ponta e fora de ponta possibilitou o desenvolvimento de um mercado de geradores distribuídos, que operam somente no horário de ponta para evitar os custos tarifários. Esse fenômeno se intensificou a partir de 2001[5], quando ocorreu o racionamento de energia, aumentando o parque de geradores a diesel no Brasil (EPE, 2015b).

[5] O crescimento das aquisições de grupos geradores a diesel alcançou 220% nas importações em relação ao mesmo período anterior ao evento (EPE, 2015b).

A principal razão pela qual o consumidor opta pela geração própria no horário de ponta é o preço da energia fornecida pela concessionária neste horário face ao preço do diesel, que é o principal combustível utilizado. A viabilidade no emprego deste combustível varia de acordo com a região onde está localizada a unidade consumidora, já que é função tanto da tarifa de energia elétrica da concessionária, quanto do preço do diesel (EPE, 2015b).

Quando há opção pelo investimento e operação de um gerador distribuído na ponta, esses consumidores se enquadram melhor na modalidade verde. Isto porque para a tarifa verde há cobrança de demanda em apenas um posto tarifário. Ou seja, o consumidor pagará pelo maior valor de demanda registrado na ponta ou fora de ponta. Entretanto, caso se enquadre na modalidade azul este terá que contratar um valor de demanda na ponta e fora de ponta. Caso não contrate e ocorra falha no gerador, o valor da multa por ultrapassagem de demanda será mais significativo, já que a tarifa de demanda na ponta para a modalidade azul é superior à verde (EPE, 2015b).

Para um grupo gerador com eficiência na conversão de 35%, em média o consumo é de 0,29 l de óleo diesel por kWh, ou 3,45 kWh/l, com a potência do motor pouco influindo nesse consumo específico. Há ainda os custos de investimento e de operação e manutenção (EPE, 2015b).

De acordo com estimativa feita pela EPE (2015b) a demanda suprida pelos grupos geradores no horário de ponta foi de 8,8 GW, representando cerca de 10% da demanda máxima do SIN.

Essa geração local contribui para o alívio das redes de distribuição de energia elétrica, já que parte da energia é gerada pelos próprios consumidores. Esse parque gerador constitui uma reserva real do sistema elétrico brasileiro, que pode ser utilizado em situações críticas a partir de estímulos especialmente orientados para a autogeração fora do horário de ponta. Assim, a decisão de gerar no horário de ponta, deve levar em consideração os gastos com a geração e a tarifa no horário de ponta (EPE, 2015b).

Sendo assim, será verificada a viabilidade na utilização de um grupo motor-gerador para geração de energia no horário de ponta, de forma a avaliar se há redução das despesas com energia elétrica neste horário.

2.3.2 Energia solar fotovoltaica

A conversão direta da energia solar em eletricidade mediante células fotovoltaicas é uma tecnologia de geração de energia elétrica altamente modular, com ausência quase total de emissões de poluentes e ruídos durante seu funcionamento, e com baixa ou nenhuma manutenção. O gerador fotovoltaico é composto por módulos, onde se encontram as células fotovoltaicas que produzem energia elétrica na forma de corrente contínua, quando há incidência de raios solares. Em função da sua baixa densidade energética, adapta-se melhor à geração distribuída do que à geração centralizada, o qual evidência um claro espaço a ser ocupado por ela (LORA; HADDAD, 2006).

Dentre os benefícios da energia solar fotovoltaica estão (LORA; HADDAD, 2006):

- Geração de energia junto ao ponto de consumo e na tensão de consumo, reduzindo desta maneira, as perdas associadas à transmissão e distribuição da energia;
- Redução da sobrecarga dos transformadores, com consequente adiamento de investimentos de linha e aumento da vida útil do equipamento;
- Modularização aliada aos curtos prazos de instalação, eliminando a necessidade de capacidade instalada ociosa. Além disso, as inovações tecnológicas podem ser prontamente utilizadas, ao contrário do que ocorre com grandes usinas centralizadas, que devido aos longos prazos de instalação, a tecnologia utilizada pode estar defasada quando a usina entrar em operação.

O potencial de geração fotovoltaica é um passo essencial para viabilizar o crescimento dessa fonte na matriz elétrica brasileira. Há no Brasil uma capacidade estimada de 287 TWh/ano de geração, sendo este número 2,3 vezes maior que o consumo elétrico residencial no ano de 2013, considerando apenas a geração distribuída em edificações residências. Demonstrando teoricamente que a geração fotovoltaica pode suprir plenamente esta parcela da carga com excedentes (EPE, 2014).

Os principais componentes de um sistema solar fotovoltaico conectado à rede elétrica são (PEREIRA; GONÇALVES, 2008):

- Módulos fotovoltaicos: correspondem à unidade de geração de energia, convertendo energia incidente do sol em energia elétrica;
- Inversor: utilizado para converter a corrente contínua gerada pelo arranjo em corrente alternada, devendo atender aos padrões da rede elétrica local;
- Rede elétrica: rede de distribuição da concessionária local;

- Medidor bidirecional: mede a quantidade de energia da rede consumida pela instalação elétrica e a quantidade de energia elétrica injetada na rede;
- Cargas: são os equipamentos da instalação elétrica que utilizam a energia elétrica.

No Anexo 2 é apresentando o equacionamento para o dimensionamento de um sistema solar fotovoltaico, este será utilizado para analisar se há viabilidade na utilização de energia solar fotovoltaica para o Clube.

2.4 Energia reativa excedente

O fator de potência é um indicador de utilização de energia elétrica, cujo controle adequado nas instalações é de extrema importância, tanto do ponto de vista eletroenergético, mas também, e fundamentalmente pelo fato de ser monitorado pelos sistemas de medição das concessionárias, podendo incorrer em multas.

Os consumidores realizam, portanto, a correção do fator de potência, já que há cobrança na fatura de energia elétrica pelo excedente de energia reativa. O fator de potência de referência estabelecido pela ANEEL é de 0,92 indutivo entre 06h00min e 24h00min e 0,92 capacitivo entre 00h00min e 06h00min. Portanto, deve-se promover o controle do fator de potência, preferencialmente de forma automática, com sensibilidade compatível com os sistemas de medição eletrônicos da concessionária

Quanto mais baixo o fator de potência, maiores serão as perdas. Para uma operação eficiente de uma instalação, o fator de potência deve estar o mais próximo da unidade (BHATTACHARYYA, 2011).

Quando em um circuito existem intercaladas uma ou mais bobinas como é o caso de motores, observa-se que a potência total fornecida, que é determinada pelo produto da corrente lida em um amperímetro pela diferença de potencial lida em um voltímetro, não é igual à potência lida em um wattímetro. No caso de haver motores, reatores, transformadores ou lâmpadas de descarga, a leitura do wattímetro indicaria um valor inferior ao produto Volt x Amperes. Caso no circuito houvesse apenas resistores, os dois resultados coincidiriam, pois, neste caso, Volt x Amperes = Watts (NISKIER; MACINTYRE, 2008).

A corrente elétrica é uma grandeza vetorial e ao alimentar cargas indutivas apresenta uma componente ativa e uma reativa, sendo as somas das duas, a corrente da carga. Quanto maior o fator de potência, menor será esta corrente de carga que circula nos condutores.

A maioria das cargas das unidades consumidoras utilizam energia reativa indutiva. Estas cargas necessitam de campos eletromagnéticos para seu funcionamento. Por isso sua operação requer a potência ativa, que efetivamente realiza trabalho, gerando calor, luz ou movimento, e potência reativa usada apenas para criar e manter os campos eletromagnéticos das cargas indutivas.

Portanto, enquanto a potência ativa é sempre consumida na execução de trabalho, a reativa além de não produzir trabalho, circula entre a carga e a fonte de alimentação, ocupando um “espaço” no sistema elétrico, que poderia ser usado para o fornecimento de energia ativa.

O fator de potência indutivo indica que a instalação elétrica está absorvendo a energia reativa da rede, a maioria dos equipamentos possui características indutivas em função de suas bobinas (ou indutores), que induzem o fluxo magnético necessário ao funcionamento. Já o fator de potência capacitivo indica que a instalação está fornecendo a energia reativa, o que ocorre quando há excesso de capacitores (COSERN, 2011). O fator de potência pode ser calculado por meio da Equação 1:

$$\mathrm{FP} = \frac{\mathrm{P}}{\mathrm{S}} = \cos\left(\tan^{-1}\frac{\mathrm{Q}}{\mathrm{P}}\right) \tag{1}$$

Onde:

FP – Fator de potência ( )

P – Potência ativa (W)

Q – Potência reativa (VAr)

S – Potencia aparente (VA)

As causas do baixo fator de potência são (SILVA, 2009):

- Presença predominante de motores elétricos de indução, fundamentalmente os de baixa e média potência que mesmo operando em plena carga não atendem o fator de potência de referencia (0,92);
- Presença de motores elétricos operando em vazio ou com baixas condições de carregamento;
- Existência de reatores de sistema de iluminação de descarga sem correção individual incorporada, por não atenderem ao fator de potência de referência (0,92);

- Transformadores operando em vazio ou com baixas condições de carga por longos períodos, uma vez que a potência reativa necessária para a manutenção do fluxo magnético interno permanece inalterada desde que mantido o nível de tensão de alimentação.

As consequências do baixo fator de potência são (WEG, 2009):

- Perdas na instalação: Como a corrente cresce com o excesso de energia reativa e as perdas são proporcionas ao quadrado da corrente total ($i^2.R$), estabelece-se uma relação entre o incremento das perdas e o baixo fator de potência, aumentando então o aquecimento dos condutores;
- Quedas de tensão: O aumento da corrente devido ao excesso de energia reativa leva a quedas de tensão acentuadas, podendo ocasionar interrupções no fornecimento de energia elétrica, este risco é acentuado durante períodos nos quais a rede é fortemente solicitada.
- Subutilização da capacidade instalada: A energia reativa inviabiliza a plena utilização da instalação.

Dentre as vantagens da correção do fator de potência estão (WEG, 2009):

- Melhoria nos níveis de tensão: Este que é um benefício adicional da instalação de banco de capacitores;
- Redução das perdas: As perdas variam de acordo com a seção dos condutores, comprimento dos alimentadores e circuitos de distribuição;
- Há também redução do preço médio da energia elétrica;
- Aumento da capacidade dos equipamentos de manobra;
- Aumento da vida útil das instalações e equipamentos;
- Redução da corrente reativa na rede de energia elétrica.

A correção do fator de potência pode ser feita instalando banco de capacitores, que são equipamentos capazes de anular a energia reativa indutiva dos circuitos elétricos. Essa energia fornecida pelos capacitores é chamada de energia reativa capacitiva, que somente é percebida pelo circuito elétrico quando for maior que a energia reativa indutiva (ROCHA e MONTEIRO, 2005).

Para a correção do fator de potência por capacitores calcula-se a potência capacitiva necessária por meio das equações 2 e 3:

$$Q^2 = S^2 - P^2 \quad (2)$$

$$Q_{Capacitiva} = Q_{medida} - Q_{corrigida} \quad (3)$$

As potências ativas (P) e reativa (Q_{medida}) são obtidas por meio da memória de massa horária fornecida pela concessionária de energia, por meio destas calcula-se potência aparente (S) (Equação 2). Sabendo que P é constante e apenas S varia com o FP, ao corrigir o FP para o valor desejado (0,92) obtém-se o novo valor de $S_{corrigida}$ (Equação 1). Com o valor de $S_{corrigida}$ e P encontra-se $Q_{corrigida}$, logo, a diferença entre a potência reativa medida e a potência reativa corrigida é a potência capacitiva necessária para efetuar a correção (Equação 3).

2.4.1 Trabalhos relacionados com a correção do fator de potência

Pereira et al (2015) elaboraram um estudo em uma indústria de mineração localizada em Minas Gerais. No histórico analisado o fator de potência médio registrado foi de 0,87, para atingir o fator de potência de referência estabelecido pela ANEEL (2010) seria necessário um banco automático de capacitores com potência total de 70 kVAr. Com a instalação do banco de capacitores foi possível reduzir em média 8,84% das despesas com energia elétrica, o tempo de retorno do investimento foi de aproximadamente três meses.

No trabalho realizado por Lucas (2013) foi feito o dimensionamento de um banco de capacitores para uma indústria localizada no Rio Grande do Sul, este que foi baseado em medições de grandezas elétricas realizadas em um período de um ano. Foi constatado que a empresa em questão estava com o fator de potência abaixo de 0,92. Por conta da variação da solicitação de demanda reativa (10 a 80 kVAr) foi dimensionado um banco de capacitores automático. A economia média mensal foi de R$ 4.428,33 com um tempo de retorno de quatro meses.

2.5 Indicadores de eficiência energética

O acompanhamento do histórico das despesas com energia elétrica não é suficiente para caracterizar uma empresa quanto aos resultados das ações de eficiência energética. Isto ocorre, principalmente, pela variação na produção/serviço oferecido pela empresa, e também

pela forma como esta energia é utilizada. Portanto, faz-se o uso de indicadores de eficiência energética para acompanhar a evolução das ações que visam a redução do consumo de energia, dentre os indicadores mais utilizados destacam-se o Fator de Carga, o Preço Médio, o Consumo e Custo Específico da Energia Elétrica (BATISTA, 2013).

2.5.1 Fator de carga e preço médio

Segundo Krause et al. (2002) o fator de carga (FC) é um indicador que permite ao gestor identificar se a energia elétrica disponibilizada pela concessionária está sendo bem utilizada. Varia de zero a um, e representa uma relação entre o consumo de energia e a demanda integralizada em um determinado espaço de tempo.

Um FC mais próximo da unidade significa que as cargas elétricas estão sendo utilizadas de forma racional ao longo do tempo. Um baixo FC, por sua vez, indica a existência de picos de demanda de energia elétrica em curtos períodos de tempo, o que sinaliza que a energia não está sendo utilizada de forma uniforme (OLIVEIRA, 2006).

O tempo para o cálculo do FC pode ser estipulado em 730 horas por mês, que é igual ao número médio de horas em um mês médio, ou seja, calculado pelo número de horas no ano dividido por número de meses. Definidos o número de horas a serem considerados, o fator de carga pode ser calculado conforme a Equação 4 (ROCHA; MONTEIRO, 2005):

$$\mathrm{FC} = \frac{\mathrm{C}}{\mathrm{D.\,NH}} \tag{4}$$

Onde:

FC-Fator de carga

C - Consumo (kWh)

D - Demanda (kW)

NH- Número de horas (horas)

Para a avaliação da gestão energética de uma unidade consumidora é possível se obter dois fatores de carga diferentes, um considerando a demanda faturada e outro, a medida. Adotando-se a demanda faturada obtém-se fator de carga de faturamento, apropriado para o cálculo do preço médio da energia elétrica. Por outro lado, ao se adotar a demanda registrada

para o cálculo, o fator de carga refletirá, com maior exatidão, o modo como a energia está sendo utilizada pela unidade consumidora.

Para um consumidor faturado com tarifa monômia, como o caso da maioria dos consumidores residenciais, o preço médio da energia coincide com a própria tarifa de consumo, acrescida dos impostos e taxas definidas por unidade de energia. Todavia, para a tarifa binômia, com a inserção da demanda de potência na conta e, consequentemente, sua variação ao longo dos meses, para avaliação da gestão energética é necessária uma metodologia que determine o preço de cada unidade de energia. Este indicador é denominado preço médio da energia e é dado em R$/kWh.

Considerando as diferentes formas de utilização da energia, e sua associação com o fator de carga, consumidores de uma mesma modalidade tarifária, sujeitos às mesmas tarifas, podem apresentar preços médios de energia diferentes (ROCHA; MONTEIRO, 2005).

O preço médio pode ser calculado utilizando a Equação 5:

$$\mathrm{PM} = \frac{\mathrm{Fatura}}{\mathrm{Consumo}_{\mathrm{Total}}} \tag{5}$$

Onde:

PM - Preço médio (R$/kWh)

Fatura - Fatura de Energia Elétrica (R$)

Consumo $_{total}$ - Consumo total de energia elétrica (kWh)

O preço médio também pode ser calculado aplicando a Equação 6:

$$\mathrm{PM} = \mathrm{TC} + \frac{\mathrm{TD}}{\mathrm{FC.\,NH}} \tag{6}$$

Onde:

TC – Tarifa de consumo (R$/kWh)

TD – Tarifa de demanda (R$/kW)

NH – Número de horas (horas)

A partir do preço médio calculado por meio da Equação 6 por posto tarifário, pode-se

obter o preço médio da tarifa no horário de ponta e fora de ponta (Equação 7):

$$\mathrm{PM} = \frac{\mathrm{PM_{Ponta}}.\mathrm{NH_{Ponta}} + \mathrm{PM_{Fora\ de\ ponta}}.\mathrm{NH_{Fora\ de\ ponta}}}{\mathrm{NH_{Total}}} \quad (7)$$

Menores valores para o indicador de gestão energética, preço médio de energia representa, para o consumidor, além de um menor custo da energia utilizada, um melhor aproveitamento dos equipamentos e um aumento na vida útil da instalação elétrica. Uma vez que, aumentando o Fator de Carga, reduz-se a simultaneidade de funcionamento das cargas e, consequentemente, a demanda e o carregamento dos transformadores, equipamentos e cabos.

2.5.2 Consumo e custo específico de energia elétrica

O consumo específico designa o total de energia consumida para o processamento de determinado produto ou prestação de um serviço (Equação 8). A importância deste indicador consiste na possibilidade do acompanhamento do desempenho energético de uma instalação ao longo do tempo, bem como a comparação entre outras unidades consumidoras que atuam no mesmo setor. Muitas variáveis podem influenciar no consumo específico tais como clima, férias, instalação de novos equipamentos, paradas programadas ou não programadas, variação de produção, dentre outros (ROCHA; MONTEIRO, 2005).

$$\text{Consumo específico} = \frac{\text{Consumo de energia}}{\text{Produção/Serviço}} \quad (8)$$

Outro indicador que deve ser obtido no processo de gestão energética é o custo específico, calculado utilizando a Equação 9.

$$\text{Custo específico} = \frac{\text{Faturamento com energia elétrica}}{\text{Produção/Serviço}} \quad (9)$$

Para reduzir o Custo Específico é necessário um Preço Médio ou Consumo Específico menor. De acordo com Rocha e Monteiro (2005), a redução do Consumo Específico pode ser realizada diminuindo-se a potência ou o tempo de funcionamento do equipamento.

Para obtenção de um menor preço médio otimiza-se os contratos de demanda, retiram-se cargas do horário de ponta transferindo-as para o horário fora de ponta, além de utilizar o melhor enquadramento tarifário e por fim, evita-se o pagamento de cobranças por excedente de energia reativa (ROCHA; MONTEIRO, 2005).

Serão analisados os indicadores de eficiência energética abordados neste item, de forma a verificar a redução dos mesmos com as medidas de eficiência energética propostas.

2.6 Eficiência energética em sistemas de iluminação

O sistema de iluminação artificial é essencial para o desenvolvimento de atividades em locais distantes da fachada e em horários em que a luz natural não atinge os níveis mínimos adequados. É vital garantir níveis adequados de iluminação dentro dos ambientes internos dos edifícios, por esse motivo a norma NBR ISO/CIE 8995-1 (2013) estabelece os níveis mínimos de iluminância necessários para diferentes tipos de atividades.

A iluminação artificial é responsável por aproximadamente 20% de toda a energia elétrica consumida no país, cerca de 20% do consumo no setor residencial e mais de 40% da energia elétrica consumida pelo setor de comércio e serviços (ELEKTRO, 2012).

A eficiência do sistema de iluminação está relacionada à eficiência individual de um conjunto de elementos, sendo eles: lâmpadas, luminárias, reatores, utilização de luz natural, cores das superfícies internas, mobiliário e necessidades de iluminação do ambiente (ELEKTRO, 2012).

Outro ponto de extrema importância é o Índice de Reprodução de Cor (IRC) que é a medida de correspondência entre a cor real (luz do sol) de um objeto e sua aparência quando exposto a alguma outra fonte de luz. Na Tabela 1 é mostrado de forma sucinta as características de algumas lâmpadas.

De acordo com Madrid (2008) um IRC<60 é considerado pobre, entre 60 a 80 bom, 80 a 90 muito bom e acima de 90 excelente. O mesmo autor cita também que lâmpadas com IRC menor que 80 não devem ser utilizadas em locais de trabalho, em que as pessoas permanecem durante longos períodos. A mesma recomendação é feita pela a norma NBR ISO/CIE 8995-1 (2013), em que é citado que para ambientes em que as pessoas permanecem por longos períodos o IRC não pode ser inferior a 80, além disso, a norma apresenta o IRC mínimo de acordo com o tipo de ambiente e tarefa que é realizada.

Tabela 1. Características das lâmpadas incandescentes e de descarga.

Incandescente Comum	Excelente reprodução de cores, baixa eficiência luminosa, vida mediana de 1.000 horas, não exige equipamentos auxiliares
Incandescente halógena	Excelente reprodução de cores, vida mediana de 2.000 horas, eficiência luminosa maior que a incandescente comum, vários tamanhos, inclusive com refletores
Fluorescente	Excelente a moderada reprodução de cores, boa eficiência luminosa, vida mediana de 7.500 a 20.000 horas, exige equipamentos auxiliares: reator e *starter* (partida convencional)
Fluorescente Compacta	Boa reprodução de cores, boa eficiência luminosa, vida mediana de 3.000 a 12.000 horas, exige equipamento auxiliar (reator), possui o mesmo bocal da lâmpada incandescente
Vapor de mercúrio	Moderada reprodução de cores, vida mediana de 12.000 a 24.000 horas, boa eficiência luminosa, exige o uso de equipamento auxiliar (reator)
Vapor metálico	Boa reprodução de cores, vida mediana de 3.000 a 20.000 horas, boa eficiência luminosa, exige o uso de equipamento auxiliar (reator)
Vapor de sódio alta pressão	Baixa reprodução de cores, alta eficiência luminosa, vida mediana de 12.000 a 55.000 horas, exige o uso de equipamentos auxiliares (reator e ignitor)
LED	Boa reprodução de cores, vida mediana de 25.000 a 50.000 horas, boa eficiência luminosa, alto custo de investimento

Fonte: ELEKTRO (2012)

Geralmente em um projeto luminotécnico não se consideram a eficiência do conjunto luminária-lâmpada-reator, sendo comum a adoção de lâmpadas eficientes com luminárias ou reatores pouco eficientes, aumentando então o desperdício de energia nestes casos.

O reator é o equipamento que tem a função de limitar a corrente em uma lâmpada fluorescente e também fornece a tensão adequada para dar partida na lâmpada.

Rourke (2000) destaca diversos parâmetros que devem ser levados em consideração ao selecionar reatores eletrônicos que operam em alta frequência, porque reatores eletromagnéticos já caíram em desuso devido sua baixa eficiência. Basicamente os parâmetros que mais influenciam na qualidade de operação são o método de partida, o fator de potência, a taxa de distorção harmônica e a compatibilidade entre lâmpada e reator.

- Método de partida: Na partida rápida há um pré-aquecimento gastando de 1,5 a 2 W a mais de potência, porém há uma redução da degradação da lâmpada. Já na partida instantânea a partida é mais rápida, aplicando uma alta tensão inicial, neste caso a degradação dos eletrodos é acelerada.
- Fator de Potência (FP): No Brasil, o Instituto Nacional de Metrologia (Inmetro), classifica valores acima de 0,92 como alto FP. Já o selo do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) de eficiência energética impõe para reatores eletrônicos voltados a lâmpadas fluorescentes, o valor mínimo de 0,98 para o FP.
- Taxa de Distorção Harmônica Total (THD): As ondas de corrente e tensão devem ser senoidais, qualquer distorção na forma de onda da corrente distorce também a forma de onda de tensão. No Brasil, para a obtenção do selo PROCEL de eficiência energética, os reatores eletrônicos devem apresentar THD igual ou inferior a 10%.
- Compatibilidade entre lâmpada e reator: Cada tipo de lâmpada possui um tipo especifico de reator que garantem uma característica ótima de operação e de sua vida útil.

As luminárias devem sustentar as lâmpadas, garantir a alimentação elétrica e direcionar o fluxo luminoso. Devendo ser adequadamente direcionado de forma a evitar o ofuscamento (fenômeno que ocorre quando o olho recebe um fluxo luminoso excessivo ou quando sofre um contraste muito forte de luz em um mesmo ambiente). Para evitar o ofuscamento, pode-se embutir a luminária, porém, há perda de fluxo luminoso na ordem de 20% a 70% (Eletrobrás PROCEL EDUCAÇÃO, 2007).

O rendimento da luminária representa a razão entre o fluxo luminoso emitido pelo conjunto (luminária e lâmpada) em relação à soma total dos fluxos individuais das lâmpadas contidas na luminária. Uma luminária é capaz de direcionar uma quantidade maior de fluxo luminoso em um plano de trabalho quando considerado apenas uma lâmpada sem luminária, portanto, aumenta a eficiência do sistema (MANGIAPELO, 2012).

As luminárias fechadas são de difícil manutenção, possuem difusores que podem ser de vidro temperado ou acrílico, são encontradas com diversos tipos de elementos de controle de luz (refletores espelhados, difusor prismático, colmeias, etc.). Podem ser fixadas no teto, ou podem ser embutidas. O rendimento é moderado e depende do tipo de elemento de

controle de luz, os tipos que dispõem de refletores sem elementos de controle de luz apresentam rendimento maior (PROCEL, 2011).

As luminárias abertas podem ser encontradas com ou sem elemento de controle de luz, apresentam rendimento superior ao das luminárias fechadas, fácil manutenção, podem ser suspensas, embutidas ou de sobrepor (PROCEL, 2011).

Para determinar o nível de iluminância de acordo com o local do ambiente, recorre-se a norma NBR ISO/CIE 8995-1 (2013). É Importante que se obtenha uma distribuição uniforme das iluminâncias nos planos iluminados, evitando ofuscamento das pessoas que utilizam o local.

Um projeto de iluminação eficiente deve observar as características do ambiente, componentes do sistema e da instalação elétrica, forma e horário de funcionamento do ambiente, nível de iluminância nos planos de trabalho e tarifa de energia elétrica.

Sendo que por meio das características do ambiente, estima-se a refletância das paredes, teto e piso, quanto mais claro o ambiente maior o rendimento do sistema.

Os componentes da instalação elétrica são (PROCEL, 2011):

- Luminária: É o principal item para o aumento da eficiência do ambiente, sendo importante verificar o estado de conservação, possibilidades de reforma e forma de fixação.
- Lâmpada: Deve ter seu tipo e fabricante anotados para avaliação do rendimento do sistema atual. Grandezas como temperatura da cor, IRC, fluxo luminoso, potência e eficiência energética devem ser verificados por meio de consultas a catálogos de fabricantes;
- Reator: Elemento responsável pela quase totalidade das perdas no sistema atual. Deverão ser verificados seus modelos, fabricante, tensão nominal, fator de potência e perdas nominais.

Em relação a forma e horário de funcionamento menciona-se que o uso de acionamentos automatizados reduz o consumo de energia, já que evita que o sistema de iluminação fique acionado de forma desnecessária.

O nível de iluminância nos planos de trabalho deverá ser mapeado, com o objetivo de se ter uma noção do nível médio de iluminância do local sobre as mesas de trabalho. E por último deve-se verificar a tarifa de energia de forma a calcular os possíveis ganhos com a redução do consumo de energia elétrica.

A NBR ISO/CIE 8995-1 (2013) apresenta ainda uma metodologia para determinar as iluminâncias e uniformidades médias na instalação que se deseja analisar, por meio da elaboração de uma malha de cálculo. O tamanho da malha para salas e zonas de salas é apresentado na Tabela B.1 da norma, o gráfico da Figura B.1 também pode ser utilizado. Para maior precisão no tamanho da malha pode se utilizar a Equação 10:

$$p = 0{,}2.\,5^{log_{10}d} \tag{10}$$

Onde:

p - Tamanho da malha, expresso em metros (m)

d - Maior dimensão da superfície de referência, expressa em metros (m)

n - Número de pontos de cálculo considerando a malha p

O número de pontos (n) é então estabelecido pelo número inteiro mais próximo da relação d para p.

Desta forma, é possível mapear o nível de iluminância de um ambiente, averiguando então, se os níveis estão de acordo com os exigidos na norma para cada atividade a ser realizada.

Portanto, a verificação do nível de iluminância em conjunto com um levantamento de dados sobre o sistema atual de iluminação são os primeiros passos para avaliar a eficiência energética de uma instalação. Os dados medidos indicam a direção que se deve seguir, reduzir ou aumentar a potência instalada de iluminação do local, melhorar a distribuição das luminárias, substituição de tecnologia, entre outras alternativas. Observa-se, portanto, que inúmeras são as análises que podem ser realizadas a fim de obter maior eficiência energética do sistema.

Para o projeto de iluminação de interiores, deve-se primeiramente escolher os seguintes componentes do sistema de iluminação (PROCEL, 2011):

- Lâmpada adequada;
- Luminária adequada;
- Quantidade de luminárias.

Os dois primeiros itens ficam a critério do projetista, é necessário, portanto calcular a quantidade de luminárias baseado nestas premissas. Com as medidas geométricas do local

define-se o índice do local (k), este que é calculado por meio da Equação 11 (PROCEL, 2011):

$$k = \frac{c.L}{[h.(c+L)} \quad (11)$$

Onde:

c – Comprimento do ambiente (m)

L – Largura do Ambiente (m)

h – Altura do pé direito (h = pé direito do ambiente – altura do plano de trabalho – altura de suspensão da luminária) (m)

O fator de utilização (U) depende da luminária escolhida. Para encontrar o valor do fator de utilização, faz-se necessário conhecer as refletâncias do teto, parede e piso, além do índice do local (k) (PROCEL, 2011).

O fator de perdas luminosas ou fator depreciação (Fpl) consideram o acúmulo de poeira nas luminárias e a depreciação das lâmpadas, sendo que, para ambientes limpos o Fpl é 0,8, para ambientes considerados médios o fator é de 0,7 e para ambientes sujos de 0,6 (PROCEL, 2011).

E por fim, é calculada a quantidade luminárias para o local (Equação 12) (PROCEL, 2011):

$$N = \frac{E.c.L}{n.f.U.Fpl} \quad (12)$$

Onde:

N - Quantidade de luminárias

E - Iluminância (lux)

c - Comprimento do ambiente (m)

L - Largura do ambiente (m)

n - Quantidade de lâmpadas por luminária

f - Fluxo luminoso da lâmpada (lúmens)

U - Fator de utilização

Fpl - Fator de perdas luminosas

Recomenda-se que o espaçamento entre as luminárias seja o dobro do espaçamento entre elas e as paredes laterais (PROCEL, 2011).

