

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM PROJETO E PROCESSOS DE
FABRICAÇÃO

Área de concentração: Projeto e Processos de Fabricação

Dissertação de Mestrado

O IMPACTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E
SUSTENTABILIDADE EM SISTEMAS DE CONSUMO:
UM ESTUDO DE CASO

Rangel Casanova Daneli

Passo Fundo

2019



CIP – Catalogação na Publicação

D179i Daneli, Rangel Casanova
O impacto da eficiência energética e sustentabilidade em sistemas de consumo: um estudo de caso / Rangel Casanova Daneli. – 2019.
78 f. : il., color. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Jocarly Patrocínio de Souza.
Coorientador: Prof. Dr. Marcelo Hemkemeier.
Dissertação (Mestrado em Projeto e Processos de Fabricação) – Universidade de Passo Fundo, 2019.

1. Eficiência energética. 2. Sustentabilidade.
3. Energia elétrica – Consumo. 4. Energia – Fontes alternativas. I. Souza, Jocarly Patrocínio de, orientador.
II. Hemkemeier, Marcelo, coorientador. III. Título.

CDU: 620.91

Catálogo: Bibliotecária Juliana Langaro Silveira - CRB 10/2427

Rangel Casanova Daneli

**O IMPACTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE
EM SISTEMAS DE CONSUMO: UM ESTUDO DE CASO**

Orientador: Prof. Dr. Jocarly Patrocínio de Souza
Coorientador: Prof. Dr. Marcelo Hemkemeier

Dissertação
apresentada ao Programa de Pós-graduação em
Projeto e Processos de Fabricação da Universidade
de Passo Fundo, como requisito para obtenção do
grau de Mestre em Projeto e Processos de
Fabricação.

Passo Fundo

2019

Rangel Casanova Daneli

**O IMPACTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE
CONSUMO: UM ESTUDO DE CASO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Projeto e Processos de Fabricação da Universidade de Passo Fundo, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Projeto e Processos de Fabricação.

Data de aprovação: 11/07/2019

Os componentes da Banca examinadora abaixo aprovaram a Dissertação:

Dr. Jocarly Patrocínio de Souza
Orientador

Dr. Marcelo Hemkemeier
Coorientador

Dr. Adriano Luis Toazza
Professor UPF

Dr. Márcio Walber
Professor UPF/PPGPPF

Dr. Agenor Dias de Meira Junior
Professor UPF/PPGPPF

AGRADECIMENTOS

Aos meus familiares, por todo o apoio, amor e confiança. Em especial, a minha mãe Loreni e meu pai Nelson (in memoriam), que sempre esteve iluminando os meus passos lá de cima, aos meus irmãos Jardel e Giano, meu cunhado Cesar, minha cunhada Luciana, e meus sobrinhos Gabriela e Daniel. Qualquer conquista minha também é de vocês.

À toda a minha família, pelo incentivo, carinho e compreensão de sempre.

À Mariele, que sempre me motivou e me inspirou a seguir firme nos meus objetivos de qualificação profissional e pessoal. Que onde ela estiver neste momento, possa sentir a alegria de todos aqui em baixo com a conclusão desta etapa tão importante para mim.

À todos os colegas de trabalho e aos amigos do coração, que sempre foram grandes motivadores deste trabalho.

À meu orientador, professor Jocarly P. de Souza, por me auxiliar durante todos os momentos, e principalmente pelo incentivo.

À meu coorientador, professor Marcelo Hemkemeier, pelo apoio e principalmente por transpassar tão bem os conceitos de eficiência e sustentabilidade, enfoque deste estudo.

A todos os professores do programa, por todo o conhecimento repassado.

Fica aqui o meu profundo agradecimento a todos que fazem parte deste trabalho.

*“O que está por trás de nós, e o que está
diante de nós são matérias minúsculas
comparadas ao que está dentro de nós.”*

Ralph Waldo Emerson

RESUMO

O aumento populacional e a preocupação com o uso dos recursos naturais na geração e no consumo de energia elétrica, fazem com que os temas eficiência energética e sustentabilidade sejam cada vez mais abordados nos dias de hoje. Este estudo tematiza algumas oportunidades de implementação de ações com vistas à eficiência energética e sustentabilidade em meios de consumo, por meio da realização de um estudo de caso na Universidade de Passo Fundo/RS, localizada no sul do Brasil, objetivando uma análise acerca do consumo de energia elétrica e de práticas de eficiência energética realizadas pela Instituição. O trabalho, de caráter exploratório, está organizado em três seções: A primeira apresenta a metodologia utilizada e o campo de investigação. A segunda trata do consumo de energia elétrica nas infraestruturas da Universidade de Passo Fundo. A terceira discorre sobre as práticas e resultados em eficiência energética adotadas pela Instituição, dentre elas a geração própria de energia, eficiência em iluminação e equipamentos de consumo, bem como, a compra de energia limpa e renovável através do ambiente livre de energia. Resultam da pesquisa que as ações de eficiência energética são significativas a otimização e redução do consumo de energia elétrica, com vistas aos aspectos sustentáveis socioambientais e financeiros de sistemas de consumo.

Palavras chave: eficiência energética, sustentabilidade, energia elétrica, consumo, e energias renováveis.

ABSTRACT

The increasing population and the concern with the use of natural resources in the generation and consumption of electric energy, make the themes of energy efficiency and sustainability are increasingly addressed today. This study examines some opportunities for implementing actions to achieve energy efficiency and sustainability in the means of consumption, by conducting a case study at the University of Passo Fundo / RS, located in the south of Brazil, aiming at an analysis of consumption electricity and energy efficiency practices carried out by the Institution. The exploratory work is organized in three sections: The first presents the methodology used and the field of research. The second deals with the consumption of electric energy in the infrastructures of the University of Passo Fundo. The third one deals with the energy efficiency practices and results adopted by the Institution, among them the generation of energy, efficiency in lighting and consumer equipment, as well as the purchase of clean and renewable energy through the energy-free environment. The result of the research is that the actions of energy efficiency are significant to optimize and reduce the consumption of electric energy, with a view to the sustainable socio-environmental and financial aspects of consumption systems.

Keywords: energy efficiency, sustainability, electricity, consumption, and renewable energies.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Estrutura geral das cadeias energéticas.....	19
Figura 2 – Geração mundial de eletricidade por tipo de combustível, de 2010 a 2040.....	22
Figura 3 – Matriz energética brasileira, 2017.....	25
Figura 4 – Diagrama de tarifação para ponto de consumo com geração de energia própria....	26
Figura 5 – Passos básicos para atingir uma boa eficiência energética.....	33
Figura 6 – Comparação da metodologia de compra entre o Mercado Cativo e Mercado Livre.....	40
Figura 7 – Comparação do modelo de faturamento entre o Mercado Cativo e Mercado Livre.....	41
Figura 8: Integração de sistemas smart grids.....	44
Figura 9 – Ilustração do Ciclo PDCA.	46
Figura 10 – Etapas de controle com base no ciclo PDCA	47
Figura 11 – Histórico de custo e consumo da UPF - Campus I.....	50
Figura 12 – Relação Consumo de energia X número de alunos por ano.....	51
Figura 13 – Campanha interna de economia de energia.....	54
Figura 14 – Curva de consumo geral do Campus I durante o período de um dia.....	56
Figura 15 – Consumo geral do Campus I por períodos mensais.....	56
Figura 16 – Obra de revitalização da rede de média tensão da UPF - Campus I.....	58
Figura 17 – Comparação entre os sistemas convencionais e novos em LED.....	59

Figura 18 – Comparação de consumo entre os sistemas convencionais e novos em LED - prédio Biblioteca.....	60
Figura 19 – Comparação de iluminação entre sistemas Vapor de Sódio 250W e LED 150W - Avenida Campus.....	61
Figura 20 – Comparação de consumo entre sistemas Vapor de Sódio 250W e LED 150W - Avenida Campus.....	62
Figura 21 – Ilustração do sistema de comunicação dos módulos gerenciadores.....	63
Figura 22 – Avenida com sistema de iluminação para projeto piloto de gestão.....	63
Figura 23 – Planta de distribuição da iluminação externa do Campus I.....	65
Figura 24 – Gráfico de percentual de economia financeira no mercado livre de energia.....	67
Figura 25 – Sistema de gerenciamento de consumo mensal e anual.....	67
Figura 26 – Sistema de gerenciamento de demanda e contrato mensal.....	67
Figura 27 – gráfico consolidado semanal demanda campus I.....	69
Figura 28 – Parque solar fotovoltaico UPF.....	70
Figura 29 – Gráfico de geração de energia e rendimentos - Parque Solar.....	70
Figura 30 – Sistematização do fluxo de energia da UPF.....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dependências voltadas a ensino e pesquisa.....	48
---	----