2.6.1 Trabalhos Relacionados de eficiência energética em sistemas de iluminação

Cezar e Gomes (2014) compararam a viabilidade na utilização de três tipos de lâmpadas, fluorescentes compactas, fluorescentes tubulares T5 e LED. O estudo foi realizado em uma loja de eletrodomésticos, onde se constatou que a iluminância do local estava muito abaixo do exigido em norma (NBR 5413, 1991). Utilizou-se o *software* DIAlux para realizar o cálculo luminotécnico. Para as três alternativas foi calculado o consumo de energia para atender o nível de iluminamento de referência, assim como o investimento necessário. A economia entre a alternativa 2 e 1 foi de 961,5 kWh/mês, e entre a alternativa 3 e 1 de 1.090 kWh/mês. Para alternativa 2 o tempo de retorno era de 7,9 anos, para a 3 de 19,7 anos, portanto, para o estudo em questão a melhor alternativa seriam as lâmpadas fluorescentes tubulares T5.

Mangiapelo (2012) analisou a eficiência energética no sistema de iluminação de dois hipermercados localizados em Campo Grande – MS. O hipermercado A possui cinco mil metros quadrados e não há aproveitamento da luz natural. O sistema de iluminação opera 24 horas por dia, e são utilizadas lâmpadas T5 de 54 W e IRC de 80-89, o reator utilizado apresenta fator de potência de 0,9 e uma taxa de distorção harmônica inferior a 5 %, as luminárias foram confeccionadas pela equipe de manutenção do hipermercado, o fundo da luminária é de alumínio e não possui aletas. A potência instalada referente ao setor de iluminação é de 30,47 kW.

O hipermercado B possui três mil metros quadrados, há aproveitamento da luz natural por meio de um sistema integrado à cobertura metálica. São utilizadas lâmpadas fluorescentes tubulares T8 de 32 W e IRC de 80-89. O fator de potência do reator é de 0,96 e a taxa de distorção harmônica de 20%, este consome também uma corrente de 0,3 A. A luminária apresenta baixa eficiência, já que o refletor é branco, deixando de refletir adequadamente o fluxo luminoso como um refletor metálico de alumínio. A potência instalada total é de 58,28 kW.

Foram realizadas medições de consumo de energia e também foi feito o levantamento do fluxo luminoso da instalação de forma a verificar se a iluminância estava compatível com o exigido pela NBR 5413 (1991). Constatou-se que os níveis de iluminância estavam dentro dos valores mínimos estabelecidos por norma. Além disto, foi feita a classificação do nível de eficiência dos sistemas de iluminação para as duas edificações de acordo com o RTQ-C. O hipermercado A foi classificado como C por atender os valores de densidade de potência de iluminação correspondentes a este nível, porém, como não possuía divisão dos circuitos foi classificado como D. Já o hipermercado B foi classificado como D, atendendo aos critérios de densidade de potência.

Em relação às medições de consumo foi constatado que o hipermercado B apresenta consumo de energia durante as 24 horas do dia, mesmo operando no período das 08h00min às 23h00min. Concluiu-se, portanto, que as lâmpadas permaneceram ligadas, e foi recomendado o uso de um sistema de automação que fosse capaz de comandar a iluminação artificial nos períodos em que o hipermercado não estivesse funcionando. Foi sugerido também que fosse feita a troca das luminárias, já que estas apresentam baixo rendimento.

2.7 Eficiência energética em condicionamento de ar

A função principal do ar condicionado é compensar o ganho de calor em ambientes proveniente do sol, da iluminação, das pessoas e dos equipamentos elétricos. É o processo de tratamento de ar, de modo a se controlar simultaneamente a temperatura, a umidade e a pureza visando atender as necessidades de determinado recinto (ROCHA; MONTEIRO, 2005).

Pode-se afirmar que grande parte das instalações de ventilação e ar condicionado é superdimensionada. Isso acontece por conta dos fatores de segurança empregados em projeto, tornando a capacidade do sistema superior a demanda máxima prevista. Nota-se que a quantidade de ventilação e condicionamento de ar é variável no decorrer da jornada de trabalho e em função da época do ano, além disto, as instalações são calculadas para condições ambientais extremas, o que ocorre em apenas uma pequena parcela do tempo. Devido a isto, pode-se afirmar que existem, na maioria das instalações, oportunidades de economizar energia elétrica (Companhia Paranaense de Energia - COPEL, 2005).

A função principal do ar condicionado é compensar o ganho de calor em ambientes proveniente do sol, da iluminação, das pessoas e dos equipamentos elétricos. É o processo de

tratamento de ar, de modo a se controlar simultaneamente a temperatura, a umidade e a pureza visando atender as necessidades de determinado recinto (ROCHA; MONTEIRO, 2005).

Destacam-se algumas ações que devem ser tomadas para reduzir o consumo de energia elétrica deste sistema (ROCHA; MONTEIRO, 2005).

- Regulagem do termostato: A falta de regulagem de temperatura implica no não atendimento da temperatura necessária nos ambientes. Em períodos em que a temperatura externa é inferior a temperatura interna a ventilação do aparelho deve ser ajustada visando a captação de ar exterior, reduzindo então o consumo de energia;
- Limpeza do evaporador e condensador: É necessário que haja uma periodicidade na limpeza do evaporador e condensador, já que a acumulação de sujeira reduz a eficiência na troca de calor, aumentando então o consumo de energia elétrica;
- Limpeza dos filtros: Além de comprometer a qualidade do ar no ambiente, a falta de limpeza nos filtros reduz a eficiência do equipamento por permitir o acúmulo de sujeira nas superfícies trocadoras de calor;
- Proteção da unidade condensadora: O ganho de calor eleva a temperatura de condensação do fluido frigorífico que está circulando, reduzindo então o rendimento do equipamento, acarretando no aumento do consumo de energia;
- Falta de proteção nas janelas: Desta forma há maior incidência de raios solares, aumentando então o ganho térmico.

2.8 Energia solar térmica para aquecimento

A captação da energia solar é feita através de coletores solares, que é um dispositivo concebido para absorver radiação solar e transferi-la para um fluido. Tem como finalidade converter a maior quantidade possível de radiação solar disponível e transferir esta energia com o mínimo de perda possível. É considerado o componente central e de maior relevância econômica em uma instalação de captação de energia solar para aquecimento de água (OLIVEIRA, 2014).

Quando a radiação incide no coletor, boa parte dela atravessa a cobertura, sendo uma parte menor refletida e outra absorvida pela cobertura. A maior parte da fração que atravessou a cobertura é absorvida pela placa absorvedora de cor preta e material condutor de calor. A placa emite radiação em uma faixa de comprimento de onda maior que a da radiação

incidente, devido a baixa temperatura em que se encontra. Desta forma, esta energia fica contida dentro do coletor e não atravessa o vidro (superfície opaca para este comprimento de onda) (BAPTISTA, 2006).

Existem diversas tipologias de coletores, para diversas aplicações existentes no mercado. Para a seleção do tipo de coletor que será empregado, a temperatura alcançada em cada um é o fator de maior relevância.

Os coletores solares planos são utilizados para aquecer a água até uma temperatura de 60°C. É composto por uma caixa externa, por isolamento térmico, por tubos para o escoamento do fluido no interior do coletor, por placa absorvedora pintada de preto para melhor absorção da energia solar e por cobertura transparente (RÍSPOLI, 2008) (OLIVEIRA, 2014). É considerado um equipamento simples do ponto de vista da fabricação e quase não requer manutenção, por não possuir partes móveis (BAPTISTA, 2006).

Os coletores solares planos abertos são utilizados para aquecimento de piscinas e operam a uma temperatura mais baixa, entre 28 a 30°C. Não possuem cobertura transparente, nem isolamento térmico e o corpo externo é feito de materiais termoplásticos, polipropileno ou borrachas especiais (RÍSPOLI, 2008). O cloro úmido é corrosivo á maioria dos metais comuns, principalmente o cobre, por isso o coletor solar plano aberto é o mais indicado para utilização em piscinas (STEFANELLI, 2013).

A utilização deste modelo está vinculado principalmente ao aquecimento de águas de banhos, de piscinas e de lavagens de roupas. Neste campo são empregados tanto os aquecedores solares comerciais, quanto aqueles que buscam uma solução de baixo custo, que utilizam materiais alternativos na construção como o Policloreto de Polivinila (PVC).

Há também no mercado os coletores solares de tubos a vácuo, que para diminuir as perdas térmicas utilizam vácuo em seu interior, aumentando assim a temperatura final da água. São compostos por uma série de tubos, cada um com um absorvedor. São mais leves e mais eficientes que os coletores planos. São utilizados para aquecimento de água, para pré-aquecimento industrial e para refrigeração solar (RÍSPOLI, 2008). Os coletores à vácuo podem alcançar temperaturas maiores que 60°C (OLIVEIRA, 2014).

Em sistemas convencionais, a água circula entre os coletores e o reservatório térmico através de um sistema natural chamado termossifão. Nesse sistema, a água dos coletores fica mais quente e, portanto, menos densa que a água no reservatório. Desta forma há movimento do fluido devido a diferença de densidade entre eles (SOLETROL, 2016).

A circulação da água também pode ser feita através de motobombas em um processo chamado de circulação forçada, e são normalmente utilizados em piscinas e sistemas de grandes volumes (SOLETROL, 2016).

A motobomba é um componente essencial no sistema solar térmico, pois é necessário vencer as resistências provocadas pela tubulação, assegurando assim a circulação do fluido entre os circuitos primário e secundário. Portanto, seu dimensionamento leva em conta a vazão dos circuitos, e também as perdas de cargas do sistema, que se traduzem em uma altura manométrica (OLIVEIRA, 2014).

O aquecimento solar em substituição da energia elétrica para aquecimento é uma medida eficaz de conservação de energia, atenuando inclusive a curva de carga no horário de ponta. Sendo assim, sua utilização intensiva pode ser interpretada como uma forma alternativa de geração descentralizada de energia elétrica (RÍSPOLI, 2008 apud TOLMASQUIM, 2003).

O aquecimento utilizando energia solar tem com principal vantagem o uso de energia limpa e renovável, em comparação com outros sistemas como óleo, gás e energia elétrica. Este sistema entra como uma alternativa para reduzir os custos com o aquecimento convencional, sendo que o sistema tradicional só passa a operar quando a radiação solar não é suficiente para o aquecimento.

Um componente importante em um sistema solar térmico que faz uso da circulação forçada é o controlador, este componente gere o sistema, controlando o arranque e a parada da motobomba. É comandando por meio dos diferenciais de temperatura entre os coletores e o local de armazenamento (OLIVEIRA, 2014).

O sistema de controle verifica a temperatura da água nos coletores e da água na bomba. Quando a temperatura dos coletores está acima da temperatura da piscina a bomba é acionada, fazendo com que água circule dos coletores para a piscina. Quando essa diferença de temperatura reduz a bomba desliga (MENDES, 2010).

Não havendo energia solar necessária para suprir a necessidade energética, complementa-se a falta deste recurso com a utilização de caldeiras, bombas de calor ou resistências elétricas.

Nos sistemas de aquecimento solar para chuveiros pode ser utilizado um reservatório térmico (*boiler*) com a finalidade de armazenar água quente para consumo. É fabricado por fora em alumínio e por dentro em cobre ou aço inox. Internamente, a água quente se mistura com a fria ficando a água quente sempre na parte superior. O *boiler* possui resistência elétrica, aquecendo a água em dias de menor incidência de radiação solar. É comandada por um

termostato, ligando ou desligando de acordo com a temperatura da água no interior do reservatório (SPRENGER, 2007).

Já o sistema de aquecimento solar para piscinas não dispõe de reservatório térmico, pois a própria piscina já armazena energia. O circuito hidráulico de ida e volta dos coletores é preferencialmente feita de forma independente. Entretanto, quando isto não é possível, como é o caso de piscinas já existentes, as tubulações derivam-se do sistema de filtragem (MENDES, 2010).

Em piscinas a temperatura não deve ultrapassar 28°C, porque acima desta temperatura as atividades físicas poderão comprometer a pressão arterial do usuário, além disso, quanto mais quente a água, melhor é o ambiente para a proliferação de bactérias (MENDES, 2010).

O consumo de energéticos está associado às perdas de energia, sob a forma de calor. Que é um problema significativo nas piscinas aquecidas, sendo vários os fatores associados: a diferença de temperatura entre a água e o ar ambiente, a área da superfície, os níveis de umidade relativa, a velocidade do ar e a localização geográfica da instalação. Estas perdas podem ocorrer principalmente por: condução, convecção e evaporação.

O calor poderá perder-se através do contato com um objeto com menor energia térmica, isto é, através de fenômenos de condução, ou ainda através de fenômenos de convecção, que ocorre quando a temperatura do ar ambiente for maior do que a temperatura da água da piscina, havendo transferência de calor.

As perdas de calor podem ocorrer também por meio do processo de evaporação, que não é um mecanismo de transferência de calor, mas é responsável por considerável perda de energia nas piscinas sem cobertura. As perdas por evaporação são maiores em climas secos, porém ainda é significativa em climas úmidos, sendo responsável por cerca de 70% das perdas de calor (STEFANELLI, 2013; OLIVEIRA, 2014).

O uso de coberturas pode levar a uma diminuição expressiva das perdas por evaporação. As coberturas podem ser construídas com três tipos de materiais: Polietileno (PE), Polipropileno (PP) e o PVC. As coberturas com bolhas são as mais baratas, porém menos resistentes e duráveis, geralmente são confeccionadas com PE, com espessura de 400 μm. As coberturas de espuma de PE apresentam espessuras de 5 ou 7 mm. As de lâminas de PVC são de recolhimento automático e cobrem o plano da água em sua totalidade, estas são as que apresentam custo maior de investimento inicial, porém são mais eficientes (OLIVEIRA, 2014).

O uso da energia solar térmica já é bastante difundido no Brasil em função das suas condições climáticas favoráveis. Embora sejam mais comuns os sistemas domésticos de aquecimento de água para uso no interior da residência, tais como em chuveiros e torneiras.

O aquecimento de piscinas utilizando energia solar representa outro importante campo para expansão da energia solar. Embora nesta área o Brasil tenha um largo parque instalado, um barateamento poderia ampliar ainda mais esse domínio. Isso representaria um aspecto estratégico importante, pois o maior concorrente do sistema de energia solar térmica é o de bombas de calor, que operam utilizando a energia elétrica, o que torna a operação do sistema mais custosa.

As instalações solares necessitam serem corretamente dimensionadas, instaladas e mantidas. Aspectos externos aos requisitos técnicos devem ser verificados, tais como:

- Sombra nos coletores;
- Posicionamento conveniente da superfície do coletor;
- Menor trajeto na rede hidráulica entre os coletores e o reservatório térmico;
- Boa avaliação para a definição da logística adequada para a instalação dos componentes do sistema.

A norma brasileira ABNT NBR 15569 Sistema de Aquecimento Solar de Água em Circuito Direto – Projeto e Instalação (2008) estabelece os requisitos para o sistema de aquecimento solar, considerando aspectos de concepção, dimensionamento, arranjo hidráulico, instalação e manutenção, onde o fluido de transporte é a água.

2.8.1 Trabalhos relacionados com o emprego da energia solar para aquecimento

No trabalho realizado por Gonçalves (2015) em Lisboa foram analisados duas instalações que faziam uso de piscinas aquecidas, a primeira na piscina de Alcochete, com temperatura média no inverno de 10,7°C e 22,8°C no verão. O edifício possui aquecimento solar térmico, composto por 39 coletores, totalizando uma área de 108,4 m², dispõe também de caldeiras a gás natural com potência instalada de 250 kW. O consumo para aquecimento das piscinas estimado é de 2,5 MWh/ano de energia elétrica da rede, 261,3 MWh/ano de gás natural e 79,3 MWh/ano (30,3%) é fornecido por meio do sistema solar térmico.

O segundo caso avaliado pelo autor é a piscina da instalação esportiva de Alhos Vedros, com as mesmas condições climáticas do primeiro caso. Neste caso, são utilizadas três

caldeiras a gás natural para produção de água quente, cada uma com 132 kW de potência e rendimento de 91%. O consumo estimado é de 5,9 MWh/ano de energia elétrica e de 279,3 MWh/ano de gás natural (GONÇALVES, 2015).

Para o primeiro caso, no município de Alcochete onde já se faz o uso de aquecedor solar foi recomendado que se utilizasse capa térmica, de forma a reduzir o consumo de energia. Por meio de simulações computacionais o autor constatou que haveria uma economia de 54.392 kWh/ano, com um tempo de retorno de quatro anos (GONÇALVES, 2015).

Já para a piscina municipal de Alhos Vedros foi sugerido a utilização de aquecedor solar, um total de 50 placas ocupando uma área de 113 m², a energia economizada seria de 100.154 kWh/ano (consumo de gás natural evitado) e o tempo de retorno de seis anos e sete meses (GONÇALVES, 2015).

Oliveira (2014) avaliou a substituição da caldeira a gás propano para aquecimento das piscinas e fornecimento de água quente para outros locais por energia solar. O sistema solar térmico era composto de 72 painéis solares e um grupo de apoio composto por duas bombas de calor com potência nominal unitária de 115,8 kW. Utilizando um *software* foram calculados os consumos de energéticos para cada situação, utilizando caldeiras, sistema atual e para o sistema alternativo composto pelos painéis solares e bombas de calor.

O sistema alternativo acarretou em uma redução de 55,1% do consumo de energia. Além disto, foi constatado por meio da simulação que houve um decréscimo de 79% de perda de energia ao utilizar cobertura nas piscinas, a cobertura utilizada foi de PVC. O tempo de retorno foi de oito anos. Por fim, recomendou-se que, os queimadores das caldeiras fossem calibrados, que houvesse um melhoramento da tubulação de água quente, por meio da utilização de isolamento térmico, utilização de temporizadores nos chuveiros e inclusão de capa térmica nas piscinas (OLIVEIRA, 2014).

Oliveira e Rios (2012) realizaram uma avaliação técnica de 90 unidades de aquecimento solar de piscinas no Distrito Federal, em Brasília. A temperatura média ao logo do ano varia de 19°C a 23°C, a umidade relativa média anual é de 67%, variando consideravelmente no período de abril e setembro quando chega a alcançar níveis inferiores a 25%. A irradiação solar apresenta valores elevados durante quase todo o ano.

Após as visitas foram feitas as análises dos dados e os autores concluíram que (OLIVEIRA; RIOS, 2012):

- 97,4% das instalações ficavam a céu aberto, favorecendo o ganho por radiação, porém provocando maiores perdas térmicas por evaporação e convecção;
- 52% da temperatura de operação das piscinas estava na faixa de 28°C a 32°C, não havendo casos abaixo de 26°C, 6,5% das piscinas operavam na faixa de 32°C e 34°C, e 1,3% acima de 34°C.
- 94,8% das instalações o coletor era do tipo aberto (sem caixa metálica e cobertura);
- 39% das piscinas possuíam área entre 30 m² a 40 m², as áreas dos coletores eram inferiores a 22 m² (13%) e de 22 m² e 40 m² (10%);
- 90% das instalações não apresentavam vazamentos nos coletores;
- 92,2% das instalações não faziam uso do aquecimento auxiliar, apenas 6,5% possuíam bomba de calor;
- 90,9% das bombas hidráulicas utilizadas para promover a circulação da água nos coletores também trabalhavam no sistema de filtragem, 28,6% das bombas possuíam a potência de 3/4cv, 24,7%, 1/2cv e 22,1% 1 cv.

Altoé, Filho e Carlo (2012) analisaram, através de programas computacionais, a eficiência energética de um sistema de aquecimento solar de água com apoio elétrico, destinado a atender diferentes demandas de água quente em uma residência unifamiliar, comparativamente ao uso de chuveiro elétrico. A substituição do chuveiro elétrico pelo sistema solar com apoio elétrico provocou uma redução de 70% no consumo de energia elétrica destinada a aquecimento de água doméstica e de 36% no consumo de energia elétrica total da residência.

Medeiros et al. (2014) estudaram o comportamento de um sistema de aquecimento solar em um edifício residencial de 27 andares com 52 apartamentos na cidade de João Pessoa – PB. O sistema de aquecimento solar é composto por 47 coletores de 1,87 m² e dois reservatórios térmicos de 5.000 l cada. O aquecimento auxiliar é feito por um aquecedor de passagem a Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) com potência nominal de 25,8 kW.

O sistema de aquecimento solar estudado mostrou-se como uma opção viável já que apresentou um Valor Presente Líquido (VPL) positivo R$ 174.175,87, com Taxa Interna de Retorno (TIR) de 18,9% superior à taxa de atratividade (5,9%) e *payback* de 7 anos e 8 meses, ou seja, o tempo de retorno do investimento foi inferior à duração do sistema (20 anos). As definições destes indicadores podem ser vistas no Anexo 4.

Conclui-se, portanto que o emprego da energia solar é uma alternativa que visa a redução dos custos com energéticos, em um momento em que o planejamento energético preconiza a racionalidade de consumo de energia elétrica e redução da demanda. O setor energético pode obter considerável economia de energia elétrica com a inclusão do sistema de aquecimento solar de água. Sendo está, portanto uma medida de redução da curva de carga do lado da demanda.

Sendo assim, será verificado se há viabilidade na utilização de coletores solar para aquecimento da piscina aquecida do clube.

3. METODOLOGIA

3.1 Estudo de caso

Para analisar a eficiência na utilização da energia elétrica de um clube recreativo, adotou-se o Clube Indaiá como estudo de caso, que se situa na zona urbana da cidade de Dourados, estado de Mato Grosso do Sul-MS, está em operação desde maio de 1967.

3.2 Caracterização da unidade consumidora

A unidade consumidora, objeto do estudo, é um clube, cuja instalação é destinada a atividades recreativas. Possui 9.333,34 m² de área construída, com uma ampla área esportiva e de lazer. A Figura 4 apresenta uma vista área do clube.

Figura 4. Vista aérea do clube.

Fonte: maps.google.com (2016)

Para a prática de atividades esportivas dispõe de campos de futebol, bem como quadras de vôlei, de basquete, de tênis e de futsal e piscina semiolímpica. Para as atividades de lazer conta com saunas, piscinas, lanchonetes, pista de caminhada, salões de festa, entre outros. A área social do clube é aberta aos sócios seis dias por semana de terça-feira a domingo, sendo que a segunda-feira é destinada a manutenção. O horário de funcionamento é das 07h00min às 22h00min. Até outubro de 2016 contava com um total de 2.018 sócios titulares.

O fornecimento de energia elétrica é realizado pela concessionária do estado, Energisa através de uma rede de distribuição na tensão nominal de 13,8 kV. Internamente às suas instalações estão instalados quatro transformadores, sendo um de 225 kVA e três de 112,5 kVA. A Tabela 2 mostra as cargas que cada transformador alimenta.

Tabela 2. Divisão das cargas alimentadas pelos transformadores do clube.

Transformador	Local
TRAFO 1 (112,5 kVA)	Secretaria
	Quadras de tênis de cimento
	Quadra de basquete
	Quadra de esportes
TRAFO 2 (112,5 kVA)	Academia
	bocha
	Judô
	Sala de dança
	Sauna masculina a vapor
	Sauna masculina seca
TRAFO 3 (225 kVA)	Salão Grande
	Salão Pequeno
	Quadra de futsal e basquete
	Vestiário
	Sauna feminina seca
	Sauna feminina vapor
	Lanchonete (cantina)
	Piscinas
	Pistas de caminhada
	Quiosques
	Pista de skate
	Quadra de vôlei
TRAFO 4 (112,5 kVA)	Campos de futebol
	Quadras de vôlei
	Quadras de tênis de saibro
	Quadras de tênis de saibro

Fonte: Autor (2016)

A unidade consumidora está classificada na modalidade tarifária horária verde, subgrupo A4. Na Tabela 3 são apresentados os dados relativos ao consumo e demanda de energia elétrica para o período de maio de 2015 a abril de 2016.

Tabela 3. Informações relativas à utilização da energia elétrica na unidade consumidora analisada no período de entre maio de 2015 e abril de 2016.

Parâmetro de consumo	Situação da unidade consumidora
Demanda média mensal registrada na ponta	280,04 kW
Demanda média mensal registrada fora de ponta	222,92 kW
Consumo médio mensal de energia na ponta	10.063,25 kWh/mês
Consumo médio mensal de energia fora de ponta	35.082,25 kWh/mês
Despesa média mensal com energia elétrica	R$ 40.102,79/mês
Despesa anual com energia elétrica	R$ 481.233,48/ano

Fonte: Modificado de Energisa (2016)

3.3 Procedimentos para a coleta de dados

Em um primeiro momento, por meio de uma reunião com os gestores e equipe técnica do clube, foram obtidos dados dos principais problemas enfrentados pela unidade consumidora, referente ao consumo de energia elétrica.

Posteriormente, foram feitas visitas ao clube de forma a conhecer as instalações. Estas visitas foram acompanhadas por um colaborador do clube, possibilitando o conhecimento da alimentação de energia elétrica dos pontos de consumo, que seriam monitorados.

Conhecendo as instalações elétricas e os interesses do clube, definiram-se os pontos de consumo de energia elétrica que seriam medidos, estes que são mostrados na Tabela 4.

Tabela 4. Pontos que tiveram o consumo de energia monitorados no clube.

SETOR	
Secretaria (área administrativa)	
Quadras de tênis cimento	Quadra de tênis 1
	Quadra de tênis 2
	Quadra de tênis 3
	Quadra de tênis 4
Quadra de futsal	
Quadra de basquete	
Quadra de esportes (2 quadras de vôlei e 1 quadra de futsal)	
Salão Pequeno	
Sauna masculina a vapor	
Sauna feminina seca	
Sauna feminina vapor	
Lanchonete (cantina)	
Piscinas	Piscina social
	Piscina semiolímpica
Piscina de biribol (aquecida)	
Pista de caminhada	
Campos de futebol	Campo de futebol 2
	Campo de futebol 3
	Campo de futebol 4
	Campo de futebol 5
	Campo de futebol 6
Quadras de tênis saibro	Quadra de tênis 5
	Quadra de tênis 6
	Quadra de tênis 7
	Quadra de tênis 8
	Quadra de tênis 9

Fonte: Autor (2016)

Para o desenvolvimento do diagnóstico de eficiência energética foi necessário coletar uma série de dados, destacam-se:

I. Contratos de energia elétrica com a concessionária de energia elétrica: identificando a modalidade tarifária, o valor de demanda contratada e a vigência do contrato;

II. Históricos de consumo e de demanda e faturas de energia elétrica para um período de 12 meses. Foram obtidos na concessionária de energia elétrica e auxiliam na análise tarifária, na verificação da demanda medida e de energia reativa excedente;
III. Memórias de massa: as memórias de massa foram fornecidas pela concessionária de energia elétrica, apresentando dados de consumo de energia elétrica para diferentes tempos de integração (foram de 15 minutos e 60 minutos), que foram utilizadas para a verificação de energia reativa excedente horária e também para a análise da curva de carga do clube;
IV. Tempo de funcionamento dos pontos de consumo monitorados: permitindo estimar o consumo de energia elétrica das cargas. Sendo esta informação obtida com os colaboradores do clube;

Medições de grandezas elétricas: avaliando-se de forma quantitativa, o consumo e demanda de energia dos pontos de interesse. As medições foram feitas com um aparelho analisador de energia elétrica, as especificações do aparelho são mostradas no Anexo 3:

a. Modelo RE 7000 da marca Embrasul, possibilita entradas trifásicas de tensão e corrente, e permite a análise de tensões, de correntes, de potências ativas, reativas e aparentes, de fator de potência, de demanda e de consumo para diferentes períodos de integração;
b. *Software* de análise ANL7000 para tratamento dos dados coletados. Permite gerar gráficos, tabelas e relatórios, além de simulações e outras opções de análise. Os dados podem ser exportados no formato .txt para depois serem processados no Excel.

Por meio das faturas de energia elétrica são identificados os meses em que houve maior excedente de energia reativa. Utilizou-se então, a memória de massa da unidade consumidora referente a estes meses para realizar o dimensionamento do banco de capacitores. Além disto, a memória de massa foi utilizada para avaliar a curva de carga do clube, com o objetivo de se encontrar inconsistências no consumo de energia elétrica.

O tempo de cada medição foi dependente do tipo de carga que se tinha interesse em monitorar. Isto porque certas cargas não sofrem variação da potência elétrica durante sua

operação, não havendo necessidade em monitorar por longos períodos. É o que ocorre com as lâmpadas, por exemplo.

Por meio das visitas realizadas, constatou-se que em alguns quadros de distribuição o aparelho analisador de energia não poderia ser instalado. Isso porque o quadro era estreito e os sensores de corrente não poderiam ser instalados. Tais locais foram na sauna feminina, na piscina social e na piscina semiolímpica. Sendo que para o primeiro, a carga é puramente resistiva, para as piscinas a carga é composta por motores elétricos. A solução encontrada foi realizar uma medição com um wattímetro, desta forma obteve-se apenas uma medida.

Além disto, o quadro de distribuição da maioria dos locais em que as medições foram feitas é instalado em locais abertos, dificultando a instalação do aparelho analisador de energia por longos períodos.

Os pontos de consumo monitorados com o analisador de energia RE 7000 são descritos na Tabela 5, bem como o tipo de carga que está sendo medida. Para todos os locais o tempo de integração foi de 1 minuto.

Todas as medições foram feitas no período diurno, para não incomodar os sócios do clube. Isso porque em muitos pontos era necessário ligar e desligar o disjuntor possibilitando a identificação de cada ponto de consumo, no quadro de distribuição. Trata-se de uma instalação elétrica antiga e os quadros não são identificados.

Tabela 5. Tempo de medição e descrição das cargas, para os setores em que foram realizadas medições com o Analisador de Energia RE 7000.

LOCAL	TEMPO DE MEDIÇÃO	TIPO DE CARGA
Secretária	10 minutos	Iluminação (lâmpada fluorescente) e ar condicionado
Quadras de tênis	5 minutos	Iluminação (lâmpada de vapor metálico)
Campos de futebol	5 minutos	Iluminação (lâmpada de vapor metálico)
Quadra de futsal e quadra de basquete	5 minutos	Iluminação (lâmpada de vapor metálico)
Quadra de esportes	15 minutos	Iluminação (lâmpada de vapor metálico)
Salão pequeno	Tempo de duração do evento	Iluminação (lâmpada fluorescente)/ ar condicionado
Sauna masculina	10 minutos	Resistência elétrica
Cantina	1 dia	Iluminação (lâmpada fluorescente)/ ar condicionado/ motor elétrico (freezer), resistência elétrica (fritadeira)
Piscina de biribol	1 dia	Resistência elétrica/ motor elétrico
Pista de caminhada	5 minutos	Iluminação (lâmpada de vapor metálico)

Fonte: Autor (2016)

O consumo de energia é obtido através do valor de demanda medido pelo analisador de energia e pela quantidade de horas que cada setor opera, sendo esta informação fornecida pelos colaboradores do clube.

Para os campos de futebol utilizou-se a escala de campos semanal apresentada na Tabela 6.

Tabela 6. Escala de utilização dos campos de futebol.

PROGRAMAÇÃO DE UTILIZAÇÃO DOS CAMPOS					Quantidade	Horas	Total
Terça-feira	Campo 3	Campo 6			2	1,5	3
Quarta-feira	Campo 3	Campo 2	Campo 6	Campo 4	4	1,5	6
Quinta-feira	Campo 4	Campo 2			2	1,5	3
Sexta-feira	Campo 2	Campo 4	Campo 6	Campo 3	4	1,5	6
Sábado	Campo 3	Campo 4			2	1,5	3
Total semanal (horas)							21
Total mensal (horas)							84

Fonte: Autor (2016)

As saunas femininas operam de terça a sábado, cinco horas e trinta minutos por dia e sábado e domingo, quatro horas e trinta minutos por dia, totalizando 124 horas/mês.

Para o salão não foi necessário estimar o consumo, já que a medição foi realizada durante todo o período de utilização. A lanchonete é utilizada de terça-feira a sexta-feira no período das 15h00min as 22h00min, aos finais de semana das 10h00min as 22h00min, totalizando 208 horas/mês.

Os filtros da piscina social e semiolímpica são ligados de forma manual, três vezes na semana, cerca de oito horas por dia, totalizando 96 horas/mês. A secretaria do clube opera na segunda-feira das 07h00min às 11h00min e das 13h00min às 17h00min, de terça-feira a sexta-feira 07h00min às 11h00min e das 13h00min às 19h00min, e aos sábados das 07h00min às 11h00min e das 13h00min às 18h00min. É mostrado na Tabela 7 o tempo de utilização de cada local, sendo que para as quadras a quantidade de horas é referente apenas ao período noturno.

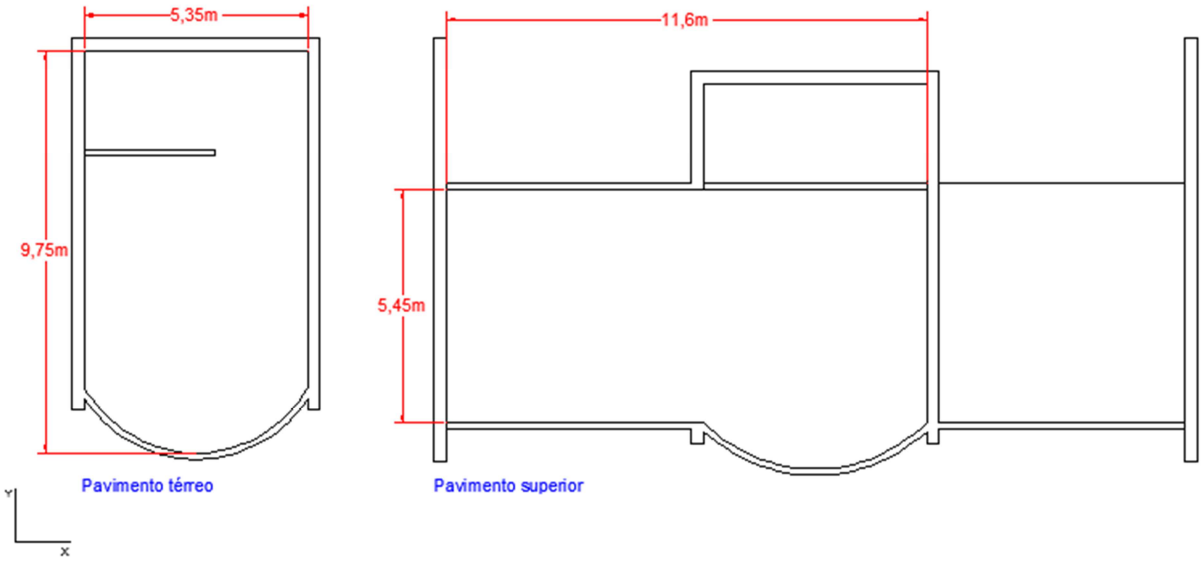
Tabela 7. Quantidade de horas em que os setores do clube consomem energia elétrica.

Setor	horas/dia	dias/semana	horas/mês
Quadras de tênis	3	6	72
Quadra de futsal e basquete	3,5	4	56
Quadra de esportes	3,5	4	56
Saunas masculinas	6	6	144
Saunas femininas	-	6	124
Lanchonete	-	6	208
Piscina social e semiolímpica	8	3	96
Pista de caminhada	3,5	6	84
Secretaria	-	6	228
Campos de futebol	-	-	84

Fonte: Autor (2016)

Foi verificado também o nível de iluminância no plano de trabalho seguindo a metodologia da NBR ISO/CIE 8995-1 (2013) na área administrativa do clube. A Figura 5 apresenta um croqui da planta baixa da administração do clube.

Figura 5. Croqui da planta baixa da administração do clube pavimento térreo e pavimento superior.



Fonte: Autor (2017)

Para a confecção da malha de medição da iluminância do local foi considerado o comprimento descontado da largura dos armários para o piso superior. Portanto, para o piso superior as dimensões consideradas foram de 9,8 m no eixo x e 5,45 m no eixo y. Já para o

piso térreo as dimensões consideradas foram de 5,35 no eixo x e 5,45 no eixo y. A sala de reuniões que fica a direta foi descartada nas medições.

As medições foram realizadas com um luxímetro modelo 424-A da HOMIS. O aparelho possui as seguintes especificações:

- Escala: 20,200, 2000, 20.000 lux;
- Precisão: +-2% leitura + 10 dígitos.

4. RESULTADOS

Serão apresentados os resultados obtidos com as análises dos históricos de consumo e de demanda, das faturas de energia elétrica, da memória de massa, assim como os resultados obtidos com as medições realizadas. Serão mostradas algumas sugestões que visam a redução do consumo de energia e consequentemente uma melhor eficiência energética do sistema, baseado no referencial teórico apresentado.

4.1 Análise das faturas de energia elétrica

A análise iniciou-se com a obtenção dos dados referentes ao consumo de energia da unidade consumidora, verificada em um período entre maio de 2015 à abril de 2016. Esses dados são obtidos com a concessionária de energia elétrica, e foram utilizados para verificar o correto enquadramento tarifário, a otimização do contrato de demanda e a eliminação de cobranças por energia reativa excedente.

4.1.1 Dados de energia elétrica obtidos nas faturas de energia elétrica

Serão apresentados os históricos de consumo e de demanda de energia ativa e reativa registrados no período entre maio de 2015 a abril de 2016, que foram fornecidos pela concessionária de energia elétrica local, Energisa.

Na Tabela 8 são mostrados os dados de consumo e de demanda para o posto tarifário ponta e fora de ponta, assim como a demanda contratada e a tolerância de demanda. Os dados são apresentados graficamente na Figura 6, observando-se que em média o clube consome 34.167,67 kWh/mês no horário fora de ponta e 10.034,00 kWh/mês no horário de ponta.

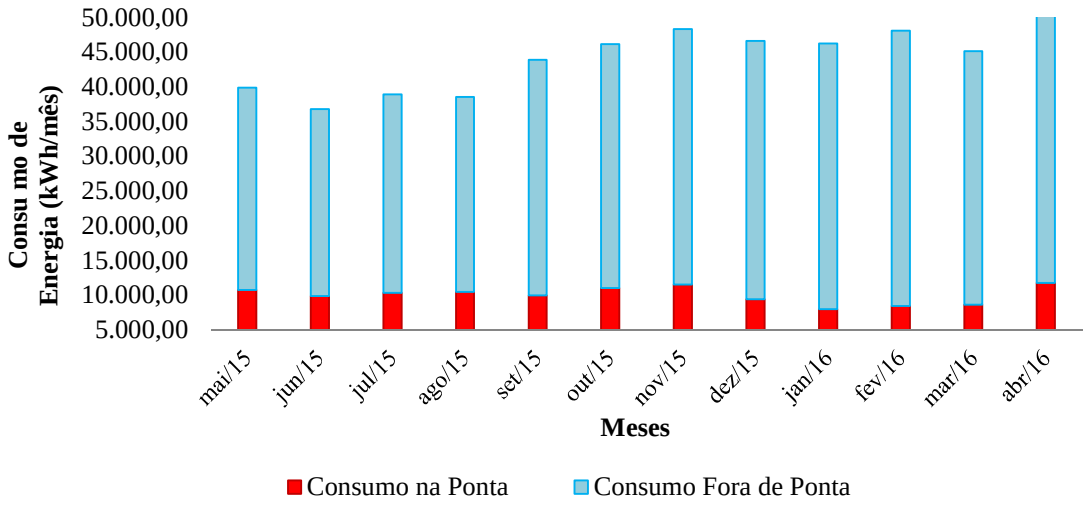
Na Figura 7 são mostrados os valores de demanda registrados no horário de ponta e fora de ponta, assim como o valor da demanda contratada e a tolerância de demanda apresentados na Tabela 8. No período analisado ocorreram nove ultrapassagens de demanda, e em apenas um mês o valor de demanda medido ficou entre o contratado e a tolerância e em dois meses ficou abaixo do contratado.

Tabela 8. Histórico de consumo e demanda da unidade consumidora analisada no período entre maio de 2015 a abril de 2016.

	CONSUMO (kWh/mês)			DEMANDA (kW)			
Mês	**Fora de ponta**	**Ponta**	**Total**	**Contratada**	**Tolerância**	**Fora de ponta**	**Ponta**
mai/15	29.132,00	10.754,00	39.886,00	260	273	242,49	307,58
jun/15	26.951,00	9.873,00	36.824,00	260	273	217,44	251,44
jul/15	28.560,00	10.373,00	38.933,00	260	273	239,20	285,00
ago/15	28.066,00	10.496,00	38.562,00	260	273	214,27	254,30
set/15	33.909,00	10.006,00	43.915,00	260	273	275,18	261,82
out/15	35.142,00	11.025,00	46.167,00	260	273	232,84	279,46
nov/15	36.805,00	11.541,00	48.346,00	260	273	223,04	302,00
dez/15	37.176,00	9.431,00	46.607,00	260	273	201,60	279,46
jan/16	38.240,00	8.019,00	46.259,00	260	273	166,06	281,48
fev/16	39.657,00	8.446,00	48.103,00	260	273	180,68	264,85
mar/16	36.521,00	8.638,00	45.159,00	260	273	221,25	285,51
abr/16	39.853,00	11.806,00	51.659,00	260	273	245,19	303,15
Média	34.167,67	10.034,00	44.201,67	260	273	221,60	279,67
Total	410.012,00	120.408,00	530.420,00	-	-	-	-

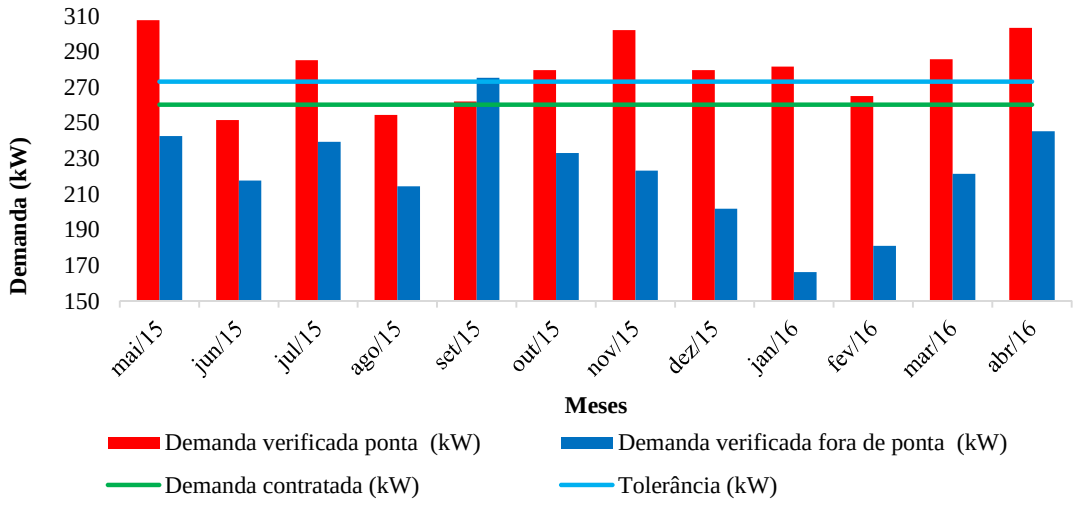
Fonte: Modificado de Energisa (2016)

Figura 6. Histórico de consumo da unidade consumidora analisada no período entre maio de 2015 a abril de 2016.



Fonte: Modificado de Energisa (2016)

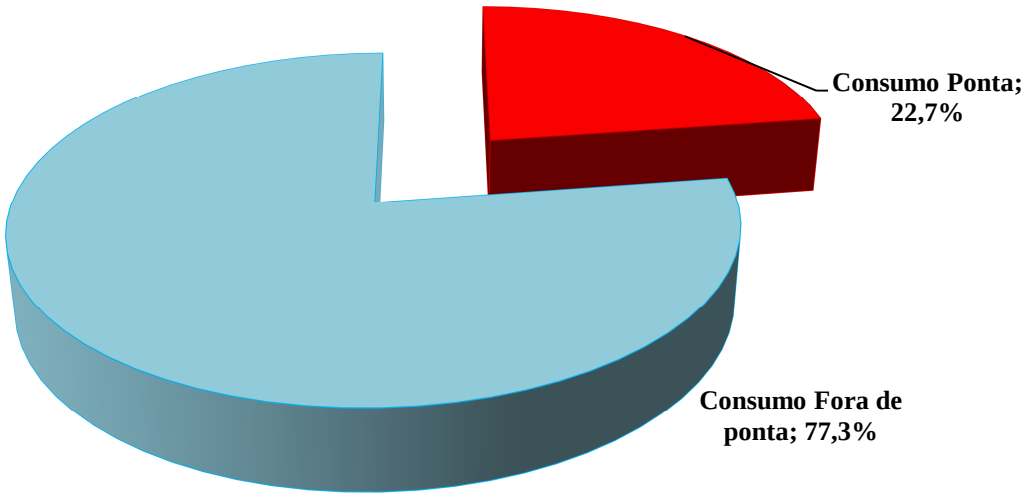
Figura 7. Histórico de demanda da unidade consumidora analisada no período entre maio de 2015 a abril de 2016.



Fonte: Modificado de Energisa (2016)

Na Figura 8 é mostrada a divisão, em porcentagem do consumo de energia elétrica, sendo que 22,7% do total é referente ao consumo no posto tarifário ponta e 77,3% no posto tarifário fora de ponta.

Figura 8. Valor percentual de consumo de energia elétrica no horário de ponta e fora de ponta, para o período analisado entre maio de 2015 a abril de 2016.



Fonte: Modificado de Energisa (2016)

Os gastos da unidade consumidora com energia elétrica para o histórico analisado são mostrados na Tabela 9, estes dados foram obtidos diretamente das faturas de energia elétrica. Sendo que os gastos totais apresentados na 11º coluna não incluem os impostos, já os valores apresentados na 12º coluna incluem os impostos PIS, ICMS e COFINS. O valor de demanda faturada na 5º coluna é referente ao maior valor entre as demandas registradas no horário de ponta ou fora de ponta e a demanda contratada.

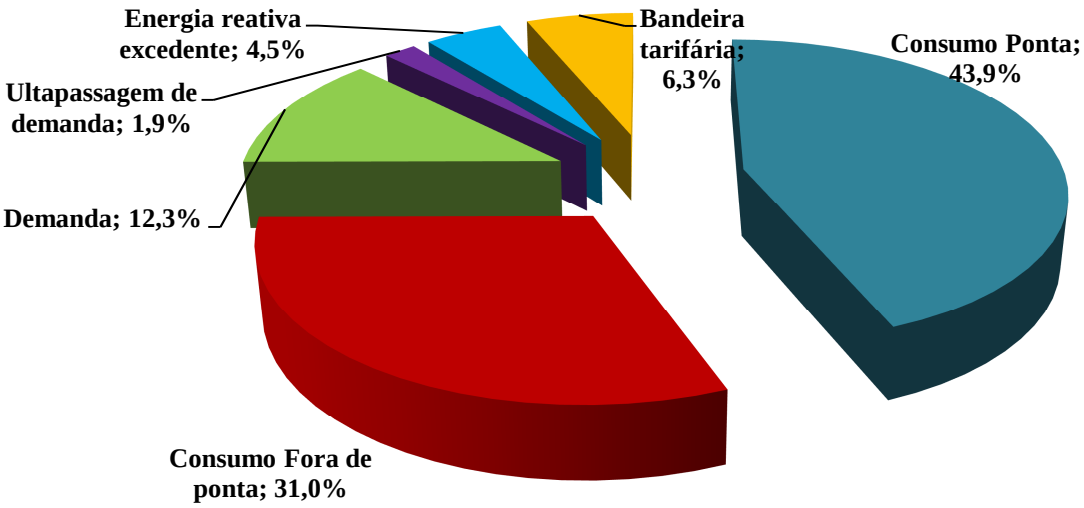
Tabela 9. Histórico de despesas com energia elétrica da unidade consumidora analisada no período entre maio de 2015 a abril de 2016.

Mês	CONSUMO DE ENERGIA ATIVA (R$)			DEMANDA (R$)		CONSUMO DE ENERGIA REATIVA (R$)			Bandeira tarifária (R$)	TOTAL DA ENERGIA (R$)	TOTAL DA CONTA (R$)
	Fora-Ponta	Ponta	Total	Faturada	Ultrapassada	Fora-Ponta	Ponta	Total			
mai/15	8.232,70	14.648,92	22.881,62	4.152,94	1.284,85	1.332,29	105,80	1.438,09	2.193,71	31.951,21	42.383,07
jun/15	7.648,69	13.541,90	21.190,59	3.567,20	-	1.285,06	86,20	1.371,26	2.025,31	28.154,36	37.612,16
jul/15	8.105,32	14.227,71	22.333,03	3.923,64	712,89	1.228,67	89,66	1.318,33	2.141,31	30.429,20	40.819,04
ago/15	7.965,13	14.396,41	22.361,54	3.567,20	-	1.615,18	82,74	1.697,92	2.120,91	29.747,57	36.449,13
set/15	9.623,37	13.724,32	23.347,69	3.775,46	416,53	1.402,81	85,55	1.488,36	2.401,15	31.429,19	38.931,42
out/15	9.973,29	15.122,00	25.095,29	3.834,19	533,98	1.242,28	68,27	1.310,55	2.077,51	32.851,52	42.602,64
nov/15	10.445,25	15.829,75	26.275,00	4.148,92	1.163,45	1.443,86	86,20	1.530,06	2.175,56	35.292,99	46.187,21
dez/15	10.550,54	12.935,65	23.486,19	3.834,19	533,98	1.391,14	92,03	1.483,17	2.097,31	31.434,84	41.044,96
jan/16	10.852,51	10.998,94	21.851,45	3.861,90	589,41	1.335,83	115,80	1.451,63	2.081,65	29.836,04	39.051,45
fev/16	11.254,65	11.584,61	22.839,26	3.633,74	-	1.284,41	81,88	1.366,29	2.141,35	29.980,64	39.221,06
mar/16	10.364,65	11.847,96	22.212,61	3.917,19	699,99	1.189,78	74,53	1.264,31	1.354,77	29.448,87	38.681,35
abr/16	11.310,28	16.193,22	27.503,50	4.159,21	1.184,03	1.280,96	85,98	1.366,94	774,88	34.988,56	40.617,68
Média	9.693,87	13.754,28	23.448,15	3.864,65	791,01	1.336,02	87,89	1.423,91	1.965,45	31.295,42	40.300,10
Total	116.326,38	165.051,39	281.377,77	46.375,78	7.119,11	16.032,27	1.054,64	17.086,91	23.585,42	375.544,99	483.601,17

Fonte: Modificado de Energisa (2016)

Por meio dos dados da Tabela 9 é apresentada na Figura 9 a divisão em porcentagem destas despesas, possibilitando verificar quais as parcelas mais significativas, nas faturas de energia elétrica.

Figura 9. Divisão das despesas (R$) com energia elétrica para o período analisado entre maio de 2015 a abril de 2016.



Fonte: Modificado de Energisa (2016)

O horário de ponta é responsável em média por 43,9% do faturamento total, em contrapartida, de acordo com os dados da Figura 8 o consumo neste horário é de 22,7% do total. Além disto, por conta das ultrapassagens ocorridas no período analisado, a unidade consumidora pagou em média R$ 791,01/mês (valor sem impostos) com ultrapassagens de demanda (1,9% em média do valor total da fatura de energia elétrica), representando R$ 7.119,11/ano (valor sem impostos). Portanto, é necessário que se faça a adequação do contrato de demanda.

Além disto, a empresa gastou em média R$ 1.423,91/mês (valor sem impostos) com cobranças por energia reativa excedente (4,5% da fatura de energia elétrica). Para todo o período analisado o gasto foi de R$ 17.086,91/ano (valor sem impostos). Logo, é fundamental que se faça a correção da energia reativa excedente, a fim de evitar estas cobranças.

Dessa forma, verifica-se de imediato que há potencial de redução das despesas com energia elétrica, por meio da adequação do contrato de demanda e correção da energia reativa excedente.

Nos tópicos seguintes serão realizadas análises dos dados de consumo, demanda dentre outros apresentados neste tópico. Os dados novos obtidos das faturas ou em períodos diferentes ao mostrado também serão apresentados. Faz-se necessário, portanto, apresentar as tarifas de energia elétrica que o clube está submetido. O clube está inserido no subgrupo A4 (2,3 kV a 25 kV), portanto há duas opções de modalidade tarifária, a horária verde e horária azul.

Na Tabela 10 são mostradas as tarifas para a modalidade horária verde e azul de consumo e demanda no horário de ponta e fora de ponta, valores estes vigentes em janeiro de 2017 sem impostos. Sabe-se que alíquota do PIS e COFINS varia mensalmente[6], sendo apenas alíquota do ICMS fixa em 17% para a classe comercial, para o PIS foi considerada uma alíquota de 1,32% e para o COFIS de 6,08% vigentes no mês de janeiro de 2017.

Tabela 10. Tarifas de Energia Elétrica (TE) e Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) para a modalidade horária verde e azul, vigentes em janeiro de 2017 sem impostos para a Energisa.

	Posto tarifário		Verde		Azul	
			TUSD	TE	TUSD	TE
A4 (2,3 a 25 kV)	Consumo (R$/kWh)	Ponta	1.115,99	358,71	76,96	358,71
		Fora de ponta	76,96	229,36	76,96	229,36
	Demanda (R$/kW)	Ponta	14,68	-	42,90	-
		Fora de ponta			14,68	

4.1.2 Análise da demanda contratada

Como pode ser verificado no gráfico da Figura 7 e Tabela 8, a demanda contratada foi ultrapassada em nove meses no período analisado, e como definido no item 2.1, sempre que a demanda medida for superior a tolerância de demanda, haverá multa por ultrapassagem de demanda. Sendo esta multa paga sobre a diferença entre o que foi medido e o que foi contratado multiplicado por duas vezes o valor da tarifa de demanda (ANEEL, 2010).

Foi feito, portanto, um cálculo de otimização de demanda visando encontrar o valor que representaria a menor despesa anual, estes dados são mostrados na Tabela 11. Para o

[6] A alíquota média desses tributos varia de acordo com o volume de créditos apurados mensalmente pelas concessionárias e com o PIS e a COFINS pagos sobre custos e despesas no mesmo período, tais como a energia adquirida para revenda ao consumidor (Energisa, 2017).

cálculo do valor de demanda a ser contratada são atribuídos alguns valores de demanda baseado no histórico da Tabela 8. A partir destes valores é calculado o gasto anual caso o valor de demanda simulada fosse contratado, sendo que o menor gasto acarreta na maior economia e menor preço médio de energia elétrica. Foram atribuídos para a simulação valores de demanda de 260 kW (demanda contratada) a 305 kW, obtendo-se então os valores da despesa anual, economia anual e multa por ultrapassagem de demanda, referente a cada valor de demanda simulado (Tabela 11).

Tabela 11. Simulação de valores de demanda contratada para a unidade consumidora analisada.

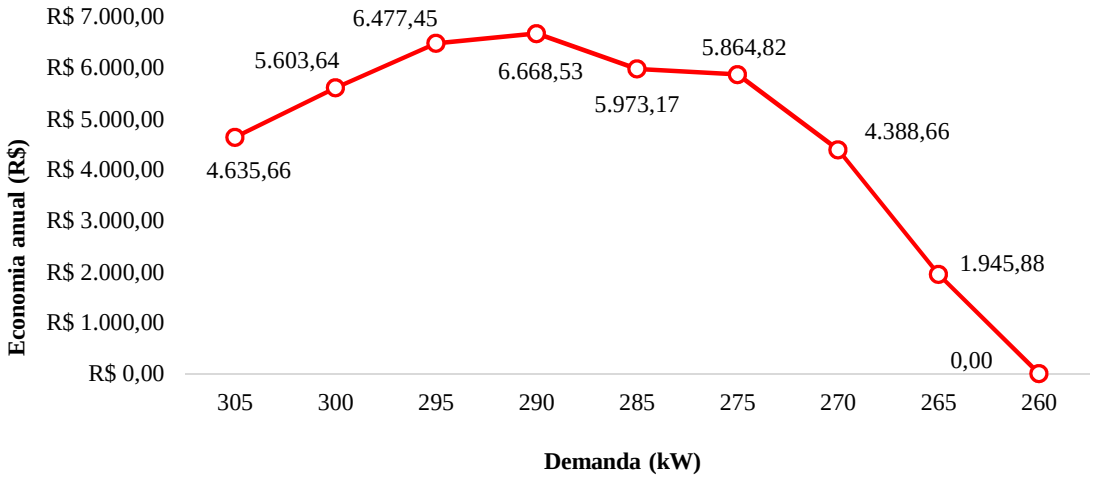
Demanda contratada (kW)	Tolerância de demanda (kW)	Despesa anual (R$)	Economia anual (R$)	Multa anual (R$)
305	320,25	71.119,94	4.635,66	0,00
300	315	70.151,95	5.603,64	0,00
295	309,75	69.278,14	6.477,45	0,00
290	304,5	69.087,07	6.668,53	682,74
285	299,25	69.782,43	5.973,17	2.242,00
275	288,75	69.890,78	5.864,82	2.824,54
270	283,5	71.366,94	4.388,66	3.407,08
265	278,25	73.809,72	1.945,88	7.908,56
260	273	75.755,60	0,00	10.051,53

Fonte: Autor (2016)

Para estes cálculos foi considerado a atual modalidade tarifária verde, que é a modalidade tarifária que a unidade consumidora está enquadrada, em que a tarifa de demanda é de R$ 14,68/kW, conforme apresentado na Tabela 10. Porém foram acrescidos os impostos, portanto a tarifa é de R$ 19,42/kW.

A Figura 10 apresenta os dados de economia obtida com a simulação realizada (4º coluna da Tabela 11), em que é possível observar graficamente que o maior ponto da curva corresponde a demanda que proporcionaria a maior economia, sendo assim sugere-se que esta demanda seja contratada pelo clube, possibilitando assim a redução das multas por ultrapassagem de demanda. Portanto, a demanda contratada de 290 kW é a que representa a maior economia anual, R$ 6.668,53/ano, em relação ao atual contrato de demanda que é de 260 kW.

Figura 10. Economia anual referente aos diferentes valores de demanda simulados, considerando o histórico de demanda do período de maio/2015 a abril/2016.



Fonte: Autor (2016)

O cálculo de otimização da demanda contratada foi realizado com os dados do histórico dos últimos doze meses, e é adequado para o funcionamento da empresa neste período. Entretanto com a inclusão ou retirada de cargas será necessário refazer estes cálculos.

4.1.2.1 Economia com a adequação da demanda

Na Tabela 12 é apresentado o histórico de demanda desde maio de 2015 a junho de 2017. Este histórico foi utilizado para avaliar se houve benefícios econômicos para a empresa após a adequação da demanda, que ocorreu de fato na fatura do mês de outubro de 2016.

Nesta tabela é mostrada a demanda registrada no horário de ponta e fora de ponta, assim como a demanda contratada e a demanda faturada, que é a maior entre a demanda registrada em cada posto tarifário e a demanda contratada.

Observa-se também o aumento da demanda contratada que era de 260 kW para 290 kW no mês de outubro de 2016. Portanto, após a adequação da demanda o período de análise para averiguar se houve economia com o ajuste da demanda foi de nove meses.

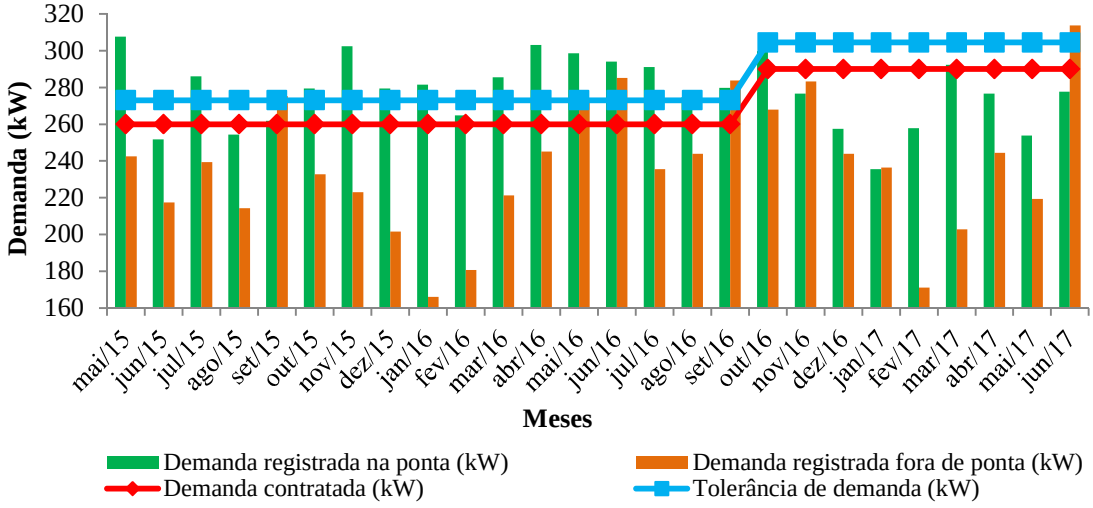
Tabela 12. Histórico de demanda contratada e registrada para o posto tarifário ponta e fora de ponta da unidade consumidora analisada no período entre maio de 2015 a junho de 2017.