LISTA DE SIGLAS

Ω – Unidade de resistência elétrica (ohm)

V – Unidade de tensão elétrica (tensão)

A – Unidade de corrente elétrica (ampére)

Hz – Unidade de frequência (hertz)

KWh - Quilowatt- hora

MWh - Megawatt- hora

GWh - Gigawatt- hora

LED - Light Emitting Diode

PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

EPE - Empresa de Pesquisa Energética

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

SIN - Sistema Interligado Nacional

PNEf - Plano Nacional de Eficiência Energética - Minas e Energia

TUSD - Tarifa de Uso dos Sistemas Elétricos de Distribuição

TUST - Tarifa de Uso dos Sistemas Elétricos de Transmissão

OCDE - Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Justificativa	15
1.2 Objetivo Geral	17
1.2.1 Objetivos Específicos	17
1.3 Estrutura do Trabalho	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 Cenário Energético	18
2.1.1 Conceito de Energia	18
2.1.2 Cadeias energéticas	19
2.1.3 Matriz energética	21
2.1.4 Matriz energética mundial	22
2.1.5 Matriz energética brasileira	25
2.2 Energias Renováveis	25
2.2.1 Energia Hidráulica	27
2.2.2 Biomassa	29
2.2.3 Energia Eólica	30
2.2.4 Energia Solar	31
2.3 Eficiência Energética	31
2.3.1 Conceito de Eficiência Energética	32
2.3.2 Políticas e certificações de incentivo à eficiência energética	34
2.4 Sustentabilidade	39
2.5 Mercado Livre de Energia	41
2.6 Redes inteligentes	43
3 ESTUDO DE CASO	46
3.1 Metodologia	47
3.2 Infraestrutura da Universidade de Passo Fundo	50
4 RESULTADOS	55
4.1 Práticas realizadas pela Universidade de Passo Fundo	55
4.1.1 Implementação de normativa interna	55
4.1.2 Gestão de indicadores de custo e consumo energético setorial	58
4.1.3 Programa de retrofit de equipamentos de climatização com baixa eficiência	60
4.1.4 Melhorias nas redes de distribuição em média e baixa tensão das Infraestruturas	61

4.1.5 Programa de retrofit da iluminação interna em edificações (sistemas indoor)	62
4.1.6 Programa de retrofit da iluminação externa em vias e estacionamentos (sistemas outdoor)	64
4.1.7 Automatização dos sistemas de iluminação externos (outdoor) - smart grid	66
4.1.8 Projeto de compra de energia via ambiente livre	70
4.1.9 Implementação de usina solar fotovoltaica	73
4.2 Avaliação geral das práticas	75
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
REFERÊNCIAS	81

1 INTRODUÇÃO

A energia consumida nos mais diversos segmentos origina-se da natureza. É a partir dos recursos energéticos fósseis ou renováveis, transformados em recursos energéticos como combustíveis e eletricidade, que se consegue iluminar, aquecer, resfriar, mover pessoas e bens, em suma, todos os processos que a energia promove. Para tanto, os sistemas energéticos são essenciais, conectando os recursos naturais ao consumo final, realizando os fluxos energéticos e deflagrando sempre perdas de energia. Essas perdas nas transformações energéticas podem ser mensuradas por sua eficiência, definida pela relação entre a energia consumida e a energia gerada. Todavia, muitas vezes as perdas energéticas podem ser reduzidas, aumentando a eficiência energética, com ganhos econômicos e redução dos impactos ambientais (NOGUEIRA, 2014).

A eficiência energética passou a se destacar mundialmente a partir do aumento abrupto no preço do petróleo nos anos 1970, quando se evidenciou que as fontes de recursos fósseis teriam custos ambientais e econômicos crescentes. Com isso, reconheceu-se a possibilidade de um mesmo serviço ser realizado com menor gasto de energia e, através disso, equipamentos e hábitos de consumo passaram a ser avaliados em termos da conservação da energia, demonstrando que ações planejadas com vistas à eficiência energética são, de fato, economicamente viáveis (EPE, 2010).