Mês	Demanda (kW)				
	Contratada	Tolerância	Registrada		Faturada
			Ponta	Fora de ponta	
mai/15	260	273	307,58	242,49	307,58
jun/15	260	273	251,71	217,44	260
jul/15	260	273	285,98	239,32	285,98
ago/15	260	273	254,3	214,27	260
set/15	260	273	261,82	275,18	275,18
out/15	260	273	279,46	232,84	279,46
nov/15	260	273	302,4	223,02	302,4
dez/15	260	273	279,46	201,6	279,46
jan/16	260	273	281,48	166,06	281,48
fev/16	260	273	264,85	180,68	264,85
mar/16	260	273	285,51	221,25	285,51
abr/16	260	273	303,15	245,19	303,15
mai/16	260	273	298,62	271,65	298,62
jun/16	260	273	294,08	285,26	294,08
jul/16	260	273	291,06	235,62	291,06
ago/16	260	273	274,68	243,93	274,68
set/16	260	273	279,72	283,75	283,75
out/16	290	304,5	299,88	267,87	299,88
nov/16	290	304,5	276,66	283,24	283,24
dez/16	290	304,5	257,54	243,93	290
jan/17	290	304,5	235,62	236,37	290
fev/17	290	304,5	257,79	171,1	290
mar/17	290	304,5	292,32	202,86	292,32
abr/17	290	304,5	276,69	244,44	290
mai/17	290	304,5	253,76	219,42	290
jun/17	290	304,5	277,7	313,74	313,74

Fonte: Modificado de Energisa (2016)

Na Figura 11 são mostrados os valores de demanda registrada no horário de ponta e fora de ponta, contratada e tolerância de demanda para o período entre maio de 2015 a junho de 2017.

Figura 11. Histórico de demanda registrada da unidade consumidora analisada para o período entre maio de 2015 a junho de 2017.



Fonte: Modificado de Energisa (2016)

Após a adequação da demanda observa-se na Figura 11 que ocorreram alguns registros de demanda que ficaram abaixo dos dados utilizados para o cálculo de demanda ótima (Tabela 8), nos meses de novembro e dezembro de 2016 e janeiro e fevereiro de 2017. A consequência direta disto é que a economia inicialmente estimada pode ser menor.

Na Tabela 13 são apresentados os valores de demanda registrada, contratada e faturada, assim como as despesas com a parcela de demanda para o período entre maio de 2016 a junho de 2017, considerando a tarifa de demanda de R$ 19,42/kW. Foi utilizado este período de forma avaliar os últimos doze meses. A economia é a diferença entre a despesa total para a demanda contratada (290 kW) e a despesa total caso a unidade consumidora não tivesse feito a adequação do contrato de demanda, aumentando a demanda de 260 kW para a demanda de 290 kW.

Tabela 13. Histórico de demanda, despesas e economia obtida com a adequação do contrato de demanda da unidade consumidora entre o período de maio de 2016 a junho de 2017.

Mês	Demanda (kW)			Demanda (R$)			
	Contratada	Registrada	Faturada	Faturada	Ultrapassada	Total	Economizada
mai/16	260	298,62	298,62	5.798,60	1.499,85	7.298,45	0,00
jun/16	260	294,08	294,08	5.710,44	1.323,53	7.033,97	0,00
jul/16	260	291,06	291,06	5.651,80	1.206,25	6.858,05	0,00
ago/16	260	274,68	274,68	5.333,73	570,11	5.903,85	0,00
set/16	260	283,75	283,75	5.509,85	922,35	6.432,21	0,00
out/16	290	299,88	299,88	5.823,07	0,00	5.823,07	1.548,78
nov/16	290	283,24	290	5.631,22	0,00	5.631,22	771,28
dez/16	290	257,54	290	5.631,22	0,00	5.631,22	-582,54
jan/17	290	236,37	290	5.631,22	0,00	5.631,22	-582,54
fev/17	290	257,79	290	5.631,22	0,00	5.631,22	-582,54
mar/17	290	292,32	292,32	5.676,27	0,00	5.676,27	1.255,18
abr/17	290	276,69	290	5.631,22	0,00	5.631,22	389,72
mai/17	290	253,76	290	5.631,22	0,00	5.631,22	-582,54
jun/17	290	313,74	313,74	6.092,20	921,97	7.014,17	1.165,08
Média	279,29	279,54	292,01	5.670,23	460,29	6.130,52	311,10
Total	-	-	-	79.383,27	6.444,05	85.827,32	2.799,88

Fonte: Autor (2017)

No período entre outubro de 2016 a junho de 2017 a economia obtida foi de R$ 2.799,88, em média R$ 311,10/mês. Ressalta-se que como apresentado na Figura 11, houve redução da demanda do clube.

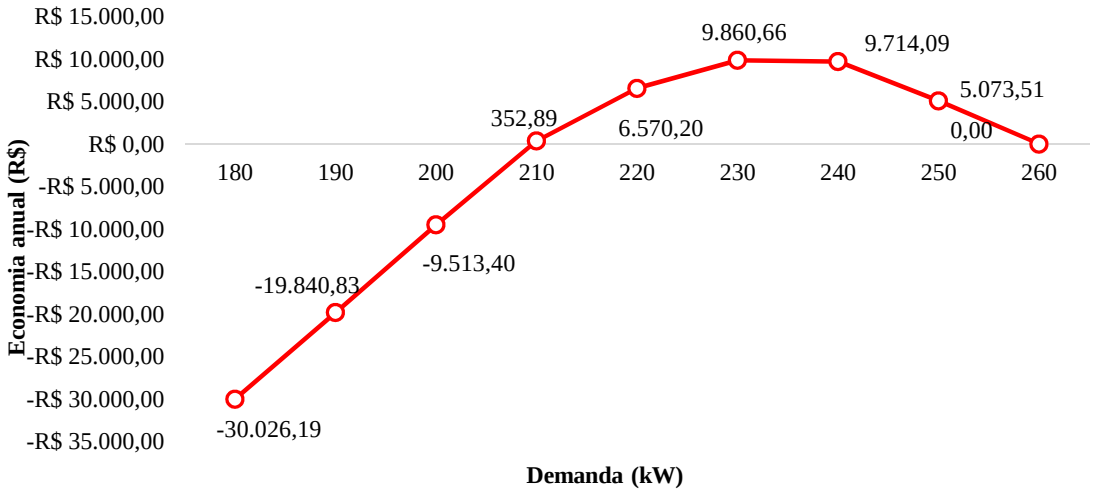
4.1.3 Análise tarifária

O clube está enquadrado na modalidade horária verde, foram feitas duas simulações comparando as despesas totais para atual modalidade e a modalidade horária azul.

Para a análise tarifária foram utilizados os dados de consumo e demanda entre maio de 2015 e abril de 2016 (Tabela 8). As tarifas utilizadas para o cálculo são as apresentadas na Tabela 10, acrescidas dos impostos já mencionados, foi considerando que a bandeira vermelha estava em vigência durante todo o período, esta que em janeiro de 2017 era de R$ 0,04/kWh, e que o contrato de demanda é de 290 kW. Para a modalidade verde a demanda registrada para fins de faturamento é a maior entre as verificadas no posto tarifário ponta e fora de ponta. Entretanto para a modalidade azul é necessário que se estabeleça, um valor de demanda a ser contratado para cada posto tarifário. Portanto, foi calculado o valor de demanda adequado para cada posto tarifário.

Os valores de demanda simulados no tópico 4.1.2 foram os valores de demanda registrada no horário de ponta (8º coluna da Tabela 8) exceto no mês de setembro de 2016, já que a maioria dos registros neste horário foram maiores, ou seja, considerando a modalidade azul, 290 kW deveriam ser contratados no horário de ponta. Foi feita outra simulação levando em consideração os valores de demanda registrados no horário fora de ponta (7º coluna da Tabela 8), esta que é mostrada na Figura 12.

Figura 12. Economia anual referente aos diferentes valores de demanda simulados, considerando o histórico de demanda no horário fora de ponta para o período entre maio/2015 a abril/2016.



Fonte: Autor (2016)

Portanto, de acordo com os dados obtidos a demanda a ser contratada no horário fora de ponta será de 230 kW. Isto porque, este é o valor que proporcionaria a maior economia caso fosse contratada no horário fora de ponta, em relação a demanda de 260 kW.

Sendo assim, na Tabela 14 são mostradas as despesas com energia elétrica para o histórico de consumo de maio de 2015 a abril de 2016 considerando a modalidade tarifária horária verde. São mostrados os valores referentes ao consumo no horário de ponta, fora de ponta, demanda e energia reativa e o valor total da conta em que foram inclusos os impostos.

Tabela 14. Despesa para o histórico de consumo e demanda da empresa para o período entre maio de 2015 e abril de 2016 considerando a modalidade horária verde.

Mês	Consumo de energia ativa (R$)		Demanda (R$)	Demanda ultrapassada (R$)	Bandeira tarifária (R$)	Consumo de energia reativa excedente (R$)	Total com impostos (R$)
	Ponta	Fora de ponta					
mai/15	15.858,92	8.923,71	4.515,27	516,15	1.595,44	1.371,27	43.360,81
jun/15	14.559,71	8.255,63	4.257,20	0,00	1.472,96	1.318,34	39.502,43
jul/15	15.297,06	8.748,50	4.257,20	0,00	1.557,32	1.697,94	41.743,41
ago/15	15.478,45	8.597,18	4.257,20	0,00	1.542,48	1.488,37	41.486,34
set/15	14.755,85	10.387,00	4.257,20	0,00	1.756,60	1.310,56	42.946,05
out/15	16.258,57	10.764,70	4.257,20	0,00	1.846,68	1.530,07	45.842,87
nov/15	17.019,51	11.274,11	4.433,36	0,00	1.933,84	1.483,18	47.809,53
dez/15	13.907,90	11.387,75	4.257,20	0,00	1.864,28	1.451,64	43.477,21
jan/16	11.825,62	11.713,68	4.257,20	0,00	1.850,36	1.366,30	41.022,69
fev/16	12.455,32	12.147,73	4.257,20	0,00	1.924,12	1.264,32	42.392,45
mar/16	12.738,46	11.187,11	4.257,20	0,00	1.806,36	1.366,95	41.476,30
abr/16	17.410,31	12.207,77	4.450,24	0,00	2.066,36	1.373,86	49.614,48
Média	14.797,14	10.466,24	4.309,47	43,01	1.768,07	1.418,57	43.389,55
Total	177.565,68	125.594,88	51.713,68	516,15	21.216,80	17.022,80	520.674,57

Fonte: Autor (2016)

Para ambas as modalidades o valor relativo ao consumo fora de ponta e energia reativa é o mesmo, devendo observar os valores verificados de consumo na ponta e demanda fora de ponta e ponta. Quando se trata da modalidade verde, o consumidor paga apenas por um valor de demanda não importando o posto tarifário, como já mencionado. Porém para a modalidade azul paga-se demanda em ambos os postos

tarifários. A Tabela 15 mostra os gastos com consumo e demanda de energia elétrica no horário de ponta e fora de ponta, energia reativa excedente e bandeira tarifária, além do valor total da fatura de energia elétrica com os impostos, para a modalidade azul.

Tabela 15. Faturamento para o histórico de consumo e demanda da empresa para o período entre maio de 2015 e abril de 2016 considerando a modalidade horária azul.

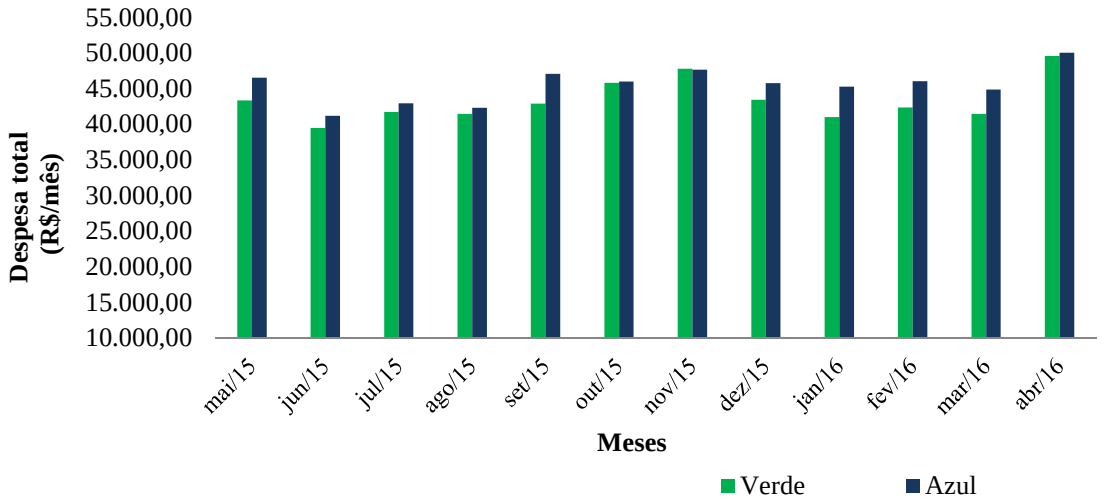
FATURAMENTO (R$)									
Mês	**Consumo (R$)**		**Demanda (R$)**				**Bandeira tarifária**	**Consumo de energia reativa excedente**	**Total com impostos**
	Ponta	**Fora de ponta**	**Ponta**	**Fora de ponta**	**Ultrapassada ponta**	**Ultrapassada fora de ponta**			
mai/15	4.685,52	8.923,71	13.195,18	3.559,75	1.508,36	366,71	1.595,44	1.371,27	46.568,71
jun/15	4.301,67	8.255,63	12.441,00	3.376,40	0,00	0,00	1.472,96	1.318,34	41.224,86
jul/15	4.519,52	8.748,50	12.441,00	3.511,46	0,00	0,00	1.557,32	1.697,94	42.957,31
ago/15	4.573,11	8.597,18	12.441,00	3.376,40	0,00	0,00	1.542,48	1.488,37	42.352,56
set/15	4.359,61	10.387,00	12.441,00	4.039,64	0,00	1.326,48	1.756,60	1.310,56	47.117,60
out/15	4.803,59	10.764,70	12.441,00	3.418,09	0,00	0,00	1.846,68	1.530,07	46.037,21
nov/15	5.028,41	11.274,11	12.955,80	3.376,40	0,00	0,00	1.933,84	1.483,18	47.687,49
dez/15	4.109,09	11.387,75	12.441,00	3.376,40	0,00	0,00	1.864,28	1.451,64	45.807,09
jan/16	3.493,88	11.713,68	12.441,00	3.376,40	0,00	0,00	1.850,36	1.366,30	45.293,14
fev/16	3.679,92	12.147,73	12.441,00	3.376,40	0,00	0,00	1.924,12	1.264,32	46.076,06
mar/16	3.763,58	11.187,11	12.441,00	3.376,40	0,00	0,00	1.806,36	1.366,95	44.896,03
abr/16	5.143,87	12.207,77	13.005,14	3.599,39	0,00	445,98	2.066,36	1.373,86	50.056,04
Média	4.371,81	10.466,24	12.593,76	3.480,26	125,70	178,26	1.768,07	1.418,57	45.506,17
Total	52.461,77	125.594,88	151.125,12	41.763,13	1.508,36	2.139,17	21.216,80	17.022,80	546.074,10

Fonte: Autor (2016)

A despesa total anual com energia elétrica para o enquadramento na modalidade verde seria de R$ 520.674,57. Já na modalidade azul é R$ 546.074,10, uma diferença de R$ 25.399,53.

O gráfico da Figura 13 apresenta uma comparação entre a despesa mensal referente a cada modalidade.

Figura 13. Faturamento mensal para a modalidade horária verde e azul considerando o histórico de consumo e demanda da empresa no período entre maio de 2015 e abril de 2016.

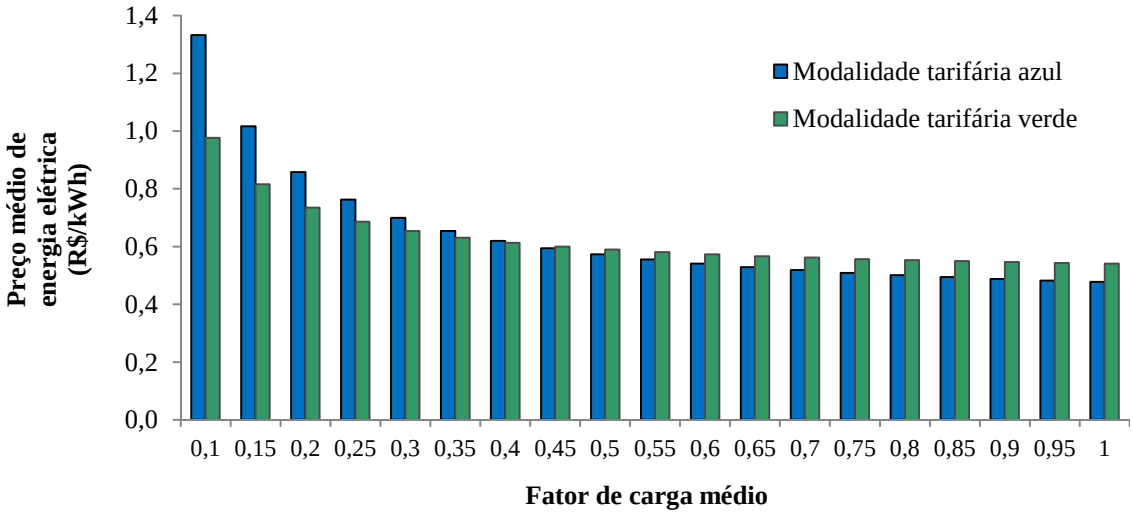


Fonte: Autor (2016)

Portanto, para o atual perfil de consumo e demanda da empresa a modalidade horária verde é a que proporciona maior economia, já que há um aumento de 4,87% na despesa total ao se enquadrar na modalidade azul. O gráfico da Figura 14, mostra a variação do fator de carga com o preço médio para cada modalidade tarifária, este que foi calculado empregando a Equação 7 e as tarifas de energia elétrica apresentadas na Tabela 10.

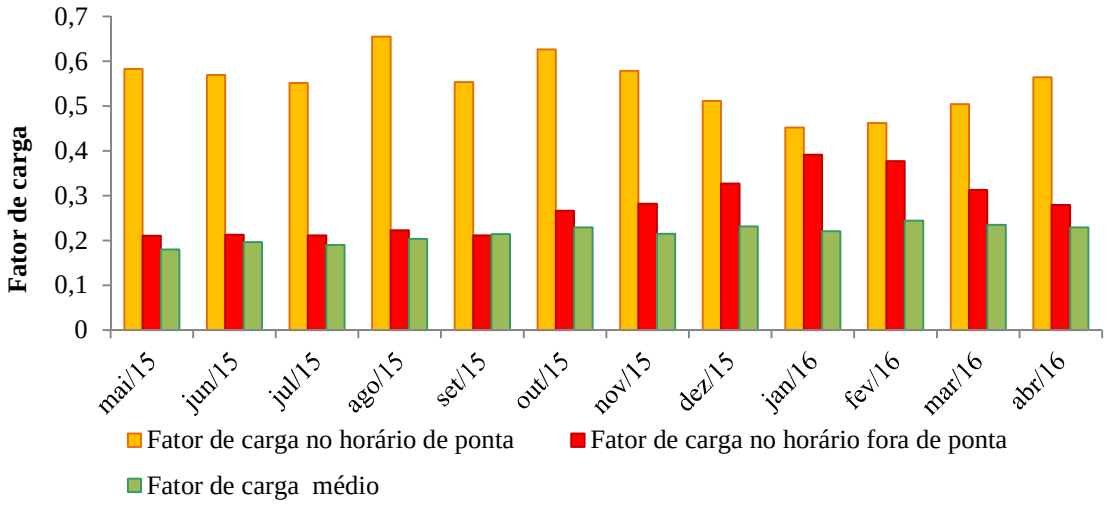
O fator de carga por segmento horário e o fator de carga médio mensal foi calculado por meio da Equação 4. Em que o consumo de energia e demanda por posto tarifário utilizado na Equação 4 foram os da Tabela 8. O número de horas foi variado, já que há uma variação mensal de número de horas no horário de ponta e fora de ponta, a cada mês. Para o fator de carga médio foi utilizado o número de horas totais mensais. Vale ressaltar que o fator de carga médio, não é a média dos fatores para ambos os postos tarifários.

Figura 14. Preço médio de energia elétrica para a modalidade tarifária horária verde e azul em função do fator de carga médio para as tarifas da Energisa – MS vigentes em janeiro de 2017.



Fonte: Autor (2016)

Figura 15. Fator de carga para o horário de ponta, fora de ponta e fator de carga médio no período entre maio de 2015 e abril de 2016 para a unidade consumidora analisada.



Fonte: Autor (2016)

Portanto, analisando o fator de carga médio, apresentado na Figura 15 que é de 0,21 em conjunto com os dados da Figura 14, observa-se que modalidade horária verde é a que apresenta menor preço médio para o atual fator de carga do clube. Para efeitos de comparação cita-se o estudo realizado por PROCEL (2008), em que para instalações de entretenimento o fator de carga médio é de 0,36.

4.1.4 Análise da viabilidade na utilização de geradores a diesel no horário de ponta

A determinação da geração própria, como melhor alternativa para uma condição específica de funcionamento de uma unidade consumidora, passa pela análise econômica da determinação do custo do kWh gerado.

Foram considerados para a determinação do custo do kWh gerado, os dados referentes ao grupo motor gerador da STEMAC. Este grupo consiste em um gerador para funcionamento com potência principal de 400 kVA/320 kW e funcionamento com potência contínua de 364 kVA/233 kW.

De acordo com o fabricante a troca dos filtros (filtro de ar, filtro de óleo lubrificante e filtro d'água) e óleo lubrificante deve ocorrer a cada 250 horas ou seis meses, o que ocorrer primeiro, já que o gerador pode não ser utilizado mais do que 250 horas em um período de seis meses. Considerando que seja feita a manutenção preventiva de troca dos filtros e óleo lubrificante a cada 250 horas, os mesmos serão trocados quatro vezes por ano, já que o grupo gerador será utilizado cerca de 60 horas/mês.

A Tabela 16 apresenta as características operacionais do grupo motor gerador a óleo diesel.

Tabela 16. Informações sobre o grupo motor gerador a óleo diesel.

Potência (Emergência/Principal/Contínua)	320/291/233Kw
Preço do grupo gerador	R$ 165.670,00
Consumo de óleo diesel	84,8 l/h
Consumo de óleo lubrificante	0,125 l/h
Custo do óleo diesel	R$ 3,59/l
Custo do óleo lubrificante[7]	R$ 0,77/h
Custo do óleo diesel	R$ 304,43/h
Custo dos filtros[8]	R$ 3,52/h
Custo de manutenção	R$ 3,33/h
Valor residual (10 anos)	R$ 115.969,00

[7] Valor vigente em junho de 2017. Óleo lubrificante = 9,25 R$/l

[8] Valor vigente em junho de 2017. Custo da troca do elemento filtro igual a R$ 2.536,98/ano para o grupo gerador (filtro separador: R$ 392,53, filtro de ar: R$ 74,84 e filtro de óleo lubrificante: R$ 204,42)

Foi considerado que o desgaste do motor para uma reforma completa se dá em aproximadamente dez anos e corresponde a 30% do custo total do grupo motor-gerador, ou seja, o valor residual do equipamento é de 70% ao final de sua vida útil.

O custo total da implantação do projeto nessas condições é de aproximadamente de R$ 198.804,00 considerando as obras civis, projeto, material e mão de obra para a instalação. A partir do custo total do projeto é possível determinar as parcelas anuais (Equação 4.5 do Anexo 4) para que ao final do décimo ano, seja possível obter o retorno do capital investido. Foi considerada a taxa de 15,38% a.a[9].

Por meio da Equação 4.5 determina-se o Valor Presente (VP) do valor residual relativo ao décimo ano (R$ 27.735,54), sendo que o valor presente do investimento no ano zero é de R$ 198.804,00. Desta forma, o Custo Anual Equivalente (CAE) pode ser calculado utilizando a Equação 4.6, resultando em parcelas anuais uniformes de R$ 34.580,79/ano. Portanto, para a comparação da energia proveniente da geração própria com a fornecida pela concessionária, pode-se considerar o custo anual fixo do gerador como composto de doze pagamentos mensais iguais a R$ 2.881,73 /mês.

Considerando que cada pagamento equivale a compra da potência ativa nominal do grupo, ou seja, 233 kW, determina-se um custo de R$ 12,36/kW mensais para o sistema estudado.

O custo da geração própria de um kWh depende do custo mensal fixo, sendo os gastos por hora do grupo gerador apresentados na Tabela 16, que totalizam R$ 312,06/h. Desta forma, para a potência de 233 kW o valor do kWh é de R$ 1,32, portanto ao comparar os valores de referência da geração própria para a compra do kW e kWh com os valores das tarifas de energia elétrica vigentes no período analisado (Tabela 10) e aplicando alíquota de 17% referente ao ICMS, 6,8% PIS e 1,32% COFINS, é obtido o valor de R$ 1,95/kWh para a tarifa no horário de ponta e R$ 19,41/kW para a tarifa de demanda. Conclui-se que a geração no horário de ponta é mais vantajosa do que o consumo pela concessionária de energia.

Para o cálculo das despesas com o gerador no horário de ponta foi considerado o valor da tarifa de consumo de R$ 1,32/kWh, desconsiderando o valor do investimento. A geração neste horário foi considerada como sendo o consumo no mesmo posto tarifário para o período estudado. A demanda contratada foi a de 290 kW, sendo que é indiferente neste momento

[9] Taxa de juros cartão BNDS em junho de 2017.

para fins de cálculos a contratação da modalidade azul ou verde, já que ambas no horário fora de ponta apresentam o mesmo valor de tarifa.

Sendo assim, na Tabela 17, é apresentada a despesa mensal e total para cada parcela da fatura de energia elétrica, assim como os gasto mensal e total para a despesa com o grupo gerador.

Tabela 17. Despesas para o histórico de consumo e demanda da empresa para o período entre maio de 2015 e abril de 2016 considerando a utilização de um grupo motor-gerador no horário de ponta.

DESPESAS (R$)							
Mês	**Consumo de energia ativa**		**Demanda**	**Demanda ultrapassada**	**Bandeira tarifária**	**Consumo de energia reativa excedente**	**Total com impostos**
	Ponta	**Fora de ponta**					
mai/15	14.249,12	8.923,71	3.559,75	183,35	1.595,44	1.371,27	34.928,39
jun/15	13.081,79	8.255,63	3.376,40	0,00	1.472,96	1.318,34	32.160,26
jul/15	13.744,29	8.748,50	3.511,46	0,00	1.557,32	1.697,94	34.267,06
ago/15	13.907,26	8.597,18	3.376,40	0,00	1.542,48	1.488,37	33.754,39
set/15	13.258,01	10.387,00	4.039,64	663,24	1.756,60	1.310,56	37.275,27
out/15	14.608,19	10.764,70	3.418,09	0,00	1.846,68	1.530,07	37.835,09
nov/15	15.291,90	11.274,11	3.376,40	0,00	1.933,84	1.483,18	39.190,75
dez/15	12.496,13	11.387,75	3.376,40	0,00	1.864,28	1.451,64	36.411,57
jan/16	10.625,22	11.713,68	3.376,40	0,00	1.850,36	1.366,30	34.840,48
fev/16	11.191,00	12.147,73	3.376,40	0,00	1.924,12	1.264,32	35.943,09
mar/16	11.445,40	11.187,11	3.376,40	0,00	1.806,36	1.366,95	34.906,81
abr/16	15.643,02	12.207,77	3.599,39	222,99	2.066,36	1.373,86	41.397,48
Média	13.295,11	10.466,24	3.480,26	89,13	1.768,07	1.418,57	36.075,89
Total	159.541,33	125.594,88	41.763,13	1.069,58	21.216,80	17.022,80	432.910,63

Fonte: Autor (2016)

Conclui-se então que ao utilizar geradores no horário de ponta há uma economia anual de R$ 87.763,94/ano, representando em média R$ 7.313,66/mês, se comparado com o enquadramento na modalidade horária verde, que como definida anteriormente foi a melhor opção tarifária para o perfil de consumo da unidade consumidora.

Para verificar a viabilidade econômica do investimento foram utilizadas as equações do Anexo 4. Empregando-se a taxa de juros de 15,38% a.a, considerando-se 10 anos de vida útil (dados do fornecedor), a economia anual de R$ 87.763,94/ano (diferença entre o faturamento pela concessionária na modalidade verde e emprego do gerador no horário de ponta) e reajuste anual tarifário de 8,7% (NAKABAYASHI, 2015).

Para o investimento de R$ 198.000,00 o Período de Retorno Descontado (*payback* descontado) foi de dois anos e oito meses, e o VPL do projeto é positivo no valor de R$ 392.179,47. Utilizando o *solver* do Excel ao igualar o VPL a zero, e estabelecer que a TIR deve ficar entre o limite inferior negativo (51%) e superior positivo (52%) do VPL (Tabela 18), encontra-se o valor da TIR para as condições estabelecidas que é de 51,4%. Conclui-se então que o investimento é altamente atrativo.

Tabela 18. Cálculo da TIR para o investimento no grupo gerador.

i (%)	FVP (i,e,n)	FVP (e,n)	VPL (R$)
51	2,28	1,93	1.726,19
51,4	2,26	1,91	0,00
52	2,23	1,89	-2.402,60

Fonte: Autor (2017)

Os transformadores estão distribuídos pelo clube, como pode ser observado na Tabela 2, e há um total de quatro transformadores. Tornando difícil e mais custosa a instalação do gerador, já que para suprir o consumo de energia elétrica de todo o clube, o gerador deveria ser instalado na média tensão, aumentando os gastos e a dificuldade do projeto, já que seria necessário outro transformador, cabos, proteções, obras de alvenaria, dentre outros. Uma solução seria a instalação de um gerador em apenas um transformador, escolhendo aquele que alimenta o grupo de cargas responsáveis pelo maior consumo.

4.1.5 Análise da viabilidade na utilização de energia solar fotovoltaica

Para o dimensionamento de um sistema solar fotovoltaico conectado a rede de energia elétrica foi considerado o histórico de consumo de energia elétrica de maio de 2015 a abril de 2016 apresentando na Tabela 8. A geração de energia ocorre no horário fora de ponta, portanto para compensar o consumo no horário de ponta é necessário que se gere mais energia. Já que o saldo excedente no horário fora de ponta para abater no horário de ponta deve ser submetido ao fator de ajuste.

O fator de ajuste é o resultado da divisão do valor da tarifa no horário fora de ponta pelo horário de ponta, este fator é multiplicado pelo crédito excedente fora de ponta, obtendo-se assim o crédito que pode ser compensando na ponta (ANEEL, 2016). Para o caso em questão considerando as tarifas expostas na Tabela 10 seria necessário gerar 5 vezes mais fora de ponta, para compensar no horário de ponta.

Sendo assim, para o dimensionamento será considerada apenas a energia consumida no horário fora de ponta, está que é em média 34.167,67 kWh/mês (Tabela 8). Para o dimensionamento do sistema solar fotovoltaico foram utilizadas as equações apresentadas no Anexo 2.

Sendo que os dados de ganho por radiação solar em kWh/m²/dia para Dourados – MS foram obtidos no site do Centro para Referência para Energia Solar e Eólica (CRESESB) que é em média 4,9 kWh/m²/dia, o rendimento do sistema foi considerado em 90% e a placa de 325 W. Portanto o sistema dimensionado foi de 253,5 kWp.

A Tabela 19 mostra a energia gerada (coluna 5) e a energia consumida tanto no horário de ponta quanto fora de ponta (coluna 6), e por último mostra a diferença entre o que foi gerado e consumido. Já que o sistema foi dimensionado apenas para atender o consumo no horário fora de ponta.

Tabela 19. Geração solar fotovoltaica, consumo de energia elétrica e diferença entre a geração e o consumo da unidade consumidora.

Mês	Dias	Consumo diário (kWh/dia)	Potência instalada (kW)	Geração (kWh/mês)	Consumo (kWh/mês)	Diferença (kWh/mês)
mai/15	31	939,74	253,50	30.412,40	39.886,00	-9.473,61
jun/15	30	898,37	253,50	22.792,19	36.824,00	-14.031,82
jul/15	31	921,29	253,50	29.280,77	38.933,00	-9.652,23
ago/15	31	905,35	253,50	31.402,57	38.562,00	-7.159,43
set/15	30	1.130,30	253,50	31.005,59	43.915,00	-12.909,42
out/15	31	1.133,61	253,50	38.687,40	46.167,00	-7.479,60
nov/15	30	1.226,83	253,50	41.067,00	48.346,00	-7.279,00
dez/15	31	1.199,23	253,50	38.121,58	46.607,00	-8.485,42
jan/16	31	1.233,55	253,50	41.870,09	46.259,00	-4.388,91
fev/16	28	1.416,32	253,50	34.432,40	48.103,00	-13.670,60
mar/16	31	1.178,10	253,50	36.707,05	45.159,00	-8.451,95
abr/16	30	1.328,43	253,50	34.633,17	51.659,00	-17.025,83
Média	30	1.125,93	253,50	34.201,00	44.201,7	-10.000,7
Soma	-	-	-	410.412,2	530.420,0	-120.007,8

Fonte: Autor (2016)

A Tabela 20 mostra uma comparação entre os gastos com energia elétrica consumindo apenas a energia da concessionária (apenas consumo de energia elétrica ponta e fora de ponta e demanda), valores estes em que já estão inclusos os impostos (coluna 2), com a despesa total caso o consumidor gere sua própria energia (coluna 6).

Tabela 20. Comparação entre as despesas totais considerando o consumo exclusivo pela concessionária com a geração própria para compensar o consumo de energia apenas no horário fora de ponta.

Mês		Geração própria				
	Concessionária (R$/mês)	Energia gerada (R$/mês)	Energia comprada na ponta (R$/mês)	Demanda (R$/mês)	Total da fatura (R$/mês)	Redução (%)
mai/15	37.979,28	12.322,65	20.977,41	5.972,59	26.997,82	28,91%
jun/15	34.436,23	9.235,06	19.258,88	5.631,22	24.933,86	27,59%
jul/15	36.063,50	11.864,13	20.234,21	5.631,22	25.909,19	28,16%
ago/15	36.103,27	12.723,85	20.474,14	5.631,22	26.149,12	27,57%
set/15	37.514,94	12.563,00	19.518,32	5.631,22	25.190,71	32,85%
out/15	40.002,26	15.675,56	21.506,04	5.631,22	27.181,02	32,05%
nov/15	41.858,78	16.639,74	22.512,58	5.864,23	28.424,64	32,09%
dez/15	37.717,05	15.446,30	18.396,69	5.631,22	24.075,72	36,17%
jan/16	35.393,84	16.965,14	15.642,35	5.631,22	21.321,39	39,76%
fev/16	36.800,91	13.951,50	16.475,29	5.631,22	22.154,32	39,80%
mar/16	35.904,78	14.873,15	16.849,81	5.631,22	22.528,85	37,25%
abr/16	43.627,60	14.032,85	23.029,51	5.886,56	28.952,62	33,64%
Média	37.783,54	13.857,74	19.572,94	5.700,36	25.318,27	32,99%
Total	453.402,44	166.292,94	234.875,23	68.404,33	303.819,26	32,99%

Fonte: Autor (2016)

Há uma redução de 32,99% das despesas com a fatura de energia elétrica. Isto porque a unidade consumidora continua pagando pela energia no horário de ponta (coluna 4) e também pela demanda (coluna 5).

Para o investimento de R$ 918.000,00, taxa de juros de 15,38% a.a e economia média de 149.583,18 o Período de Retorno Descontado (*payback* descontado) foi de oito anos e dez meses, e o VPL do projeto é positivo no valor de R$ 817.093,90. Utilizando o *solver* do Excel ao igualar o VPL a zero, e estabelecer que a TIR deve ficar entre o limite inferior negativo

(25%) e superior positivo (24%) do VPL (Tabela 21), encontra-se o valor da TIR para as condições estabelecidas que é de 24,44%. Portanto, observa-se que o investimento é atrativo.

Tabela 21. Cálculo da TIR para o investimento no grupo gerador.

i (%)	FVP (i,e,n)	FVP (e,n)	VPL (R$)
24,00	6,29	4,15	23.327,60
24,44	6,14	4,07	- 0,00
25,00	5,95	3,98	- 28.216,87

Fonte: Autor (2017)

4.1.6 Verificação da viabilidade na migração para o mercado livre de energia elétrica

O mercado livre é um ambiente competitivo de negociação de energia elétrica em que os participantes podem negociar livremente todas as condições comerciais, como fornecedor, preço, quantidade de energia contratada, período de suprimento, pagamento, entre outras condições. Para verificar a viabilidade da migração do clube para o ACL é necessário primeiramente verificar os contratos de fornecimento de energia elétrica com a concessionária local. Isto porque, para que não sejam cobradas multas por rescisão contratual, pode-se fazer a denúncia deste contrato em até seis meses antes da sua renovação.

Para a análise de viabilidade da migração para o mercado livre foi utilizado o histórico de consumo de energia elétrica apresentado na Tabela 8. O primeiro passo para avaliar a viabilidade é verificar as tarifas vigentes em cada mercado, cativo e livre (as tarifas para o mercado cativo já foram apresentadas na Tabela 10).

A tarifa para o consumidor cativo é composta pela TUSD e pela TE. Esses valores para os consumidores da Energisa no Mato Grosso do Sul, aparecem somados na fatura de energia elétrica. Então, um consumidor enquadrado na modalidade horária verde, como é o caso do clube, pagaria R$ 1.474,70/MWh pelo consumo na ponta, R$ 306,32/MWh no horário fora de ponta e R$ 14,68/kW referente ao contrato de demanda, valores sem impostos.

No mercado livre o consumidor continua pagando pela TUSD, assegurando assim, que os prestadores de serviço tenham receita suficiente para cobrir custos operacionais e remunerar os investimentos necessários para expansão e garantia da qualidade do produto, que é a energia elétrica. Portanto, o consumidor após a migração continua pagando pela

“tarifa de uso do fio”. A parcela TE (custo de aquisição de energia elétrica) passa a ser livremente negociada, sendo esta a principal característica desta forma de contratação.

O indicativo de preço de energia elétrica para abril/2017, 2018 e 2019 considerando energia 100% incentivada, é de R$ 278/MWh, R$ 272/MWh e R$ 250/MWh, respectivamente. Somando o valor da tarifa TUSD com o preço da energia para 2017, 2018 e 2019 são obtidos os seguintes preços R$ 354,96/MWh, R$ 348,96 MWh e R$ 329,96/MWh respectivamente. O valor da TUSD para energia 100% incentivada no horário de ponta é o mesmo que no horário fora de ponta. Para a energia 100% incentivada, há o desconto de 100% na TUSD de demanda, ou seja, o consumidor não pagará na fatura de energia emitida pela concessionária esta parcela.

Para efeitos de comparação, é apresentado na Tabela 22 os valores mencionados apenas para o ano de 2017. Vale ressaltar que em ambos os casos os preços são ajustados anualmente. Os valores apresentados nessa tabela foram utilizados para os cálculos de despesa e economia, mostrados adiante.

Tabela 22. Preços praticados no mercado cativo e mercado livre vigentes em abril de 2017, sem impostos[10].

			Modalidade horária verde			**Energia 100% incentivada**		
	Posto tarifário		Tarifa de uso do sistema de distribuição	Tarifa de energia	Tarifa final	Tarifa de uso do sistema de distribuição	Preço da energia	Tarifa final
A4 (2,3 a 25 kV)	Consumo (R$/kWh)	Ponta	1.115,99	358,71	1.474,70	76,96	278,00	354,96
		Fora de ponta	76,96	229,36	306,32	76,96	278,00	354,96
	Demanda (R$/kW)		14,68	-	14,68	-	-	-

A unidade consumidora em questão não possui contrato de demanda igual ou superior a 500 kW, logo o contrato de demanda será majorado, de forma que na migração, a demanda

[10] Para a TUSD e Tarifa de energia aplicam-se os impostos PIS, COFINS e ICMS, já para a energia negociada no ACL os impostos PIS e COFINS já estão inclusos, portanto, é necessário adicionar apenas a alíquota referente ao ICMS.

seja igual a 500 kW. Pois esta é uma condição para que o consumidor possa migrar para o ACL. Tornando-se um consumidor especial, apto a comprar energia de fontes incentivadas.

Vale lembrar que esta é uma prática permitida e que torna a unidade consumidora elegível ao mercado livre. Entretanto, isso deve ser previamente analisado uma vez que o sistema elétrico da concessionária poderá não comportar tal aumento. Necessitando de melhoria de rede, esta que pode ter ou não participação financeira do cliente.

Para a energia 100% incentivada, não haverá impactos na economia já que não se paga pela TUSD de demanda. Porém, para a energia 50% incentivada o consumidor paga metade da TUSD de demanda, logo esse aumento no contrato implica em redução de economia, já que no mercado cativo o contrato de demanda ideal para unidade consumidora analisada é inferior a 500 kW.

Levando estas premissas em consideração, foi calculada a despesa e a economia obtida com a migração para o mercado livre. O histórico de consumo para a análise foi o de maio de 2015 a abril de 2016, a demanda contratada de 500 kW, e os preços de energia utilizados, foram os da Tabela 22. O resultado obtido é apresentado na Tabela 23.

Tabela 23. Despesas mensais no ACL referente a compra de energia 100% incentivada com os impostos.

DESPESAS (R$)						
Mês	**Consumo de energia ativa**		**Demanda**	**Bandeira tarifária**	**Consumo de energia reativa**	**Total**
	Ponta	**Fora de ponta**				
mai/15	4.810,49	13.031,35	0,00	0,00	1.762,29	19.604,12
jun/15	4.416,40	12.055,74	0,00	0,00	1.699,81	18.171,95
jul/15	4.640,06	12.775,48	0,00	0,00	1.625,22	19.040,76
ago/15	4.695,08	12.554,50	0,00	0,00	2.136,48	19.386,06
set/15	4.475,89	15.168,20	0,00	0,00	1.855,57	21.499,66
out/15	4.931,71	15.719,74	0,00	0,00	1.643,23	22.294,68
nov/15	5.162,53	16.463,64	0,00	0,00	1.909,87	23.536,03
dez/15	4.218,68	16.629,59	0,00	0,00	1.840,13	22.688,41
jan/16	3.587,06	17.105,54	0,00	0,00	1.766,97	22.459,58
fev/16	3.778,07	17.739,40	0,00	0,00	1.698,96	23.216,42
mar/16	3.863,96	16.336,60	0,00	0,00	1.573,78	21.774,34
abr/16	5.281,07	17.827,07	0,00	0,00	1.694,39	24.802,53
Média	4.488,42	15.283,90	0,00	0,00	1.767,23	21.539,55
Total	53.860,99	183.406,86	0,00	0,00	21.206,71	258.474,56

Fonte: Autor (2016)

Os valores mostrados na Tabela 23 são uma estimativa do que a unidade consumidora pagaria caso migrasse para o mercado livre. Os contratos no ACL são feitos em MWm, que é a razão entre a energia em MWh pela quantidade de horas. Um contrato em que é permitido a flexibilidade, por exemplo, de 10% a mais ou a menos da quantidade de MWm contratado, oferece maior segurança para o consumidor. Porém, caso o consumidor fique subcontratado, terá que comprar energia do mercado de curto prazo, que pode ou não ter valor superior ao valor da energia comprada, o oposto também ocorre, caso o consumidor tenha sobra de energia, pode também vender esta energia.

Diversas são as análises que envolvem o mercado livre, a intenção aqui foi apenas estimar a viabilidade em uma situação.

Na Tabela 23 é interessante ressaltar que mesmo no ACL o consumidor ainda paga pelo consumo de energia reativa excedente, e que no horário fora de ponta a despesa média é de R$ 15.283,90/mês, e no ambiente regulado é de R$ 13.844,23 (valor apresentado na Tabela 14 acrescido dos impostos). Entretanto, mesmo assim há uma economia significativa, já que não há o pagamento da TUSD de demanda que de acordo com a Tabela 14 é de R$ 68.087,07/ano (valor apresentado na Tabela 13, acrescido dos impostos).

Desta forma, haveria uma economia de R$ 214.200,01/ano caso a unidade consumidora optasse pela migração. A economia foi obtida pela diferença entre o valor total da Tabela 14 e o valor total da Tabela 23, considerando ainda, para o cálculo da economia, um contrato de gestão com uma empresa que o auxilie no momento da migração e também pós-migração[11]. Neste contexto, há uma economia de 41,13% com as despesas com energia elétrica.

O investimento inicial seria entre R$ 30.000,00 a R$ 35.000,00, que deve ser feito para realizar a adequação do Sistema de Medição e Faturamento (SMF). Além deste, há o custo da gestão que é de aproximadamente R$ 3.500,00, sendo contabilizado no cálculo da economia. Considerando o investimento de R$ 35.000,00 para a adequação SMF, o tempo de retorno simples seria de dois meses.

[11] Diversos são os procedimentos necessários para a migração, então é importante que se tenha o auxílio de uma empresa que possua experiência neste processo, de forma a não gerar atrasos e prejuízos. Há no mercado diversas empresas que atuam fazendo a gestão de consumidores livres, portanto cabe a cada unidade consumidora identificar qual se alia melhor ao seu perfil.

4.1.7 Energia reativa excedente

Os dados da Tabela 24 mostram o consumo de energia reativa excedente e o fator de potência da unidade consumidora estudada, entre maio de 2015 e abril de 2016. No tópico 2.4 foi mencionado que fator potência de uma unidade consumidora deve ser igual ou superior ao fator de potência de referência (0,92), caso este seja inferior, o consumidor será multado pelo excesso de energia reativa em suas instalações.

Tabela 24. Consumo de energia reativa excedente e fator de potência do clube para o período entre maio de 2015 e abril de 2016.

MÊS	**Consumo de energia reativa excedente (kVArh)**		**Fator de potência**
	Ponta	**Fora de ponta**	
mai/15	495,00	6.233,00	0,79
jun/15	399,00	5.948,00	0,79
jul/15	415,00	5.687,00	0,78
ago/15	383,00	7.476,00	0,80
set/15	396,00	6.493,00	0,76
out/15	316,00	5.750,00	0,80
nov/15	399,00	6.683,00	0,81
dez/15	426,00	6.439,00	0,80
jan/16	536,00	6.183,00	0,80
fev/16	379,00	5.945,00	0,80
mar/16	345,00	5.507,00	0,81
abr/16	398,00	5.929,00	0,81
Média	407,25	6.189,42	0,80
Total	4.887,00	74.273,00	-

Fonte: Modificado de Energisa (2016)

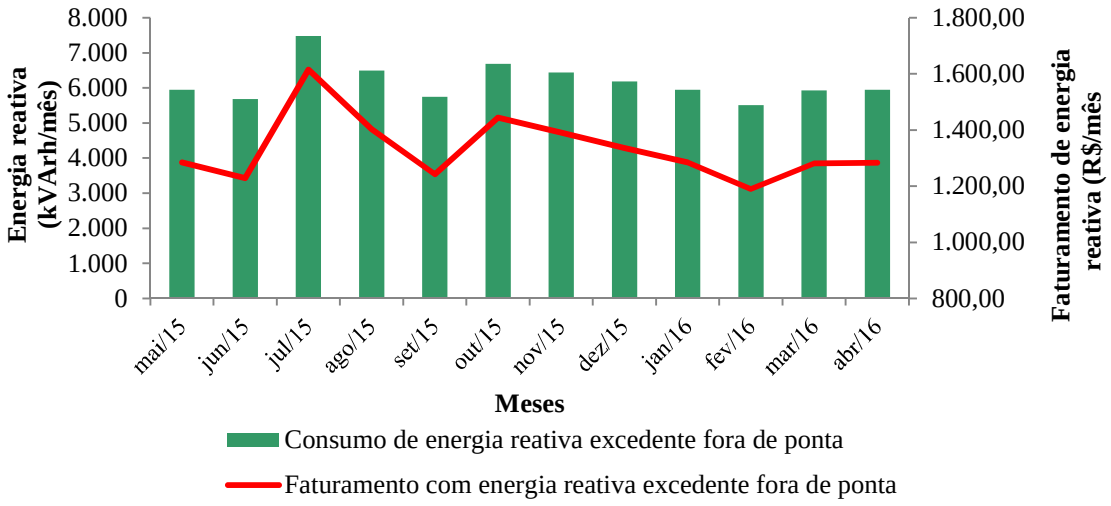
Para o período analisado o fator de potência esteve abaixo da referência (0,92). Sendo ao todo gastos R$ 22.268,79/ano com cobranças por energia reativa excedente, computados os impostos, cobrados na fatura de energia.

Os valores mais representativos de consumo de energia reativa excedente estão no horário fora de ponta. Estes valores são exibidos no gráfico da Figura 16, em que é mostrada a cobrança por consumo de energia reativa excedente.

No gráfico da Figura 16 verifica-se a maior ocorrência de excedente reativo nos meses de julho, agosto e outubro de 2015, e consequentemente maior cobrança por este excedente.

É necessário, portanto, realizar a correção do fator de potência, o que pode ser feito por meio da instalação de um banco de capacitores. Através das vistorias realizadas, foi observado que todos os transformadores possuem quadros para a instalação de capacitores. Porém, nos três quadros em que se teve acesso, ou os capacitores estavam queimados, ou não haviam capacitores instalados.

Figura 16. Consumo e despesa com energia reativa excedente fora de ponta para o período entre maio de 2015 e abril de 2016.



Fonte: Modificado de Energisa (2016)

Para o dimensionamento do banco de capacitores faz-se o uso das memórias de massa da unidade consumidora, que mostram os registros de uma em uma hora da energia ativa e reativa medidas. Para esta análise, foi utilizada a memória de massa referente ao mês de outubro de 2015, mês este em que houve o segundo maior registro de energia reativa excedente.

Foi seguida a metodologia de cálculo apresentada no item 2.4. Para a correção do fator de potência foi necessária uma potência capacitiva de aproximadamente 45 kVAr. Como há na unidade consumidora três transformadores de 112,5 kVA e um de 225 kVA, esta potência foi dividida entre os quatro transformadores.

Para a montagem dos quatro bancos de capacitores o valor gasto com material foi de R$ 4.624,80 e instalação de R$ 2.679,50, totalizando R$ 7.304,30.

O período de retorno simples é de quatro meses, considerando o investimento de R$ 7.304,30 e economia de R$ 22.268,79/ano que seriam anuladas com a instalação dos capacitores. Os bancos de capacitores foram instalados em setembro de 2016, e a partir da fatura de outubro de 2016 já foram verificadas reduções no consumo de energia reativa excedente, assim como as cobranças a economia obtida será apresentada no tópico 4.1.7.1.

4.1.7.1 Economia com a instalação dos bancos de capacitores

Foi feita a instalação de 45 kVAr de potência capacitiva nas instalações do clube. Na Tabela 25 é mostrado todo o histórico de fator de potência, o consumo e as multas por consumo de energia reativa excedente, desde maio de 2015 a junho de 2017.

Tabela 25. Consumo e cobranças por consumo de energia reativa excedente e fator de potência do clube para o período entre maio de 2015 e junho de 2017 com impostos.

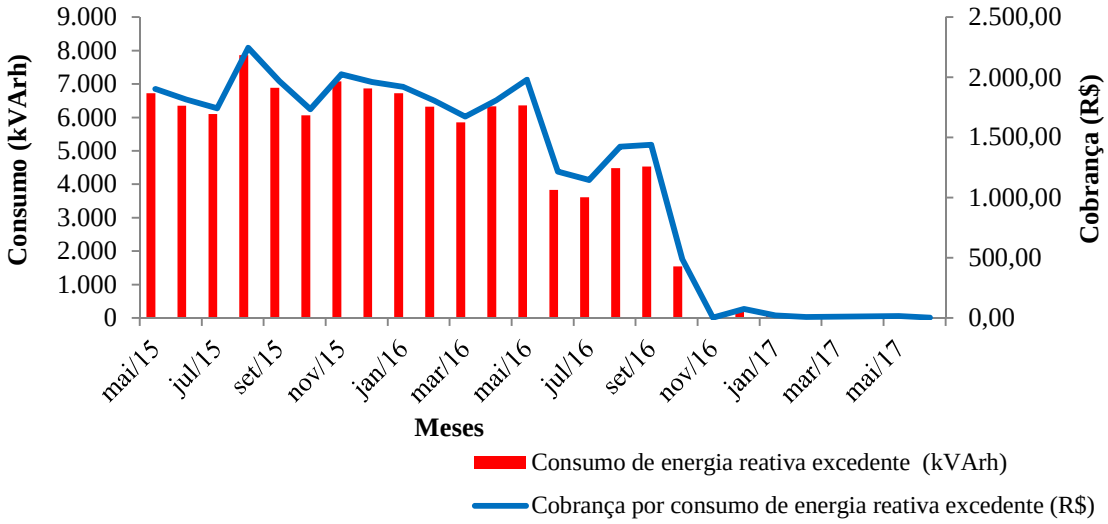
MÊS	Consumo de energia reativa excedente (kVArh)			Fator de potência	Cobranças por consumo de energia reativa excedente (R$)		
	Ponta	Fora de ponta	Total		Ponta	Fora de Ponta	Total
mai/15	495,00	6.233,00	6.728,00	0,79	139,95	1.762,29	1.902,24
jun/15	399,00	5.948,00	6.347,00	0,79	114,02	1.699,81	1.813,84
jul/15	415,00	5.687,00	6.102,00	0,78	118,60	1.625,22	1.743,82
ago/15	383,00	7.476,00	7.859,00	0,8	109,44	2.136,48	2.245,93
set/15	396,00	6.493,00	6.889,00	0,76	113,16	1.855,57	1.968,73
out/15	316,00	5.750,00	6.066,00	0,8	90,30	1.643,23	1.733,53
nov/15	399,00	6.683,00	7.082,00	0,81	114,02	1.909,87	2.023,89
dez/15	426,00	6.439,00	6.865,00	0,8	121,73	1.840,13	1.961,87
jan/16	536,00	6.183,00	6.719,00	0,8	153,17	1.766,97	1.920,15
fev/16	379,00	5.945,00	6.324,00	0,8	108,31	1.698,96	1.807,26
mar/16	345,00	5.507,00	5.852,00	0,81	98,58	1.573,78	1.672,37
abr/16	398,00	5.929,00	6.327,00	0,81	113,73	1.694,39	1.808,12
mai/16	416,00	5.943,00	6.359,00	0,82	129,48	1.849,88	1.979,37
jun/16	172,00	3.659,00	3.831,00	0,85	54,63	1.162,26	1.216,89
jul/16	195,00	3.417,00	3.612,00	0,85	61,93	1.085,38	1.147,31
ago/16	181,00	4.301,00	4.482,00	0,84	57,49	1.366,19	1.423,68
set/16	237,00	4.293,00	4.530,00	0,84	75,28	1.363,65	1.438,93
out/16	39,00	1.500,00	1.539,00	0,89	12,38	476,47	488,85
nov/16	0,00	9,00	9,00	0,92	0,00	2,86	2,86
dez/16	0,00	230,00	230,00	0,92	0,00	73,06	73,06
jan/17	0,00	63,00	63,00	0,92	0,00	20,00	20,00
fev/17	0,00	22,00	22,00	0,92	0,00	6,98	6,98
mar/17	0,00	34,00	34,00	0,92	0,00	10,79	10,79
abr/17	0,00	44,00	44,00	0,92	0,00	13,84	13,84
mai/17	0,00	66,00	66,00	0,92	0,00	15,37	15,37
jun/17	0,00	5,00	5,00	0,92	0,00	1,60	1,60

Fonte: Modificado de Energisa (2016)

Por meio da Figura 17, conclui-se que o banco de capacitor dimensionado supriu a necessidade energia reativa excedente da unidade consumidora, corrigindo o fator de potência.

Observa-se o aumento do fator de potência que era em média de 0,8 (Tabela 25) e após a instalação, passou a ser de 0,92. As multas entre maio de 2015 e abril de 2016 eram em média de R$ 1.883,48/mês (com impostos), passaram a ser de R$ 18,06/mês, esta é a média dos meses entre novembro de 2016 e junho de 2017, já que a fatura de outubro de 2017 contabilizou parte do mês de setembro e os capacitores foram instalados neste mês, não sendo informado exatamente o dia em que foi instalado.

Figura 17. Consumo e cobranças por energia reativa excedente para o período entre maio de 2015 e junho de 2017.



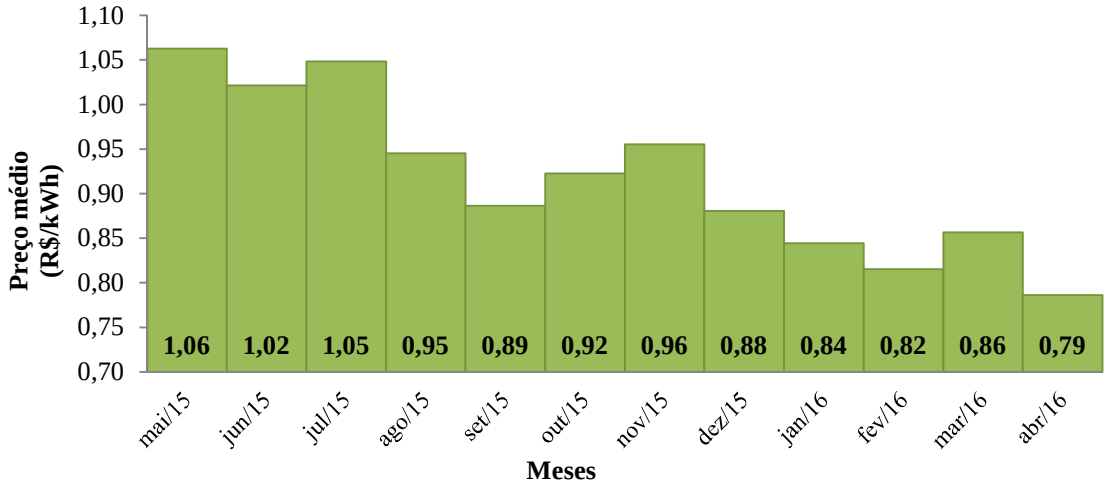
Fonte: Modificado de Energisa (2016)

4.1.8 Indicadores de eficiência energética

Por meio dos dados de consumo (Tabela 8) e dados de despesas com energia elétrica (Tabela 9), foram obtidos os indicadores do preço médio de energia elétrica, do consumo e do custo específico de energia elétrica, que são apresentados na Figura 18 e 19.

Para o cálculo do preço médio foi utilizada a Equação 5, e para o cálculo do consumo e custo específico de energia elétrica as Equações 8 e 9 respectivamente, sendo que o número de sócios considerados para o cálculo é de 2.018 (outubro de 2016).

Figura 18. Preço médio de energia elétrica da unidade consumidora analisada no período entre maio de 2015 a abril de 2016.



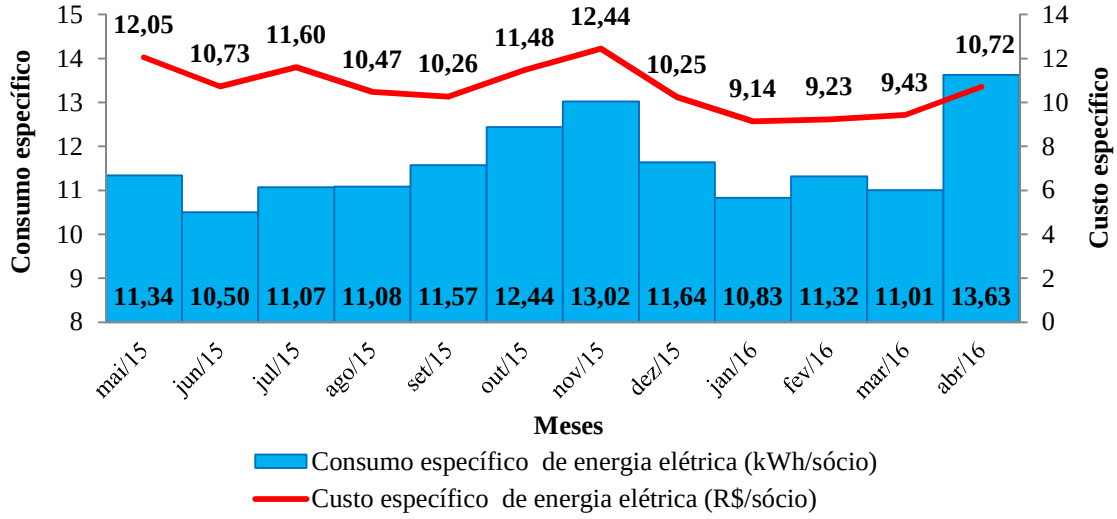
Fonte: Modificado de Energisa (2016)

O gráfico da Figura 18 mostra o preço médio de energia elétrica. Nota-se que a cada mês este valor varia, pois como mencionado, o preço médio depende da forma como a energia elétrica é utilizada. A média do preço médio para o período estudado é de R$ 0,918/kWh. No mês de maio, o preço médio foi maior (R$ 1,05/kWh), por conta da ultrapassagem de demanda ocorrida, aumentando então o preço médio. Além disto, houve também cobrança por excesso de energia reativa.

Conclui-se então que, uma alternativa para reduzir o preço médio de energia é ajustar o contrato de demanda e eliminar as cobranças por energia reativa excedente.

Os dados apresentados na Figura 19 indicam que em média cada sócio consome 11,61 kWh/mês de energia elétrica. Considerando-se a média dos preços médios do período entre maio de 2015 a abril de 2016, o custo específico de energia elétrica é de R$ 10,67/mês por sócio.

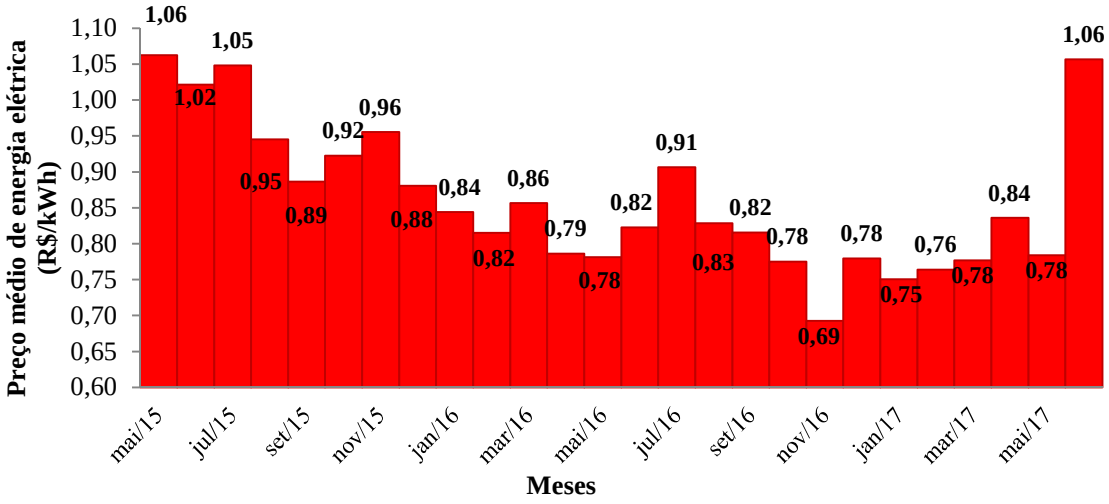
Figura 19. Consumo específico e custo específico de energia elétrica da unidade consumidora analisada no período entre maio de 2015 a abril de 2016.



Fonte: Modificado de Energisa (2016)

Por fim, é mostrada na Figura 20 a evolução do preço médio de maio de 2015 a junho de 2017.

Figura 20. Preço médio de energia elétrica da unidade consumidora, analisada no período entre maio de 2015 a junho de 2017.



Fonte: Modificado de Energisa (2016)

Observa-se que após a adequação de demanda, ocorrida na fatura de outubro de 2016 e instalação de banco de capacitores, em setembro de 2016, houve uma redução do preço médio de energia elétrica, exceto em junho de 2017 em que foi registrada uma ultrapassagem de

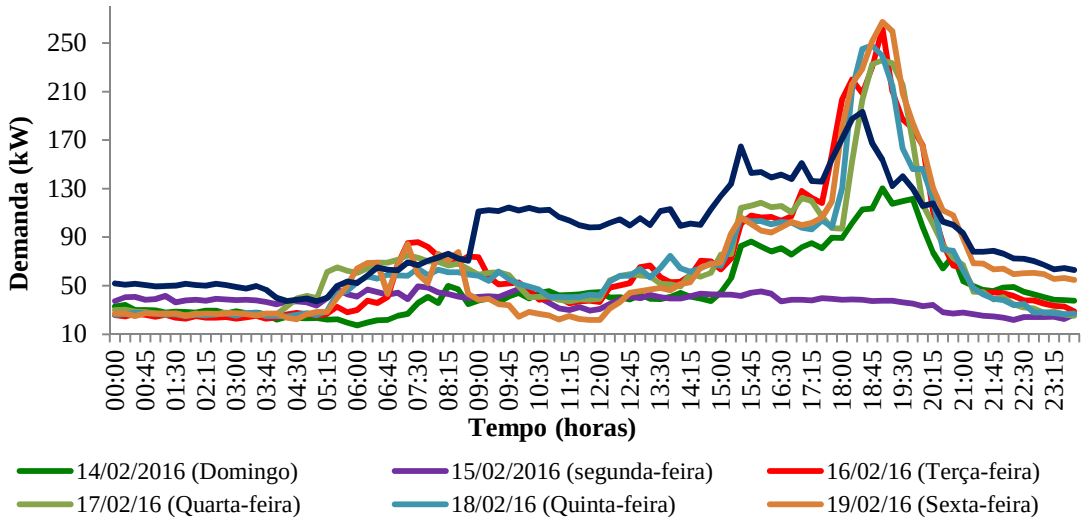
demanda. Considerando o período de outubro de 2016 a junho de 2017 a média do preço médio foi de R$ 0,80/kWh, uma redução de 12,7% se comparado com o preço médio entre maio de 2015 a abril de 2016.

4.2 Curva de carga do clube

Utilizando-se os dados da memória de massa do mês de fevereiro de 2016, obteve-se a curva de carga da Figura 21. Nota-se que há bastante variação da demanda durante o dia, indicando que a eficiência na utilização da energia elétrica está baixa, já que a curva de carga deve ser o mais uniforme possível.

São mostradas sete curvas, cada uma representando um dia da semana, como indicado. Como já esperado, aos finais de semana há um consumo maior fora do período usual, que é no horário de ponta (17h30min às 20h30min).

Figura 21. Curva de carga do clube para o período de integração de 15 min (1/4 de hora) referente ao mês de fevereiro de 2016.

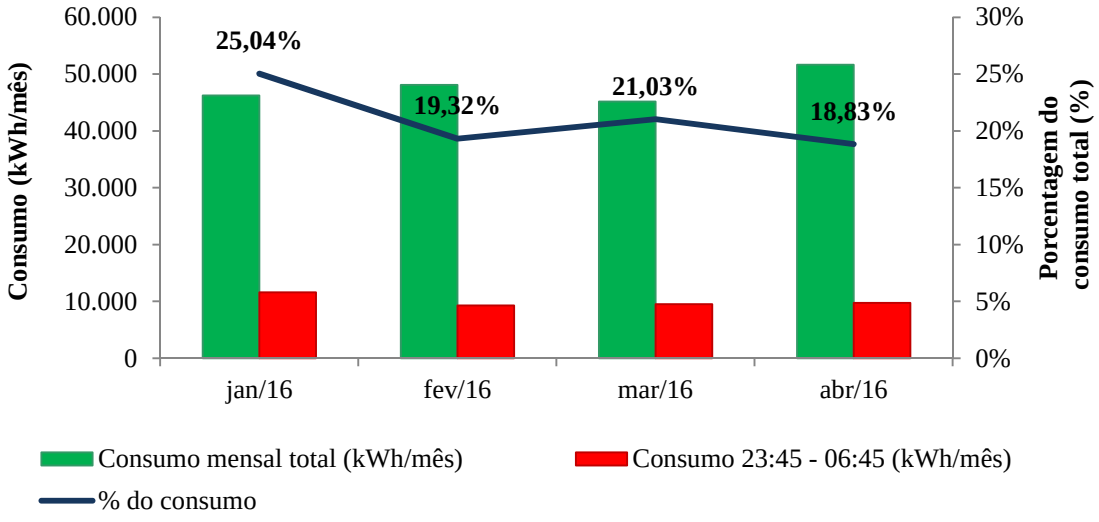


Fonte: Modificado de Energisa (2016)

Observa-se também que mesmo após o horário em que o clube está fechado (22h) há consumo de energia elétrica. O que merece atenção, já que ao desligar cargas e impedir que as mesmas operem em *standy by*, ou cuidar para que equipamentos não fiquem ligados de forma desnecessária são ações que reduzem os gastos com energia elétrica. Deve ser avaliado se o consumo neste horário é realmente necessário.

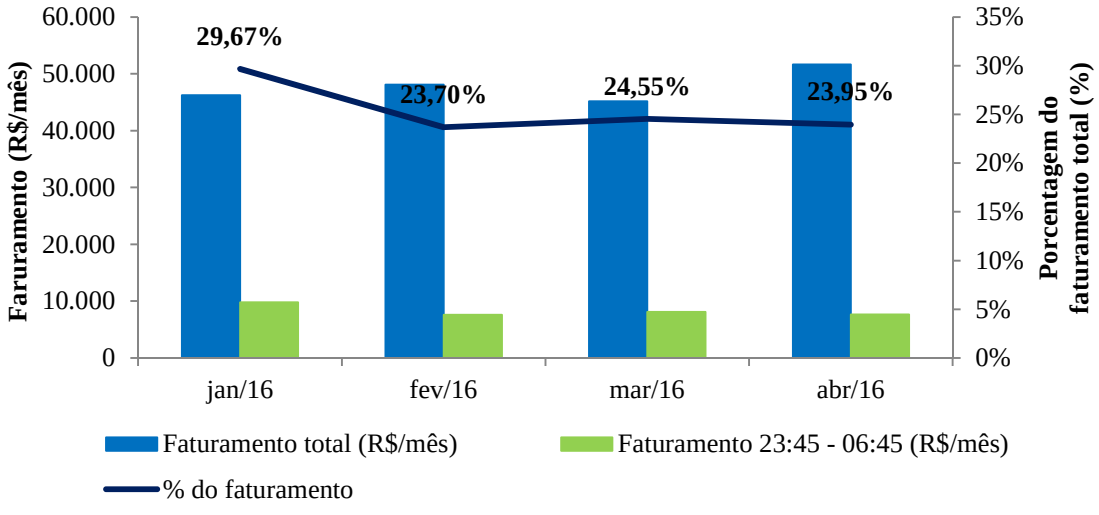
Na Figura 22 é mostrado o consumo total medido no horário das 23h45min às 06h45min, e a na Figura 23 o gasto mensal referente à este consumo, para os meses de janeiro, fevereiro, março e abril de 2016, para os valores apresentados na Figura 23 foram utilizados os valores de preço médio mostrados na Figura 18.

Figura 22. Consumo total no horário das 23h45min as 06h45min.



Fonte: Modificado de Energisa (2016)

Figura 23. Gasto mensal correspondente ao consumo total no horário das 23h45min as 06h45min.



Fonte: Modificado de Energisa (2016)

Deve ser feita uma avaliação das cargas que são ligadas neste período, por se tratar de um percentual bastante elevado do consumo total, em média 21,06%, o gasto mensal no referido horário é em média 25,7% do faturamento total. Além disso, é importante ressaltar

que a instalação do clube é antiga, e por meio de uma inspeção visual realizada pode-se concluir que há muitos pontos em que há fugas de corrente no clube. Por meio das medições realizadas e apresentadas no tópico 4.3 é possível identificar alguns pontos de consumo no horário mencionado.

É possível também que parte da demanda medida neste período seja por conta das perdas nos transformadores, há um total de 562,5 kVA de potência aparente referente aos transformadores no clube, isto porque, por exemplo, as perdas em vazio (perdas no núcleo) de um transformador são constantes, independem da carga alimentada, ou seja, mesmo que neste horário poucas cargas fiquem ligadas a perda no núcleo é a mesma com alto ou baixo carregamento

4.3 Rateio de energia elétrica por setores

Os dados mostrados neste item e nos seguintes foram obtidos por meio de medições realizadas com o analisador de energia RE 7000 da Embrasul, com calibração de fábrica.

O objetivo principal das medições foi obter uma visão geral do consumo do clube para alguns setores. Não foram monitorados todos os pontos de consumo do clube, devido a dificuldade em encontrar a alimentação de determinadas cargas. Além disso, priorizaram-se as cargas maiores, desconsiderando, por exemplo, a iluminação local de alguns ambientes.

As medições, portanto, foram realizadas nos pontos considerados importantes e representativos, em consumo de energia. As medições apresentam os valores de demanda (kW) para cada ponto e o consumo de energia é obtido por meio da multiplicação da demanda, pelo número de horas que determinado setor fica em operação. O consumo, portanto, foi estimado baseado nas informações prestadas pelos colaboradores do clube.

Para as quadras, campos e pista de caminhada a carga é composta por lâmpadas e não havendo variação de carga, dessa forma foram realizadas medições curtas, em torno de cinco minutos de medição (cinco registros). Na sauna masculina seca e a vapor foram realizadas medições de 10 minutos (10 registros), assim como para o escritório. Na piscina aquecida de biribol foi feita uma medição de 24 horas (1.440 registos), assim como na cantina. Na sauna feminina a vapor e seca não foi possível instalar o aparelho analisador de energia, pois o quadro de distribuição do local era estreito e com cabos rígidos impossibilitando a instalação dos sensores de corrente elétrica, portanto, foi realizada uma medição com um amperímetro.

Para o salão de festa pequeno, a medição foi equivalente ao tempo de duração do evento que ocorreu. Desta forma, é mostrado na Tabela 26 os valores médios de demanda medidos, assim como o desvio padrão.

Tabela 26. Dados de demanda medidos com o aparelho analisador de energia.

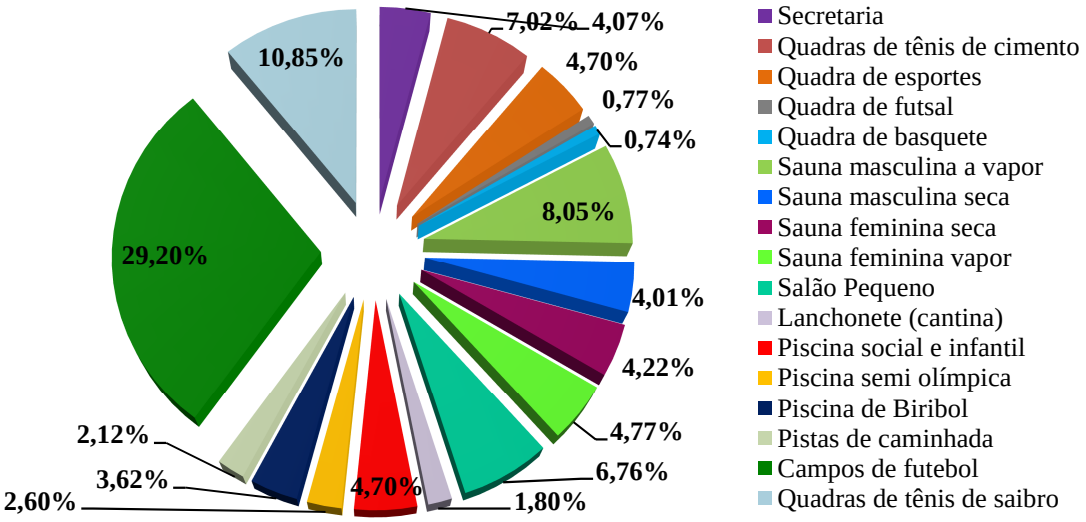
SETOR		Demanda média (kW)	Desvio Padrão	Porcentagem em relação ao total (%)
Secretaria		12,66	0,18	4,07%
Quadra de tênis cimento	Quadra de tênis 1	21,84	0,32	7,02%
	Quadra de tênis 2			
	Quadra de tênis 3			
	Quadra de tênis 4			
Quadra de futsal		2,41	0,14	0,77%
Quadra de basquete		2,30	0,14	0,74%
Quadra de esportes	Quadra de vôlei	3,39	0,17	1,09%
	Quadra de vôlei	6,12	0,78	1,97%
	Quadra de futsal	5,10	1,00	1,64%
Sauna masculina a vapor		25,06	0,12	8,05%
Sauna masculina seca		12,50	0,14	4,01%
Salões	Salão Grande	-	-	-
	Salão Pequeno	21,04	0,71	6,76%
Sauna feminina seca		13,12	-	4,22%
Sauna feminina vapor		14,84	-	4,77%
Lanchonete (cantina)		5,62	0,26	1,80%
Piscinas	Piscina social (Casa de bombas)	14,63	-	4,70%
	Piscina olímpica (Casa de bombas)	8,09	-	2,60%
	Piscina de biribol (Aquecida)	11,26	5,00	3,62%
Pista de caminhada		6,60	0,03	2,12%
Campo de futebol	Campo de futebol 2	20,39	0,04	6,55%
	Campo de futebol 3	19,31	0,11	6,20%
	Campo de futebol 4	15,94	0,02	5,12%
	Campo de futebol 5	15,94	0,02	5,12%
	Campo de futebol 6	19,31	0,11	6,20%
Quadra de tênis saibro	Quadra de tênis 9	33,78	0,32	10,85%
	Quadra de tênis 8			
	Quadra de tênis 7			
	Quadra de tênis 6			
	Quadra de tênis 5			
TOTAL		311,23	-	-

Fonte: Autor (2016)

A Figura 24 apresenta graficamente os dados da tabela, mostra a porcentagem da demanda de cada setor sobre o total medido. Lembrando que este valor não representa o total da demanda do clube, e sim o total da demanda dos setores medidos. Desta forma, os setores que apresentam maior demanda de energia são: campos de futebol (29,20%), quadras de tênis

de saibro (10,85%) e sauna masculina a vapor (8,05%). Sendo assim, por meio das medições realizadas foi possível realizar o rateio de energia elétrica entre os principais pontos de consumo de energia elétrica do clube, considerando os valores de demanda da Tabela 26 e quantidade de horas mensais estimadas para cada setor do clube (Tabela 7).

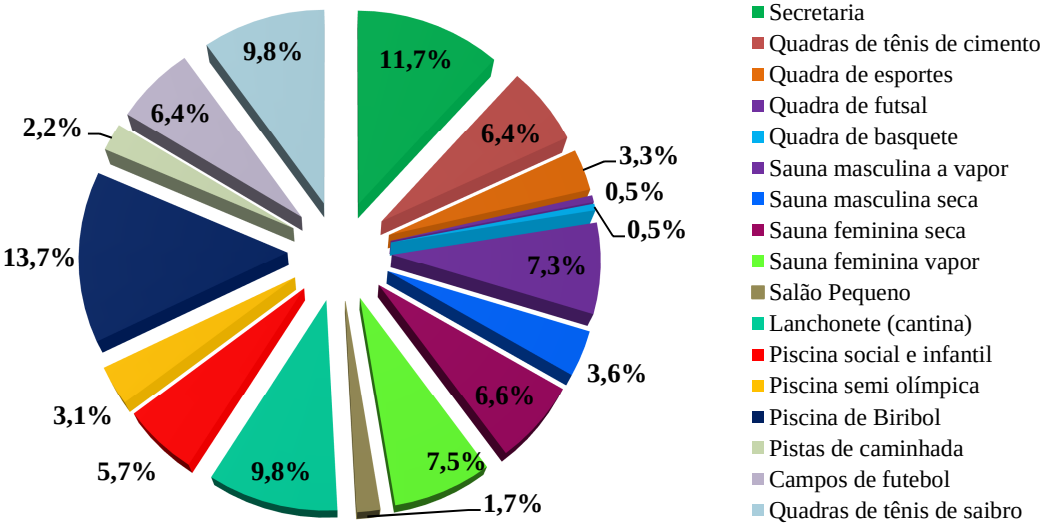
Figura 24. Rateio de demanda entre alguns entre os setores medidos do clube.



Fonte: Autor (2016)

A Figura 25 mostra o rateio de consumo de energia elétrica realizado entre os setores medidos no clube.

Figura 25. Rateio de consumo de energia entre os setores medidos do clube.



Fonte: Autor (2016)

Nas saunas a demanda é variável ao longo do tempo, isto porque a partir do momento que a temperatura de trabalho é atingida a resistência elétrica é desligada, de acordo com o fabricante o consumo de energia da sauna varia de acordo com o seu isolamento térmico, porém, informa que com razoável aproximação, pode-se estimar o consumo sendo de aproximadamente 50% do consumo máximo.

Portanto, de acordo com os dados estimados os setores que mais consomem energia no clube são: Piscina de biribol (13,7%), secretaria (11,7%), lanchonete e quadras de tênis de saibro (9,8%). Desta forma, visando a redução do consumo de energia elétrica dos pontos e consumo mais representativos serão feitas algumas análises de substituição de tecnologia para o aumento da eficiência energética nestes setores.

4.4 Soluções para o aumento da eficiência energética nos setores analisados

4.4.1 Piscina aquecida de biribol

A piscina de biribol do clube tem as dimensões de 4m x 8 m x 1,30 m, para o aquecimento da piscina é utilizada uma resistência elétrica de 12 kW, que é mostrada na Figura 26.

Figura 26. Resistência elétrica utilizada para o aquecimento da piscina de biribol.

Fonte: Autor (2016)

Para o aquecimento da piscina foi escolhido um coletor do tipo aberto, ideal para piscinas, confeccionados em polipropileno. O modelo escolhido apresenta classificação A no selo PROCEL. Cada coletor possui 1,12 m de largura e 5 m de comprimento.

Considerando as dimensões da piscina e a temperatura de 32ºC a ser atingida, seriam necessários sete coletores. Para garantir o aquecimento da piscina foi considerado também o investimento em uma capa térmica de filme plástico de polietileno com bolhas de 300 micras, auxiliando a preservação da temperatura da água. A Figura 27 mostra as placas coletoras instaladas.

Figura 27. Coletor solar aberto de polipropileno para o aquecimento da piscina de biribol.

Fonte: Autor (2016)

O investimento total nos coletores e capa térmica foi de R$ 7.280,36. Os coletores foram instalados em outubro de 2016.

Para o cálculo do tempo de retorno foi necessário estimar o consumo de energia elétrica da resistência, sabendo-se que a potência é constante e que irá variar é o número de horas que esta resistência ficará ligada.

No dia em que a medição foi realizada, a resistência elétrica permaneceu ligada por 15 horas, porém, é válido admitir que este tempo pode variar. Desta forma, foi considerado que o tempo de utilização varia de 1 hora até 16 horas/dia. Feitas estas considerações, a Tabela 27 e Figura 28 mostram os valores do gasto anual e tempo de retorno do investimento ao usar aquecedores solares em substituição da energia elétrica.

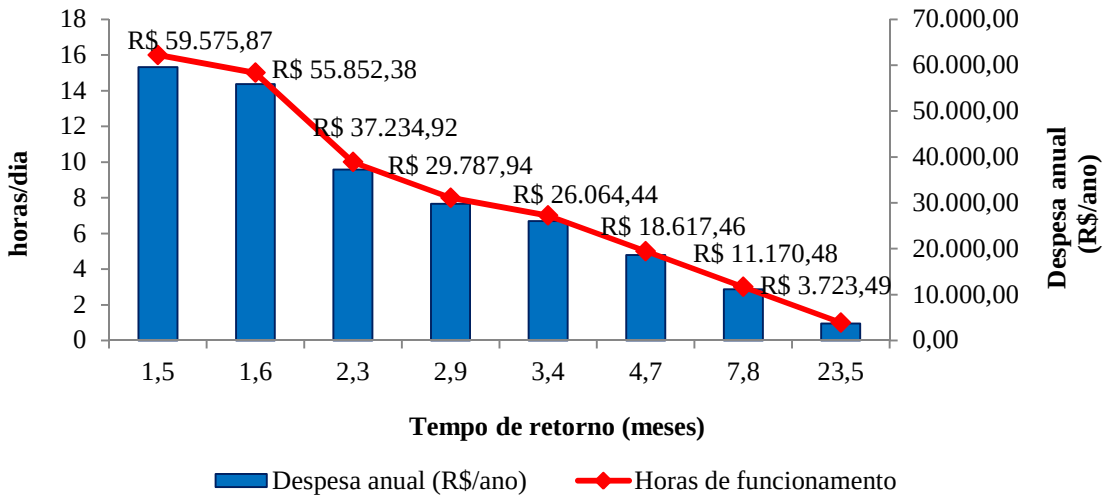
Para o cálculo do gasto anual e do tempo de retorno foi utilizado a média do preço médio de R$ 0,918/kWh (Figura 18).

Tabela 27. Gasto anual e tempo de retorno do investimento ao utilizar aquecedores solares ao invés de energia elétrica em função do tempo de operação da resistência elétrica.

Quantidade de horas	16 horas	15 horas	10 horas	8 horas	7 horas	5 horas	3 horas	1 hora
R$/mês	4.964,66	4.654,36	3.102,91	2.482,33	2.172,04	1.551,45	930,87	310,29
R$/ano	59.575,87	55.852,38	37.234,92	29.787,94	26.064,44	18.617,46	11.170,48	3.723,49
Payback simples (meses)	1,47	1,56	2,35	2,93	3,35	4,69	7,82	23,46

Fonte: Autor (2016)

Figura 28. Gasto anual e tempo de retorno do investimento ao utilizar aquecedores solares ao invés de energia elétrica em função do tempo de operação da resistência elétrica.



Fonte: Autor (2016)

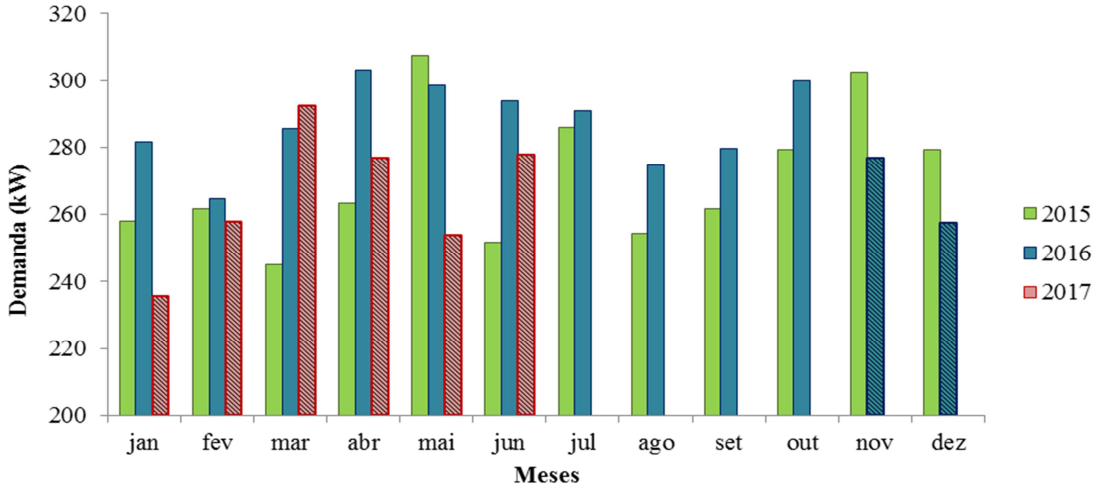
Verifica-se que, para 15 horas diárias de utilização o tempo de retorno seria de um mês e meio, para oito horas/dia seria de aproximadamente três meses, para cinco horas de utilização diária aproximadamente cinco meses. Portanto, o emprego de coletores solares é uma alternativa viável, já que a vida útil deste tipo de coletor fica em torno de 20 anos.

A retirada da resistência elétrica representou além de uma redução de consumo de energia elétrica, uma redução da demanda do clube também, já que a resistência era ligada

constantemente e tinha 12 kW de potência instalada, e em relação a demanda total do clube é um valor significativo.

A Figura 29 mostra a demanda medida desde janeiro de 2015 a junho de 2017, os valores apresentados foram divididos em anos (2015, 2016 e 2017) e as colunas hachuradas representam os meses após a instalação dos coletores solares. Desta forma, pode-se inferir que após a instalação dos coletores em outubro houve uma redução da demanda medida.

Figura 29. Valores de demanda medida desde janeiro de 2015 a junho de 2017.



Fonte: Modificado de Energisa (2016)

De acordo com a gerência do clube não houve redução do número de sócios ou redução de frequentadores no clube, nem retirada de outras cargas além da resistência elétrica.

4.4.2 Campos e quadras de tênis

Foi feito um levantamento da quantidade e potência elétrica das lâmpadas utilizadas nos campos de futebol e quadras de tênis de saibro e de cimento (Tabela 28).

Tabela 28. Levantamento de carga realizado nos campos de futebol, quadras de tênis e Ginásio.

Descrição	Quantidade de lâmpadas	Tipo da lâmpada	Potência unitária (W)	Potência total (W)
Ginásio	40	vapor metálico	400	16.000
Quadra de tênis 1 (cimento)	16	vapor metálico	400	6.400
Quadra de tênis 2 (cimento)	16	vapor metálico	400	6.400
Quadra de tênis 3 (cimento)	16	vapor metálico	400	6.400
Quadra de tênis 4 (cimento)	16	vapor metálico	400	6.400
Campo de futebol 2	48	vapor metálico	400	19.200
Campo de futebol 3	48	vapor metálico	400	19.200
Campo de futebol 4	16	vapor metálico	400	6.400
Campo de futebol 4	28	vapor metálico	400	11.200
Campo de futebol 5	24	vapor metálico	400	9.600
Campo de futebol 6	48	vapor metálico	400	19.200
Quadra de tênis 5 (saibro)	18	vapor metálico	400	7.200
Quadra de tênis 6 (saibro)	18	vapor metálico	400	7.200
Quadra de tênis 7 (saibro)	18	vapor metálico	400	7.200
Quadra de tênis 8 (saibro)	18	vapor metálico	400	7.200
Quadra de tênis 9 (saibro)	18	vapor metálico	400	7.200
Potência total (kW)				**162,00**

Fonte: Autor (2016)

Foi feita uma análise da economia obtida ao substituir as lâmpadas de vapor metálico por refletores LED. Um refletor LED de 200 W de potência equivale a uma lâmpada de vapor metálico de 400 W, já que ambos possuem o mesmo fluxo luminoso de 32.000 lúmens. A vida útil da lâmpada de vapor metálico é de até 20.000 horas, já do LED 30.000 horas. A Tabela 29 mostra em resumo os dados de investimento, economia mensal em kWh, economia mensal e anual em reais.

Tabela 29. Investimento e economia alcançada com a substituição das lâmpadas de vapor metálico pelos refletores LED.

Local	Quantidade de lâmpadas	Investimento (R$)	Economia (kWh/mês)	Economia (R$/mês)	Economia (R$/ano)
Campos de futebol	212	167.480,00	730,13	670,85	8.050,16
Quadras de tênis (cimento)	64	50.560,00	723,22	664,49	7.973,90
Quadras de tênis (saibro)	90	71.100,00	1.118,78	1.027,94	12.335,25
Ginásio	40	31.600,00	376,44	345,87	4.150,43
Média	-	80.185,00	737,14	677,29	8.127,43
Total	406	320.740,00	2.948,57	2.709,14	32.509,74

Fonte: Autor (2016)

Considerando o tempo de utilização dos locais em questão, a vida útil dos refletores LED seria de 29, 34 e 44 anos para os campos de futebol, quadras de tênis e ginásio, respectivamente, a taxa de juros de 15,38% a.a e o reajuste tarifário de 8,7% a.a, calculou-se o tempo de retorno simples e o VPL do investimento (Tabela 30).

Tabela 30. Investimento e economia alcançada com a substituição das lâmpadas de vapor metálico pelo refletores LED.

Local	*Payback* simples (anos)	VPL (R$)
Campos de futebol	20,8	- 10.630,26
Quadras de tênis (cimento)	6,34	53.096,70
Quadras de tênis (saibro)	5,76	89.252,07
Ginásio	7,61	25.984,41

Fonte: Autor (2016)

Conclui-se então que o investimento nas quadras de tênis de saibro é o mais atrativo, por apresentar maior VPL e menor tempo de retorno dentre os demais. Acredita-se que a melhor proposta seria a troca das lâmpadas em decorrência da necessidade de troca.

4.4.3 Escritórios

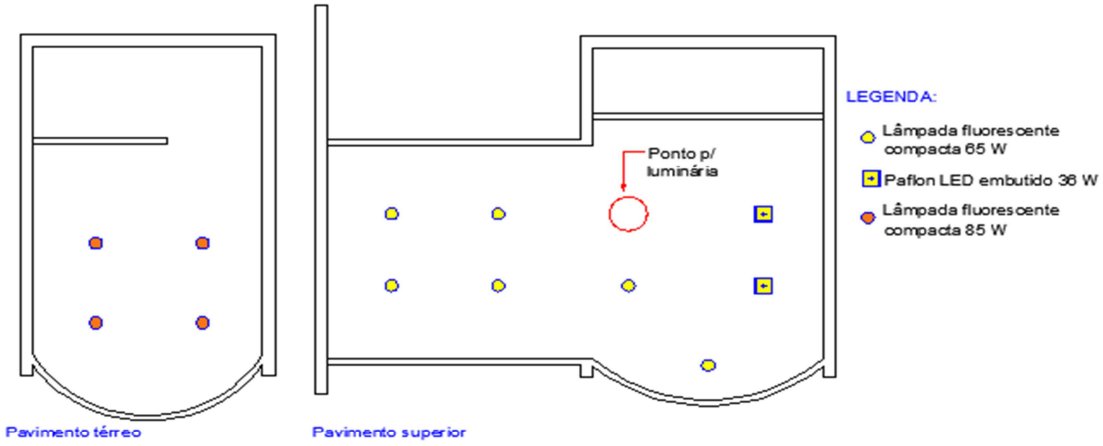
A parte administrativa do clube possui dois pavimentos. O pavimento superior possui aproximadamente 97m² com pé direito de 2,8 m, o pavimento térreo possui aproximadamente 52m² com pé direito de 4,1 m. A Figura 30 mostra a fachada da área administrativa do clube.

Figura 30. Fachada da área administrativa do clube.

Fonte: Autor (2016)

Para a análise do sistema de iluminação foi seguida a metodologia apresentada no item 3.3. A Figura 31 mostra a situação atual do sistema de iluminação dos escritórios do clube, e também a potência, tipo e posicionamento das lâmpadas existentes.

Figura 31. Posicionamento das lâmpadas na área administrativa do clube.



Fonte: Autor (2017)

No pavimento térreo são utilizadas lâmpadas do tipo fluorescente compacta espiral de 85 W, há um total de quatro lâmpadas, sendo que cada uma possui 4.798 lúmens e temperatura de cor de 6.400 K, totalizando 340 W e um fluxo luminoso de 19.192 lúmens.

No piso superior estão instaladas seis lâmpadas de 65 W, com 3.900 lúmens e temperatura de cor de 6.400 K. Além destas, estão instalados dois paflons de LED embutidos, cada uma com 36 W, 3.300 lúmens e temperatura de cor de 6.000 K, com uma potência total de 462 W e 26.100 lúmens.

Para as dimensões internas de cada pavimento e por meio da Equação 10 é calculado o tamanho da malha. A quantidade de pontos da malha é dado pela relação entre a medida de cada dimensão do ambiente e o tamanho da malha, sendo assim, o tamanho da malha (p) e a quantidade de pontos (n) é apresentado na Tabela 31.

Tabela 31. Dados para a geração da malha para verificação do nível de iluminância do pavimento térreo e superior da administração do clube.

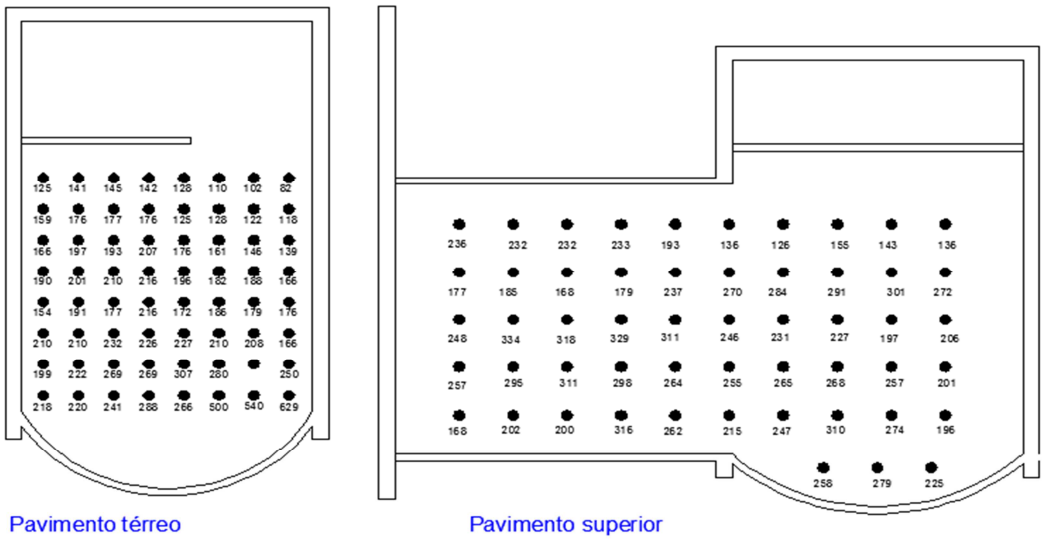
Pavimento	Menor dimensão	Maior dimensão	p*	n** (eixo x)	n (eixo y)	n total
Térreo	5,35	5,45	0,65	8,18	8,33	64
Piso superior	5,45	9,8	0,99	9,94	5,53	50

*p - tamanho da malha
**n - número de pontos

Fonte: Autor (2017)

Com as aproximações feitas, baseadas nos dados da Tabela 31, foi confeccionada a malha de medição da iluminância para os escritórios do clube, que é apresentada na Figura 32 em conjunto com os dados medidos com o luxímetro. A medição foi realizada no dia 26/07/2017, com início as 10h00min e término 12h30min do mesmo dia.

Figura 32. Dados de iluminância (lux) medidos na área administrativa do clube.

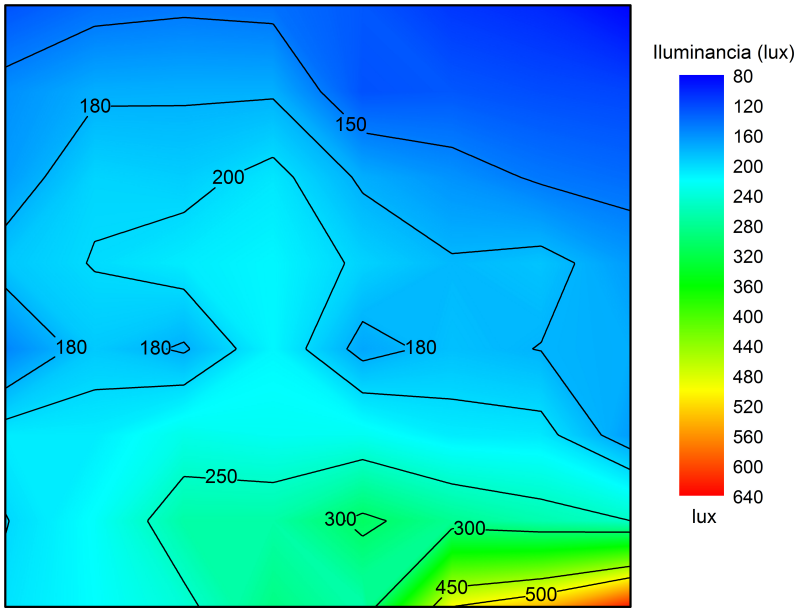


Fonte: Autor (2017)

Com os dados medidos e apresentados na Figura 32, foram confeccionadas as curvas de distribuição da iluminância para cada ambiente com a utilização do *software* Origin pro 8.5, que são mostradas na Figura 33 e 34, para o pavimento térreo e piso superior respectivamente.

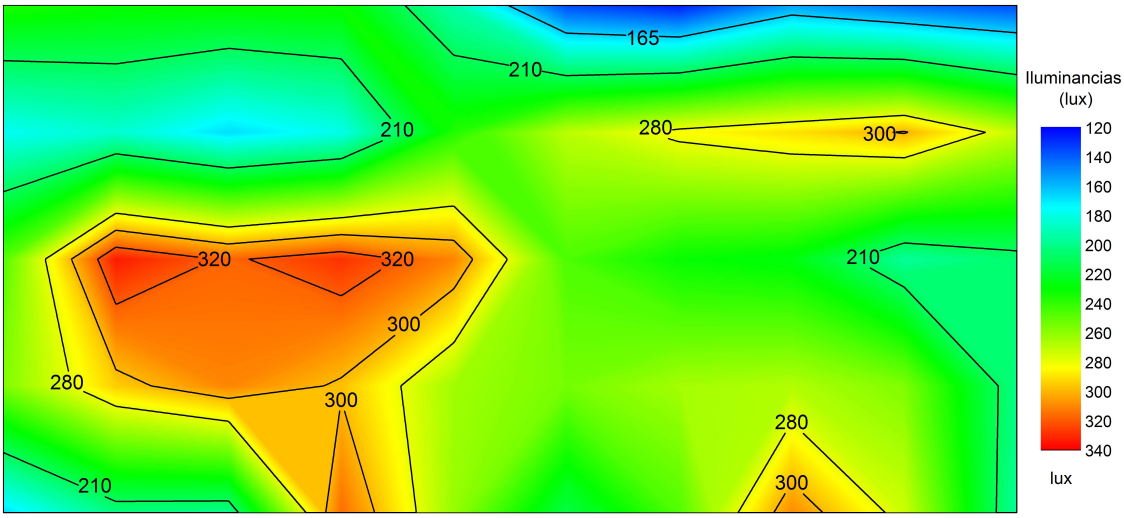
No pavimento térreo o fluxo luminoso é inferior ao exigido pela NBR ISO/CIE 8995-1 (2013) (Figura 33), que é de 500 lux, e a iluminância só é maior nos pontos próximos as janelas e porta. O baixo nível de iluminância pode ser consequência do pé-direito alto da sala, do uso de lâmpadas compactas que não distribuem o fluxo luminoso adequadamente ou da quantidade insuficiente de lâmpadas para o ambiente. No piso superior a iluminância medida é maior, mas ainda é inferior a 500 lux, como pode ser observado na Figura 34.

Figura 33. Curva de distribuição da iluminância confeccionada com os dados medidos com o luxímetro para o piso térreo.



Fonte: Autor (2017)

Figura 34. Curva de distribuição da iluminância confeccionada com os dados medidos com o luxímetro para o piso superior.



Fonte: Autor (2017)

Em ambos os casos, conclui-se que é necessário adequar o sistema de iluminação local, aumentando assim o nível de iluminância no plano de trabalho. De antemão, infere-se que será necessário aumentar a quantidade de lâmpadas do local. Desta forma, o ambiente ficaria dentro dos níveis adequados de iluminância preconizado pela norma, proporcionando melhores condições de trabalho. Os funcionários não relataram desconforto visual, provavelmente por se acostumar com o ambiente.

Recomenda-se a utilização de LED por ser uma tecnologia que apresenta maior eficiência luminosa, maior vida útil e baixo custo de manutenção. A luminária escolhida para a análise é do tipo de sobrepor e possui LED integrado (LUZ CASA ILUMINAÇÃO, 2017).

Utilizando as Equação 11 e 12 foi calculado o índice do local (k) e também a quantidade de luminárias por ambiente. A luminária escolhida foi de sobrepor com LED de 37 W com fluxo luminoso de 3.600 lúmens.

A Figura 35 apresenta o fator de utilização (U) para a luminária selecionada em função do índice do local, que na Figura 35 aparece com a sigla RCR, e refletâncias do ambiente.

Figura 35. Fator de utilização da luminária.

Teto (%)	70			50			30			0
Parede (%)	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0
Chão (%)	20			20			20			0
RCR	Fator de Utilização (%)									
0	117	117	117	111	111	111	107	107	107	100
1	104	101	98	100	98	95	96	94	92	87
2	93	87	82	89	85	81	86	82	79	75
3	82	76	70	80	74	69	77	72	68	65
4	74	66	60	71	65	60	69	63	59	56
5	66	59	53	64	57	52	62	56	52	49
6	60	52	46	58	51	46	57	50	46	43
7	55	47	41	53	46	41	52	45	41	38
8	50	42	37	49	42	37	48	41	37	35
9	46	39	33	45	38	33	44	38	33	31
10	43	35	30	42	35	30	41	35	30	28

Fonte: Abalux (2017)

Sendo assim, a Tabela 32 apresenta os valores de k e N calculados para o piso térreo e superior, considerando as dimensões do local de trabalho e U da Figura 35.

Tabela 32. Fator de utilização e quantidade de luminárias para o piso térreo e piso superior.

		Piso térreo	Piso superior
Índice do local (k)		0,656	1,76
Refletâncias	Teto	50%	50%
	Parede	50%	50%
	Chão	20%	20%
Fator de utilização (U)[12]		103,9%	91,8%
Quantidade de luminárias (N)		5	12

Fonte: Autor (2017)

O investimento necessário para a adequação da iluminação do local é de R$ 5.510,00 considerando o valor das luminárias e lâmpadas, já que a instalação pode ser feita pela equipe de manutenção do clube. A potência instalada do sistema de iluminação passaria a ser de 622,96 W, havendo uma redução de 179 W. A redução é pequena, porém o objetivo foi o de adequar o sistema de iluminação de acordo com a norma.

Por último, foi feito um levantamento dos equipamentos de ar condicionado e computadores da área administrativa do clube, este que é apresentado na Tabela 33.

[12] Foi feita uma interpolação para obter o valor de U correspondente ao valor de k.

Tabela 33. Levantamento dos equipamentos de ar condicionado utilizados no escritório do clube.

Pavimento	Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Potência total (W)
Térreo	Ar condicionado 36.000 BTU /hora	1	3.890	3.890
	Computadores	3	300	900
Superior	Ar condicionado 30.000 BTU /hora	1	3.080	3.080
	Ar condicionado 12.000 BTU /hora	1	1.900	1.900
	Computadores	8	300	2.400
Total (kW)				**12,17**

Fonte: Autor (2017)

O ar condicionado de 30.000 BTU/h possui classificação energética C, e o ar condicionado de 36.000 BTU/h possui classificação energética D, ou seja, são equipamentos de baixa eficiência. Substituindo estes equipamentos por outros com a mesma capacidade térmica porém, com classificação energética A, há uma redução de 748 W, considerando a quantidade de horas mensais que este local é utilizado. Há, portanto, um ganho de 170 kWh/mês e R$ 156,19/mês (considerando o preço médio de R$ 0,918/kWh). A troca do sistema de condicionamento de ar poderia se feita no fim da vida útil dos equipamentos.

4.4.4 Cantina

A cantina do clube é terceirizada. É cobrado um aluguel para o uso da mesma, porém o consumo de energia elétrica é pago pelo clube. A estimativa é de que este local consome em média 2.423,70 kWh/mês, e considerando o preço médio de R$ 0,918/kWh, o gasto mensal é de R$ 2.226,89/mês.

Por meio de uma inspeção visual foi constatado que a maior parte do consumo provém do uso dos *freezers*, sendo que há no local 4 *freezers* horizontais e 5 verticais. Há também um ar condicionado no local de 12.000 BTU/h. O equipamento de maior potência do local é a fritadeira, que de acordo com o técnico da equipe de manutenção do clube tem uma potência de 4 kW e é utilizada todos os dias no local.

Para evitar desperdícios de energia elétrica com a utilização dos *freezers*, Procel (2005) recomenda as seguintes ações de manutenção periódica:

- Conservar as serpentinas do aparelho, de forma a não aumentar a energia consumida por conta da dificuldade na transferência de calor, devido ao acúmulo de impurezas;
- Manter a borracha de vedação em bom estado, reduzindo então a perda de calor para o ambiente externo;
- Descongelar o aparelho regularmente;
- Adquirir aparelhos com o selo Procel.

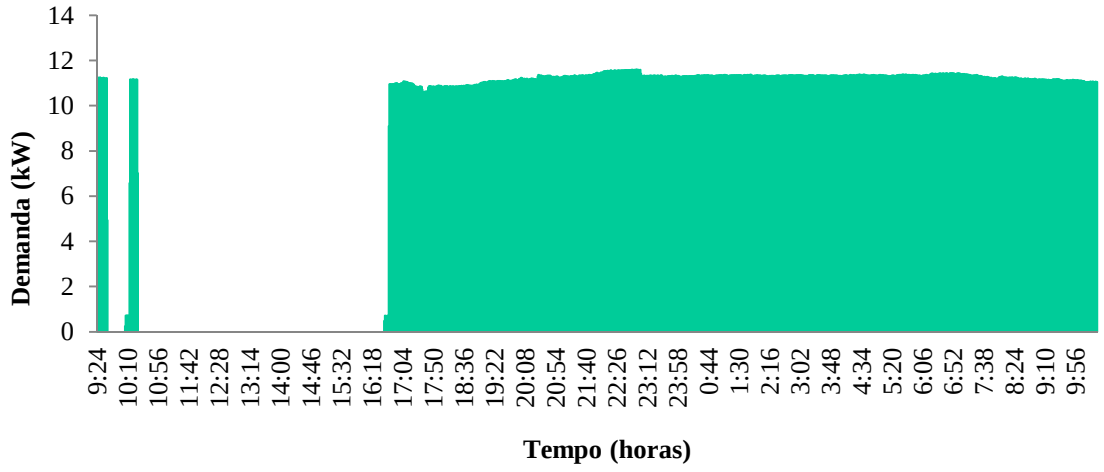
Sebrae (2008) sugere que não se deixe formar camadas de impurezas (gordura, entre outros) em fritadeiras, já que funcionam como isolantes, dificultando a troca de calor.

4.5 Consumo de energia elétrica após o encerramento das atividades do clube

No tópico 4.2 foi mencionado que mesmo após o encerramento das atividades do clube, há consumo sendo registrado. Por meio das medições realizadas pode-se verificar que parte deste consumo deve-se a resistência elétrica da piscina que também é acionada neste período.

Os dados medidos com o analisador de energia da resistência elétrica são apresentados na Figura 35. A medição iniciou-se as 9h24min e foi finalizada no outro dia 10h06min, observa-se que a resistência elétrica foi acionada após as 16h18min e permaneceu assim até o fim da medição.

Figura 35. Valor de demanda medida para a piscina de biribol do clube.



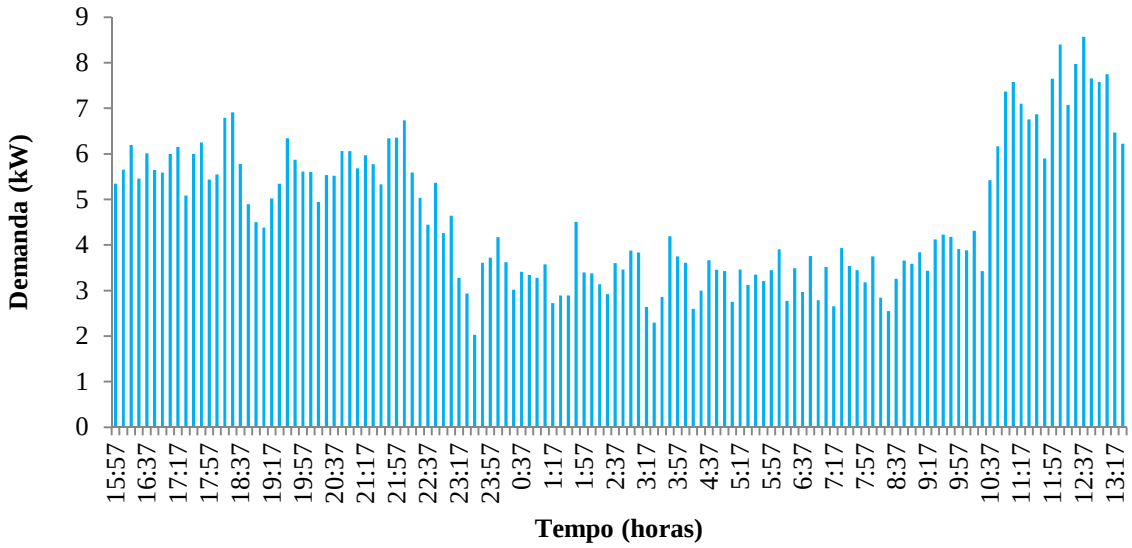
Fonte: Autor (2016)

O valor de demanda média no período das 23h45min às 06h45min para os dados de memória de massa de fevereiro, mostrados parcialmente na Figura 21, é de 64,8 kW. Nesse caso, portanto, a demanda da resistência elétrica da piscina de biribol, 11,2 kW em média, representaria 17,35% da demanda neste horário.

Os dados medidos na cantina são mostrados na Figura 36. Os dados de demanda deste local em relação ao valor total de demanda medida no período das 23h45min às 06h45min, apresentado na Figura 21 são pequenos. Em média, a demanda no período das 23h45min às 06h45min, foi de 3,55 kW (Figura 36), representando 5,48% da demanda registrada apresentada na Figura 21.

Portanto, verifica-se que é necessária uma análise mais detalhada a fim de verificar os possíveis pontos de consumo de energia elétrica neste período.

Figura 36. Valor de demanda medida para a cantina do clube.



Fonte: Autor (2016)

Algumas das alternativas sugeridas no tópico 4 caso adotadas são excludentes. Por exemplo a adequação de demanda não levou em consideração a redução de demanda ocasionada por substituição de tecnologia. Outro exemplo, é que se caso o consumidor migrasse para o mercado livre não haveria necessidade de adequação da demanda, já que o contrato deveria ser de 500 kW e não de 290 kW, ao mesmo tempo que não faria sentindo o uso de geradores no horário de ponta, ou utilização de energia solar fotovoltaica.

5. CONCLUSÃO

Ao longo do trabalho foram feitas análises de eficiência energética cujo objetivo, foi a redução dos gastos com energia elétrica da unidade consumidora estudada. Em um primeiro momento, por meio do rateio de energia elétrica realizado entre os setores de interesse do clube, foram verificados os pontos de maior consumo. Sendo assim, foram feitas sugestões para estes locais, visando a redução de consumo de energia elétrica.

Dentre as alternativas sugeridas e implementadas estava a utilização de aquecedores solares em substituição da resistência elétrica para o aquecimento da água da piscina de biribol. O consumo de energia elétrica deste local foi estimado em 3.377,13 kWh/mês, um gasto de R$ 3.102,91/mês. Portanto, com o investimento de R$ 7.280,36, dispensou-se o uso da resistência elétrica, e passou-se a utilizar apenas energia solar para o aquecimento, com um tempo de retorno de aproximadamente dois meses, o aquecedor solar foi instalado em outubro de 2016.

Por meio das análises das faturas, foi verificado também, que era necessário adequar o contrato de demanda da unidade consumidora com a concessionária de energia elétrica, assim como aumentar o fator de potência da instalação, que estava pagando por consumo de energia reativa excedente.

Foi feita a adequação do contrato de demanda com a concessionária de energia elétrica, que entrou em vigência no mês de outubro de 2016. Desde então, tem sido verificado que os valores de demanda medidos estão abaixo dos valores utilizados para o estudo, acredita-se que a redução ocorreu por conta do desligamento da resistência elétrica. O aumento da demanda contratada de 260 kW para 290 kW trouxe uma economia de outubro de 2016 até junho de 2017 de R$ 2.799,88, em média de R$ 311,10/mês. Ao refazer os cálculos de demanda ótima para o histórico de outubro de 2016 a setembro de 2017conclui-se que a demanda adequada seria de 285 kW, a economia seria de apenas R$ 101,75/ano, portanto, por enquanto não há necessidade de alteração do contrato de demanda, devendo estes cálculos serem revistos sempre que ocorrer entrada ou retirada de cargas da instalação.

Em setembro de 2016 foi feita também a instalação de um banco de capacitores de 45 kVAr, distribuídos entre os quatro transformadores do clube. Apenas na fatura de outubro de 2016 é que de fato foi notada a economia obtida. Em média a unidade consumidora gastava R$ 1.855,73/mês por conta do consumo de energia reativa excedente, um total de R$

22.268,79/ano, após a instalação a cobrança por excedente reativo foi zerada a partir do mês de janeiro de 2017.

O investimento foi de R$ 7.304,30, e o tempo de retorno estimado em quatro meses. Portanto as ações sugeridas e que até o momento foram colocadas em prática pelo clube estão resumidas na Tabela 32. Na Tabela 34 é mostrado o investimento necessário para cada ação, sendo que para o aumento da demanda contratada é necessário apenas a mudança de contrato com a concessionária e não há gastos envolvidos.

Tabela 34. Resumo das ações que foram sugeridas e já foram implementadas pelo clube.

Ação sugerida	**Investimento (R$)**	***Payback* simples (meses)**	**Economia média mensal obtida (R$)**
Alteração da demanda contratada	-	1	311,1
Instalação dos bancos de capacitores	7.304,30	4	1.883,48
Substituição da resistência elétrica da piscina de biribol	7.280,36	2	3.102,90
Média	7.292,33	2	5.297,48

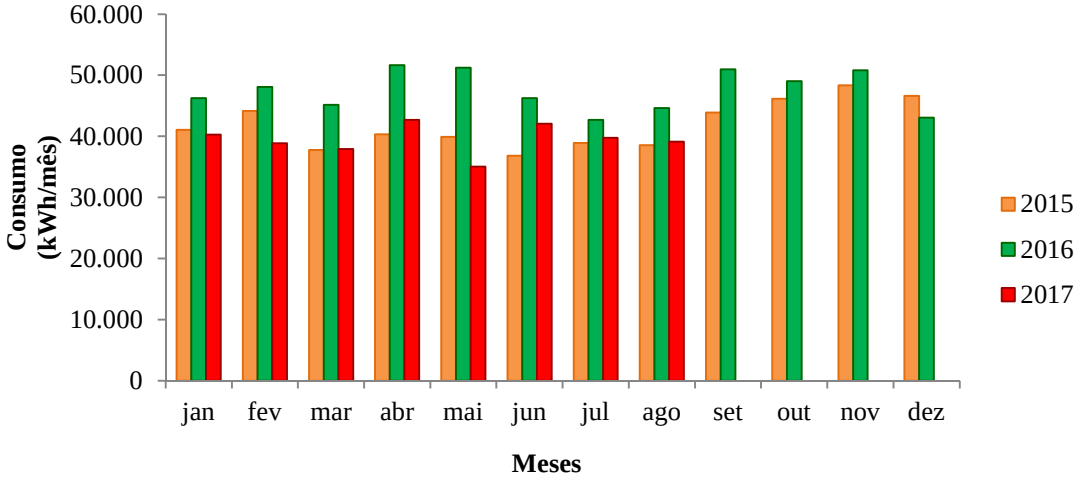
Fonte: Autor (2017)

A instalação do banco de capacitores foi realizada em setembro de 2016, sendo os resultados provenientes da economia observados na fatura do mês de outubro de 2016. A demanda contratada foi alterada na fatura de outubro de 2016 e a instalação da resistência elétrica foi feita neste mesmo mês, acarretando uma economia na fatura do mês de novembro de 2016.

O valor total de economia estimada desde a implementação de cada ação até junho de 2017 foi de R$ 44.574.42, e o investimento total foi de R$ 14.584,66.

A Figura 37 mostra o histórico de consumo da unidade consumidora desde janeiro de 2015 a agosto de 2017. Observa-se que em relação a 2016 houve redução do consumo de energia elétrica no clube, desde as adequações realizadas em outubro de 2016.

Figura 37. Histórico de consumo de energia elétrica para a unidade consumidora analisada desde janeiro de 2015 a agosto de 2017.



Fonte: Modificado de Energisa (2017)

Além destas ações, outras foram sugeridas e que apresentam grande potencial de economia pela análise prévia realizada. Estas que são mostradas na Tabela 35.

Tabela 35. Resumo das ações que foram sugeridas e que apresentam potencial de aplicação.

Ação sugerida	**Investimento (R$)**	***Payback* simples**	***Payback* descontado**	**Economia média mensal obtida (R$)**
Utilização de gerador a diesel no horário de ponta	R$ 198.000,00	dois anos e três meses	dois anos e oito meses	R$ 7.356,89
Migração para o mercado livre	R$ 35.000,00	dois meses	-	R$ 17.850,00

Fonte: Autor (2017)

A migração para o mercado livre mostrou-se como sendo altamente atrativa para o clube, porém, está será melhor avaliada pelo gestores do clube, por conta do investimento que deve ser realizado inicialmente e também devido a insegurança que alguns consumidores têm em relação ao ambiente livre de contratação. Como foi exposto, diversas são as possibilidades de contratação no mercado livre, cabendo uma análise mais detalhada.

Já a utilização de geradores a diesel no horário de ponta se trata de um investimento mais alto. Uma solução para a redução dos gastos seria a instalação por grupos de cargas, selecionado um ou mais de um gerador para o atendimento das cargas. Uma sugestão, que pode ser melhor avaliada em um trabalho futuro é a instalação de um gerador no transformador 4, este que alimenta o grupo de cargas com maior demanda de energia elétrica do clube.

Ressalta-se ainda que, as oportunidades de economia não foram extinguidas, há ainda possibilidade de avaliar as saunas que fazem uso de resistências elétricas para aquecimento, os motores dos filtros das piscinas que pelo levantamento realizando constatou-se que são motores de baixo rendimento, além das análises já mencionadas, de verificação da melhor alternativa para a instalação de um grupo gerador a diesel e contratação de energia no mercado livre. O consumo de energia após o encerramento das atividades do clube também pode ser avaliado, verificado inclusive a participação dos transformadores neste consumo. Além de que, as análises devem ser refeitas caso ocorra retirada ou aumento de cargas.

No clube foram verificadas diversas oportunidades de redução de consumo de energia elétrica, durante as medições que duraram cerca de quatro meses foram poucas as vezes em que foi observado algum desperdício de energia. Observou-se, portanto, que os colaboradores do clube são conscientizados em relação ao desperdício de energia elétrica, além da preocupação com o acionamento de cargas de forma simultânea para não ultrapassar a demanda contratada.

A maior dificuldade encontrada no trabalho foi o grande número de pontos de consumo que deveriam ser medidos. A instalação é antiga, o clube não possui projeto elétrico e a instalação do aparelho é demorada, aumentando a complexidade das medições.

Fica evidente o nível de oportunidades existentes, já que as soluções apresentadas já são consolidadas no mercado e oferecem ganhos significativos de redução de consumo/ gastos com energia elétrica, e apesar de que o trabalho foi realizado para um clube, o mesmo pode ser empregado em outras instalações atendidas em média tensão, e faturada em modalidade tarifária horária, já que apresentam maiores benefícios para estes consumidores.

Sendo, portanto, esta é a maior contribuição do trabalho, já que não foram encontrados trabalhos similares, direcionados para clubes. Além de que, procurou-se clarificar as ações sugeridas de forma que estas possam ser reproduzidas.

Por fim, conclui-se que os objetivos propostos no início do trabalho foram alcançados já que foram identificadas diversas oportunidades de se reduzir o consumo/gastos com energia elétrica. Ficando visível os resultados obtidos com as ações sugeridas e implementadas.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABALUX. **LEDC - Iluminação Comercial.** 2017. Disponível em: <http://www.abaluxiluminacao.com.br/abalux.php/pt/catalogo/produto/1294.html>. Acesso em: 20 ago. 2017.

ABRACEEL – Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia. **Cartilha mercado livre de energia elétrica.** Brasília – DF, 2016.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8995: Iluminação de ambientes de trabalho parte 1: Interior.** Rio de Janeiro, 1985.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15569: Sistema de aquecimento solar de água em circuito direto - Projeto e instalação.** Rio de Janeiro, 2008.

ABRADEE - Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica. **Comparação Internacional de Tarifas de Energia Elétrica:** Edição 2016. 2016. Cartilha Abradee. Disponível em: <http://www.abradee.com.br/setor-de-distribuicao/tarifas-de-energia/tarifas-de-energia>. Acesso em: 30 nov. 2016.

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)**. Nota técnica nº 70.** 2017. 34 f.

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (Brasil). **Cadernos Temáticos ANEEL Micro e Minigeração Distribuída Sistema de Compensação de Energia Elétrica**. Brasília: 2016. 34 p.

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (Brasil). **Bandeiras Tarifárias.** 2015. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/bandeiras-tarifarias>. Acesso em: 23 nov. 2016.

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)**. Resolução Normativa nº 687.** 2015a. 25 f.

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)**. Resolução Normativa nº 482.** 2012. 158 f.

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)**. Resolução Normativa nº 414.** 2010. 158f.

AGUIAR, Osmani Souza. **O mercado brasileiro de energia elétrica: critérios de decisão na migração de consumidores para o ambiente de contratação livre.** 2008. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Economia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.

ALTOÉ, Leandra; FILHO, Delly Oliveira; CARLO, Joice Correna. Análise energética de sistemas solares térmicos para diferentes demandas de água em uma residência unifamiliar. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.12, n.3, p.75-87, 2012.

BAPTISTA, Alessandra Sleman Cardoso. **Análise da Viabilidade Econômica da Utilização de Aquecedores Solares de Água em Resorts no Nordeste do Brasil.** 2006. 171 f.

Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

BATISTA, Elias Oureste. **Redução do Custo da Energia Elétrica em Ambientes Industriais Por Meio de Uma Estratégia de Baixo Custo em Gestão Energética**. 2013. 92 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Mestrado em Engenharia Elétrica, Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

BHATTACHARYYA, Samarjit. Case Study On Power Factor Improvement. **International Journal of Engineering Science and Technology,** v.3, n.12, p.1-7, 2011.

BNDS. Disponível em: <https://www.cartaobndes.gov.br/cartaobndes/PaginasCartao/Taxa.asp?Acao=L>. Acesso: 21 de Junho de 2017.

CARSTENS. **Energia Solar Fotovoltaica 21 estados já estão com isenção do ICMS.** 2017. Disponível em: <https://carstensl.wordpress.com/2017/02/21/apenas-5-estados-nao-aderiram-a-isencao-do-icms-de-energia-na-geracao-distribuida-parana-e-um-deles/>. Acesso em: 24 set. 2017.

CASTRO, Nivalde et al. **A Formação do Preço da Energia Elétrica: Experiências Internacionais e o Modelo Brasileiro.** Rio de Janeiro. 2014. 68 p. Grupos de Estudos do Setor Elétrico -UFRJ.

Câmera de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE)**. Contabilização.** 2016. Disponível em: < https://www.ccee.org.br/portal/faces/oquefazemos_menu_lateral/liquidacao?_adf.ctrl-state=7i6x7gawk_74&_afrLoop=1046058510276706>. Acesso em: 23 nov. 2016.

Câmera de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). **Liquidação financeira.** 2016a. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/portal/faces/oquefazemos_menu_lateral/liquidacao?_adf.ctrl-state=80ardkeps_40&_afrLoop=1045291573609573#@?_afrLoop=1045291573609573&_adf.ctrl-state=7i6x7gawk_74>. Acesso em: 23 nov. 2016.

Câmera de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). **Preços.** 2016b. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/portal/faces/oquefazemos_menu_lateral/liquidacao?_adf.ctrl-state=80ardkeps_40&_afrLoop=1045393561215673#@?_afrLoop=1045393561215673&_adf.ctrl-state=7i6x7gawk_100>. Acesso em: 23 nov. 2016.

CESAR, Ana Maria Roux Valentini Coelho. **Método do Estudo de Caso (Case Studies) ou Método do Caso (Teaching Cases)? Uma análise dos dois métodos no Ensino e Pesquisa em Administração.** 2005. Disponível em: <http://www.mackenzie.br/fileadmin/Graduacao/CCSA/remac/jul_dez_05/06.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2016.

CEZAR, Cleberton Londero; GOMES, Natanael Rodrigues. **Análise Comparativa Entre Sistema de Iluminação Empregando Lâmpada Fluorescente Compacta, Tubular e Led Para Uma Loja de Eletrodomésticos em Teutônia, RS.** Vila Flores, 2015. 21 p.

CLÍMACO, Fernando Gomes. **Gestão de Consumidores Livres de Energia Elétrica.** 2010. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

COPEL - Companhia Paranaense de Energia. **Manual de Eficiência Energética na Indústria.** [S. l.], 2005. 155 p.

COSERN (Brasil). **Energia Reativa.** [S.I.], 2011. 4 p. Livreto Energia Reativa.

CRESESB (Org.). **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos.** 2. ed. Rio de Janeiro: Online, 2014. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf>. Acesso em: 04 jun. 2016.

CRAIDE, Sabrina. **Brasil tem uma das maiores cargas tributárias em energia elétrica.** 2016. Agência Brasil. Disponível em: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2016-11/brasil-tem-uma-das-maiores-cargas-tributarias-em-energia-eletrica-diz>. Acesso em: 30 nov. 2016.

CRUZ, José Luiz Cardoso. **Geração distribuída.** 2013. Disponível em: <http://www.osetoreletrico.com.br/2016/2013/11/26/geracao-distribuida/>. Acesso em: 10 set. 2016.

DIEESE - Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos (Brasil). **Comportamento das tarifas de energia elétrica no Brasil:** Nota Técnica Número 147. [S.l]: Dieese, 2015. 20 p.

Elektro. **Eficiência Energética:** Fundamentos e Aplicações. 1 ed. Campinas-SP, 2012. 315 p.

Eletrobrás PROCEL EDUCAÇÃO. **Eficiência Energética: Teoria e Prática**. 1 ed. Itajubá: Fupai, 2007. 244 p.

EMBRASUL (Brasil). **Catálogo RE7000.** 2016. Analisador de Energia RE7000. Disponível em: <http://www.embrasul.com.br/painel/pdf/Catálogo_RE7000_v05r00_pt_HR.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2016.

Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (Brasil). Ministério de Minas e Energia. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2015:** Ano base 2015 - versão "workbook" - Dados preliminares. Rio de Janeiro, 2016. Planilha no excel.

Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (Brasil). Ministério de Minas e Energia. **Balanço Energético Nacional:** Ano base 2014. Rio de Janeiro: Ed dig, 2015. 291 p.

Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (Brasil). Ministério de Minas e Energia. **Nota Técnica DEA 01/15 Estimativa da Capacidade Instalada de Geração Distribuída no SIN:** Aplicações no Horário de Ponta. Rio de Janeiro: Ed dig, 2015a. 25 p.

Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (Brasil). Ministério de Minas e Energia. **Nota Técnica DEA 19/14 Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e**

Impactos. Rio de Janeiro: Ed dig, 2014. 64p.

Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (Brasil). Ministério de Minas e Energia. **Estudos da Demanda:** Nota Técnica DEA 14/10 Avaliação da Eficiência energética na indústria e nas residências no horizonte decenal (2010-2019). Rio de Janeiro: Ed dig, 2010. 46 p.

ENEREGISA (Brasil). **Tarifas de Energia.** Disponível em: <http://www.energisa.com.br/empresa/Paginas/pequenas-e-medias-empresas/taxas-prazos-e-normas/tributos-impostos-encargos.aspx>. Acesso em: 11 jun. 2017.

GIL, Antonio Carlos Gilberto. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas S.a, 2002. 176 p.

GOMES, Helber Pimentel. **Eficiência Hidráulica e Energética em Saneamento**: Análise Econômica de Projetos. Rio de Janeiro: ABES, 114p. 2005

GONÇALVES, Ricardo João de Castelar. **Desempenho energético de edifícios desportivos com piscinas aquecidas.** 2015. 122 f. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2015.

KRAUSE, Cláudia Barroso et al. **Manual de Prédios Eficientes em Energia Elétrica.** 15. ed. Rio de Janeiro. 2002. 230 p.

LIMA, Aureo Cezar de. **Sistema Decisório Fuzzi Aplicado ao Gerenciamento de Energia Elétrica no Lado da Demanda.** 2003. 161 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação engenharia elétrica, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia.

LISITA JUNIOR, Orlando. **Sistemas fotovoltaicos conectados a rede: Estudo de caso:** 3 kWp instalados no estacionamento do IEE- USP. 2005. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Pós-graduação em Energia, Departamento de Instituto de Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

LORA, Eduardo Silva; HADDAD, Jamil. **Geração Distribuída:** Aspectos Tecnológicos, Ambientais e Institucionais. Rio de Janeiro: Interciência, 2006. 217 p.

LUCAS, Felipe Richter. **Correção do fator de potência de cargas industriais.** 2013. 76 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

LUZ CASA ILUMINAÇÃO (Brasil). **Luminária de Sobrepor com Led 37W.** 2017. Disponível em: <http://www.luzcasa.com.br/Produto-1--LUMINARIA-PARA-FLUORESCENTE-Luminaria-de-Sobrepor-com-Led-37W-Integrado-Completa-em-Chapa-de-Aco-com-Bivolt-44-x-227cm-Abalux-versao-5582-18344.aspx>. Acesso em: 20 ago. 2017.

NISKIER, Julio; MACINTRYE, Archibald Joseph. **Instalações Elétricas.** 5. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2008. 455 p.

MADRID. **Guía de Eficiencia Energética en Instalaciones Deportivas.** Madrid, 2008. 271 p.

MAGALHÃES, Gerusa de Souza Cortês. **Comercialização de Energia Elétrica no Ambiente de Contratação Livre: Uma Análise Regulatório-Institucional a partir dos Contratos de Compra e Venda de Energia Elétrica.** 2009. 139 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MANGIAPELO, Leonardo Bruno Santos. **Avaliação da Eficiência Energética em Sistemas de Iluminação Predial: Estudo de Casos em Dois Hipermercados na Cidade de Campo Grande – MS.** 2012. 203 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

MASSERONI, James; OLIVEIRA, Cristina Maria de. Utilização de grupos geradores diesel em horário de ponta. **Revista Modelos: Revista Científica do Curso de Licenciatura em Matemática,** v.2, n.2, p.52-56, 2012.

MEDEIROS, Jesus Marlinaldo et al. **Avaliação técnica e viabilidade econômica de um sistema de aquecimento solar em um edifício residencial. João Pessoa**, 2014. 15 p.

MENDES, Glauci Rocha. **Procedimentos Técnicos de Um Profissional Qualificado na Instalação de Aquecedor Solar.** 2010. 28 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização Lato Sensu em Formas Alternativas de Energia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

Nakabayashi, Rennyo. 2014. **Microgeração Fotovoltaica no Brasil**: Viabilidade Econômica. São Paulo: s.n., 2014.

OLIVEIRA, Lilian Silva de. **Gestão do Consumo de Energia Elétrica no Campus da UnB.** 2006. 238 f. Dissertação (Mestrado) – Engenharia elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

OLIVEIRA, Mário Jorge Simões. **Sistema de Aquecimento Solar das Piscinas da C. M. de Penacova e Respetivas I.S.** Coimbra, 2014. 176 p. Relatório de Estágio apresentado para a obtenção do grau de Mestre em Equipamentos e Sistemas Mecânicos.

OLIVEIRA, Taygoara Felamingo de; RIOS, João Ernesto. **Aquecimento solar em piscinas.** Brasília: Universidade de Brasília, 2012.

PEREIRA, Osvaldo L. S.; GONÇALVES, Felipe F. Dimensionamento de Inversores para Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica: Estudo de Caso do Sistema de Tubarão – SC. **Revista Brasileira de Energia,** v.14, n. 1, p.25-45, 2008.

PEREIRA, Ricardo Fazionato et al. Correção do Fator de Potência: Estudo de Viabilidade da Implantação de Um Banco Capacitor em Uma Empresa de Mineração Localizada em Cataguases - Mg. In: Encontro Nacional De Engenharia De Produção, 35., 2015, Fortaleza. **Anais... .** Fortaleza: Enegep, 2015. p. 1 - 14.

PROCEL. **Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Consumo – ano base 2005:** Classe comercial - Alta tensão relatório Brasil – Completo. Rio de Janeiro, 2008.

PROCEL. **Manual de Iluminação.** Rio de Janeiro, Ed dig, 2011. 54 p.

RÍSPOLI, Ítalo Alberto Gatica. **O aquecedor solar brasileiro - teoria e prática em prol de uma transferência de tecnologia sustentável.** 2008. 245 f. Tese (Doutorado) – Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

ROCHA, Leonardo Resende Rivetti; MONTEIRO, Marco G. Aurélio. **Guia técnico: Gestão Energética.** Rio de Janeiro, 2005. 188 p.

ROURKE, Conan. Electronic Ballasts. **National Lighting Information Program (NPLPIP),** Nova York, v. 8, n. 1, p.1-32, maio 2000.

SEINFRA - Secretaria de Estado de Infraestrutura (Brasil). Governo do Estado Mato Grosso do Sul. **Balanço Energético do Estado de Mato Grosso do Sul:** Ano base 2013. [S.l]: Ed dig, 2014. 128 p.

SEBRAE. **Encarte Técnico:** Consumo Energético na Panificação, Biscoitos e Confeitaria. 2008. Disponível em: <http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/B91EC588FA2CBA3A832576A10067098C/$File/NT00042FC6.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2017.

SEVERINO, Mauro Moura; CAMARGO, Ivan Marques de Toledo; OLIVEIRA, Marco Aurélio Gonçalves de. Geração Distribuída: Discussão Conceitual e Nova Definição. **Revista Brasileira de Energia,** [S.l.], v.14, n.1, p.47-69, 2008.

SILVA, Marcos César Isoni. **Correção Do Fator De Potência De Cargas Industriais com Dinâmica Rápida.** 2009. 241 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Elétrica da Ufmg, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

SOLETROL (Brasil). **O Que é e Como Funciona o Aquecedor Solar de Água Soletrol.** 2016. Disponível em: <http://www.soletrol.com.br/extras/como-funciona-o-aquecedor-solar-soletrol/>. Acesso em: 20 set. 2016.

SOUZA, Helen Paula Dutra de. **Comercialização de Energia Elétrica na Visão do Consumidor Potencialmente Livre: Uma Abordagem Baseada em Dinâmica de Sistemas.** 2012. 226 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

SPRENGER, Roberto Levi. **Aplicação do Sistema Fechado no Aquecedor Solar de Água de Baixo Custo para Reservatórios Residenciais Isolados Termicamente: Concepção e Comissionamento de um Sistema-Piloto de Testes.** 2007. 105 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

STEFANELLI, Anderson Thiago Pontes. **Estudo comparativo de coletores solares sem cobertura utilizados para aquecimento de piscinas.** 2013. 68 f. Dissertação (Mestrado) -

Curso de Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2013.

TEIXEIRA, Lígia Silva Manoel. **Fundamentos da Comercialização de Energia Elétrica no Brasil.** 2009. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

TOLMASQUIM, Maurício Tiomno. **Novo Modelo do Setor Elétrico Brasileiro.** Rio de Janeiro: Synergia, 2011. 320 p.

VLAVIANOS, Cristopher. **Energia desincentivada.** 2016. Disponível em: <http://www.panoramacomerc.com.br/?p=5002>. Acesso em: 23 nov. 2016.

WEG. **Manual para Correção do Fator de Potência.** Disponível em: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-correcao-do-fator-de-potencia-958-manual-portugues-br.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2016.

ANEXO 1 – Equações para cálculo da fatura de energia

As equações 1.1, 1.2 serão utilizadas para a determinação das despesas com energia para os consumidores enquadrados na modalidade tarifária horária verde e azul, seguindo a Resolução 414 da ANEEL.

$$F_{Azul} = TC_p . C_P + TC_{FP} . C_{FP} + TD_P . D_P + TD_{FP} . D_{FP} \qquad 1.1$$

Em que:

F_{azul} - Faturamento modalidade tarifária azul (R$)

TC_p - Tarifa de consumo na ponta (R$/kWh)

C_p - Consumo na ponta (kWh)

TC_{fp} - Tarifa de consumo fora da ponta (R$/kWh)

C_{fp} - Consumo fora ponta (kWh)

TD_p - Tarifa de demanda na ponta (R$/kW)

D_p - Demanda faturada na ponta (kW)

TD_{fp} -Tarifa de demanda fora da ponta (R$/kW)

D_{fp} - Demanda faturada fora da ponta (kW)

$$F_{Verde} = TC_p . C_P + TC_{FP} . C_{FP} + D . TD \qquad 1.2$$

Em que:

F_{verde} - Faturamento modalidade tarifária verde (R$)

TC_p - Tarifa de consumo na ponta (R$/kWh)

C_p - Consumo na ponta (kWh)

TC_{fp} - Tarifa de consumo fora da ponta (R$/kWh)

C_{fp} - Consumo fora ponta (kWh)

TD - Tarifa de demanda (R$/kW)

D - Demanda faturada (kW)

A Equação 1.3 é utilizada para o cálculo da ultrapassagem de demanda.

$$DU = [DAM - DAC]. 2. TD \qquad 1.3$$

Em que:

DU - Valor correspondente à demanda de potência ativa excedente (R$)

DAM - Demanda de potência ativa medida (kW)

DAC - Demanda de potência ativa contratada (kW)

TD - Tarifa de demanda (R$/kW)

ANEXO 2 – Dimensionamento do sistema solar fotovoltaico

Seguindo equacionamento proposto por (LISITA, 2005), encontra-se a quantidade de painéis para atender o consumo de energia desejado. Através da aplicação da Equação 2.1 determina-se a potência nominal instalada (Pcc) necessária para atender o consumo da unidade consumidora.

$$Pcc = \frac{E/G}{R} \qquad 2.1$$

Onde:

Pcc – Potencia média necessária (kW_{pcc});

E- Consumo médio de energia elétrica em um dia (kWh/dia);

G- Ganho por radiação solar (kWh/m²/dia);

R- Rendimento do sistema (%).

A partir deste valor é possível verificar o número de painéis que deverão ser utilizados. Para este cálculo é necessário verificar a potência do painel utilizado, assim por meio da Equação 2.2, encontra-se o número de painéis fotovoltaicos.

$$n = \frac{Pcc}{PF} \qquad 2.2$$

Onde:

n – Número de painéis fotovoltaicos;

Pcc- Potencia média necessária (kW_{pcc});

PF- Potencia do painel fotovoltaico.

O dimensionamento do inversor deve ser feito de tal forma que este não opere por muito tempo em potências demasiadamente abaixo da nominal nem seja sobrecarregado. Utilizando-se um inversor de menor capacidade e, portanto de menor custo reduz-se os custos do kWh gerado. Contudo, de uma forma mais conservadora a potência do inversor pode ser igual à potência nominal da geração fotovoltaica (CRESESB, 2014).

Devido a redução da potência do módulo por conta do coeficiente de temperatura do gerador fotovoltaico, considera-se uma boa prática de engenharia dimensionar o inversor com potência inferior ao do gerador, isto porque mesmo quando a irradiância está próxima de 1.000 W/m², a potência do módulo dificilmente se aproxima da nominal (CRESESB, 2014).

O Fator de Dimensionamento de Inversores (FDI) representa a relação entre a potência nominal do inversor e a potência nominal máxima do gerador fotovoltaico, a produtividade na conversão da corrente alternada para a corrente contínua cai de forma mais acentuada para valor de FDI inferiores a 0,6 em função do processo de limitação de potência (PEREIRA; GONÇALVES, 2008).

Muitos inversores em situações em que a potência gerada pelo painel fotovoltaico ultrapassa a máxima potência de entrada do equipamento ajustam seu Seguidor do Ponto de Máxima Potência (SPPM) de modo a limitar sua potência de entrada, desprezando toda a potência acima deste limite. O SPPM consiste basicamente de um mecanismo de controle eletrônico que observa as modificações da curva característica I-V do módulo fotovoltaico e atua sobre a eletrônica do inversor de modo a manter o gerador fotovoltaico operando na tensão correspondente à tensão de máxima potência.

Por fim, CRESESB (2014) recomenda que o FDI fique na faixa de 0,75 a 0,85, sendo o limite superior de 1,05.

Através da Equação 2.3 é possível calcular a quantidade de energia que será produzida pelos painéis fotovoltaicos (LISITA, 2005).

$$E_{PV} = P.HSP.H_{cc/ca} \qquad 2.3$$

Onde:

EPV - Energia produzida pelo gerador fotovoltaico (kWh);

P- Potência nominal do gerador fotovoltaico (kW);

H cc/ca – Rendimento do inversor;

HSP- Número de horas de Sol pleno é equivalente a energia total diária incidente sobre a superfície do gerador em kWh/m², dados em horas.

ANEXO 3 – Analisador de energia

O equipamento que será utilizado para as medições das grandezas elétricas é o RE 7000 da Embrasul (Figura 3.1). As especificações técnicas são apresentadas nas Figura 3.2 e 3.3.

Figura 3.1 – Analisador de Energia RE 7000 da Embrasul.

Fonte: Embrasul (2016)

Figura 3.2 – Especificações técnicas do analisador de Energia RE 7000 da Embrasul.

CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS	
Alimentação auxiliar ou pela medição de tensão	
Faixa Vac:	70 a 300Vac (Fase/Neutro)
Faixa Vdc:	100 a 300Vdc
Consumo:	5VA
Entradas de tensão	
Número de entradas:	3 (VA,VB,VC) ou 4 (VA,VB,VC,VN)*
Faixa de Medição:	50 a 500Vac (Fase-Neutro) 866V (F-F)
Resolução:	0,01V
Precisão:	0,2%
Sobrecarga de tensão:	+10% valor máximo durante 1 segundo.
Impedância de entrada:	2MΩ
Amplitude de banda:	1500Hz
** Para equipamento com módulo de medição do Neutro*	*Opcional*
Entradas de corrente	
Número de entradas:	3 (IA,IB,IC) ou 4 (IA,IB,IC,IN)*
Tipo:	Sensor flexível** ou alicate rígido
Faixa de medição:	Com sensor flexível: 5A a 3000A
	Com Alicate rígido AL100: 0,05A a 100A
	Com Alicate rígido AL1000: 5A a 1000A
** Para equipamento com módulo (N) de medição de Neutro.*	*Opcional*
***Deve-se optar pelo diâmetro do sensor flexível: 160mm ou 240mm*	
Resolução:	0,01A
Precisão:	0,2% + precisão do sensor de corrente
Amplitude de banda:	1500Hz
Frequência nominal	
Frequência:	45 a 70Hz
Resolução:	0,01Hz
Precisão:	±0,01Hz
Combinações de fiação	
Monofásicas:	2F
Bifásicas:	2F, 3F
Trifásicas:	3F, 4F e 5F
PARÂMETROS MEDIDOS	
Tensões:	Por fase e trifásicas
Correntes:	Por fase e trifásicas
Desequilíbrios:	Percentuais de desbalanceamentos entre as fases de tensão (NEMA e IEC)
Potências:	Ativas, reativas e aparentes por fase e totais
Precisão das potências:	±0,5% + precisão do sensor de corrente

Fonte: Embrasul (2016)

Figura 3.3 – Especificações técnicas do analisador de Energia RE 7000 da Embrasul.

Fator de potência:	Indutivo e capacitivo
Faixa do FP:	0,001 até 1 indutivo e 0,001 até 1 capacitivo
Precisão do FP:	±0,5%
Fator de deslocamento:	Indutivo e capacitivo
Faixa do FP:	0,001 até 1 indutivo e 0,001 até 1 capacitivo
Precisão do FP:	±0,5%
Distorções:	DHTi, DHTv, TDD, DHT GLOBAL
CARACTERÍSTICAS DOS MÓDULOS	
Para módulo H (Harmônicas)	
Ordens medidas:	1° (fund) até 25° (pares e ímpares) Conforme IEC 61000-4-7
Ângulo de fase:	0° a 360°
ANL7000:	Formas de onda
	Planilhas pré configuradas
	Gráficos e relatório pré-definidos
	Filtro de extremos em V ou I Para todas as fases
Histogramas (Espectro harmônico):	Percentuais e valores absolutos
Para módulo T (Captura de Transientes)	
Distúrbios de tensão:	Até 700V (F-N) de pico
Duração mínima detectada:	130µs
Para módulo P (Conformidade com Prodist)*	
Flicker:	PST e PLT conforme IEC61000-4-15
Harmônicas:	1° (fund) até 25° (pares e ímpares) conforme módulo 8 do PRODIST da ANEEL
VTCD (Variações de tensão de curta duração):	Data, hora, magnitude, duração, classificação do evento (Afundamentos "SAG", Elevações "SWELL" e Interrupções) [Momentâneos ou temporários]
	Conforme módulo 8 do PRODIST da ANEEL
**Este módulo atende INTEGRALMENTE todas as exigências especificadas pelo módulo 8 dos procedimentos de distribuição da ANEEL (PRODIST)*	
NORMAS	
Métodos de medição utilizados:	IEC 61000-4-30
Flicker:	IEC 61000-4-15
Harmônicos:	IEC 61000-4-7
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GERAIS	
Sistema de amostragem	
Resolução:	128 amostras por ciclo (Simultaneamente em todos os canais)
Intervalo de integração:	De 200 milissegundos a 10 minutos
Potências:	Ativas, reativas e aparentes por fase e totais
Precisão das potências:	±0,5% + precisão do sensor de corrente

Fonte: Embrasul (2016)

ANEXO 4 – Viabilidade Econômica

Tecnologias que visam a eficiência energética geralmente requerem um alto custo de investimento. Tornando necessária uma metodologia que permita a avaliação financeira dos custos efetivos do investimento adicional, portanto este anexo mostrará alguns indicadores de rentabilidade de investimentos. O custo efetivo depende da quantidade adicional de investimento, da vida útil do investimento e da quantidade de energia economizada (LISITA (2008) apud SAUER (1998)).

Um dos métodos que é muito utilizado é o *payback* ou tempo de recuperação do investimento, este que consiste simplesmente na determinação do número de períodos necessários para recuperar o capital investido, ignorando o valor do dinheiro no tempo.

Portanto, o *payback* mede o prazo necessário para recuperar o investimento realizando, resultado da relação entre o investimento inicial em eficiência energética e as economias de energia obtidas a cada ano (Equação 4.1):

$$Payback = \frac{\text{Investimento (R\$)}}{\text{Economia anual (R\$/ano)}} \tag{4.1}$$

Os métodos de avalição de viabilidade econômica apresentam como principal característica a variação do valor do dinheiro no tempo. Evidenciando a necessidade de se utilizar uma taxa de juros quando a análise for efetuada através de um destes métodos, a questão é definir qual taxa será a empregada. A Taxa Mínima de Atratividade (TMA) é a taxa a partir da qual o investidor considera que está obtendo ganhos financeiros. Uma proposta para ser atrativa deve render, no mínimo esta taxa de juros.

O método do Valor Presente Líquido (VPL) caracteriza-se pela soma algébrica das variações do fluxo de caixa, descontadas à taxa mínima de atratividade, ou seja, é o transporte para a data zero de um fluxo de caixa de todos os recebimentos e desembolsos esperados, descontados à taxa de juros considerada. A fórmula geral para cálculo VPL é:

$$VPL = \sum_{n=0}^{t} \frac{BNn}{(1+i)^n} \tag{4.2}$$

Em que:

BNt - Benefício líquido (R$);

t - momento final do projeto;

i – taxa de juros

Se o VPL for positivo, a proposta de investimento é atrativa, e quanto maior o valor positivo, mais atrativa é a proposta.

O custo anual equivalente resulta da transformação do fluxo de todos os custos do projeto num fluxo anual uniforme, uma série uniforme de pagamentos, indicando desta forma o valor do benefício líquido,

A fórmula seguinte relaciona estes dois indicadores:

$$CAE = VP.\frac{(1+i)^n.i}{(1+i)^n - 1} \qquad 4.3$$

O projeto em análise só será atrativo se apresentar um benefício líquido anual positivo, e entre vários projetos, aquele de maior benefício será o mais interessante.

A equação entre colchetes é o Fator de Recuperação de Capital (FRC), este que é uma figura de mérito econômico que é utilizada para a análise de alternativas energéticas, anualiza o valor de um determinado investimento feito no presente, considerando uma determinada taxa de juros j e um período de n anos.

O inverso do FRC é o Fator de Valor Presente (FVP), este que efetua a conversão de uma série de custos anuais para um valor presente. Por se tratar de projetos de eficiência energética em que os gastos com energia elétrica estão envolvidos deve-se considerar também os reajustes que ocorrem no preço da energia. Portanto, o FVP estará sujeito a uma taxa de juros “i” e a um aumento de energia “e” (GOMES, 2005):

$$FVP = \frac{(1+i)^n - (1+e)^n}{(1+i) - (1+e)} . \frac{1}{(1+i)^n} \qquad 4.4$$

O *payback* não considera o valor do dinheiro no tempo, ou seja, o custo do capital não é considerado, tornando necessária a utilização do Período de Retorno Descontando (PRD), levando em consideração o valor do custo de capital, que é a taxa de desconto e o tempo de

vida do investimento realizado. Sendo assim, obtém-se o período de tempo em que o investimento será recuperado (Equação 4.5)

$$\mathrm{PRD} = \mathrm{n}.\,\mathrm{FRC}(\mathrm{d},\mathrm{n}).\,\mathrm{PRS} \qquad 4.5$$

Em que:

n- tempo de vida útil do investimento (anos);

FRC – Fator de Recuperação de capital ( );

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é a taxa de juros para qual o valor presente das receitas torna-se igual aos desembolsos. Ou seja, a TIR é a taxa que torna nulo o VPL do projeto, podendo ser entendida como a taxa de remuneração do capital:

$$\mathrm{VPL} = \sum_{\mathrm{n}=0}^{\mathrm{t}} \frac{\mathrm{BNt}}{(1+\mathrm{TIR})^{\mathrm{n}}} = 0 \qquad 4.6$$

A TIR deve ser comparada com a TMA para conclusão a respeito da aceitação ou não do projeto. Uma TIR maior que a TMA indica que o projeto é atrativo. Se a TIR é menor que a TMA, o projeto analisado passa a não ser mais interessante.

A regra para determinar a conveniência de um projeto é que sua TIR seja maior do que a taxa de desconto, fato este que determina a conveniência da sua execução. Caso essas taxas sejam iguais, é indiferente executá-lo ou não. Sendo a TIR menor do que a taxa de desconto, é melhor não executar o projeto.