A energia elétrica é de fundamental importância para a humanidade. Seu consumo é considerado um dos indicadores do desenvolvimento da população mundial. É notável que as fontes de energia na natureza estão cada vez mais insuficientes, nos obrigando a buscá-las cada vez mais distantes dos centros consumidores. A tendência mundial é o combate ao desperdício através de equipamentos eficientes e novos hábitos de consumo. Além disso, restrições econômicas nos levam ao uso racional das capacidades disponíveis, em lugar de se construir novas unidades de geração e transmissão. Para adequar o sistema elétrico à nova necessidade de modernização, foram criados programas de incentivo à conservação de energia através do Programa Nacional de Conservação de Energia (PROCEL) e programas de pesquisa e desenvolvimento.

O combate ao desperdício de energia funciona como uma fonte virtual de produção de energia elétrica. Isto quer dizer que a energia não desperdiçada por um consumidor pode ser utilizada por outro. Esta é a fonte de produção de energia mais econômica e mais limpa que existe, pois não agride o meio ambiente. Este novo paradigma pode ser alcançado a partir de mudanças comportamentais, ou seja, através do desenvolvimento de novos hábitos de consumo.

Townsend (2013) aponta que a energia elétrica recebe maior importância quando seu serviço é interrompido por algum motivo, pois nesse caso, é possível perceber o quão dependente as cidades são deste recurso. Isso denota a necessidade de avaliar-se mundialmente estratégias de utilização consciente da energia, bem como por meio da implementação da eficiência energética nos processos visando obter um mesmo serviço fazendo uso de menos energia.

1.1 Justificativa

À medida em que as cidades vão crescendo em tamanho e, em população, cresce também a dificuldade de se manter o equilíbrio espacial, social e ambiental. Neste ritmo, junto com a ampliação da demanda por recursos energéticos, cresce também, a preocupação com a sustentabilidade de cidades e seus componentes, como residências, indústrias, instituições públicas e privadas, dentre outras, incluindo as Universidades que, de acordo com Alshuwaikhat e Abubakar (2008) podem ser consideradas como pequenas cidades. Dito isso, quer-se destacar que o interesse dessa pesquisa está em estudar essa temática pelo viés de um dos componentes: Universidades, de modo a delimitar o campo de investigação e tornar a pesquisa mais palpável e passível de geração e organização de dados investigativos.

É necessário projetar uma infraestrutura que suporte as necessidades da comunidade acadêmica relacionadas à mobilidade, à prestação de serviços e ao uso da energia como fonte principal para desenvolvimento das atividades em educação (Alshuwaikhat e Abubakar, 2008). Em decorrência do consumo de energia na estrutura e o impacto ambiental causado pelo seu uso, as instituições estão buscando medidas organizacionais e tecnológicas de eficiência energética para reduzir os impactos.

Essas medidas contribuem de maneira relevante para o desenvolvimento da sustentabilidade, fazendo com que as Universidades busquem meios para modelarem as suas infraestruturas, transformando-as em ambientes modernos, inteligentes e naturais, (TOMASHOW, 2014).

Nesse contexto, as universidades possuem papel central no progresso das comunidades, pois potencializam o desenvolvimento de modos de vida e trabalho mais sustentáveis, ao serem constituídas por cidadãos e profissionais (SHIEL et al., 2016). Ainda, conforme os autores, as universidades devem assegurar que sejam desenvolvidos recursos técnicos adequados para garantir o desenvolvimento de competências de aprendizagem e, que estas facilitam a colaboração. Assim, também é papel das universidades a formação e disseminação de conhecimento sobre consumo sustentável de energia e eficiência energética, que pode contribuir para a sociedade como um todo.

Aragón (2013) cita a eficiência energética pelo enfoque da redução do consumo de energia, que é de fato um problema global. Mas a eficiência também contribui para diminuir a poluição ambiental, reduzir custos e conter situações de desperdício no dia a dia, já que a tendência mundial é o combate ao gasto exagerado por meio de equipamentos eficientes e novos hábitos de consumo. Além disso, restrições econômicas nos levam ao uso racional das capacidades disponíveis e investimento em fontes renováveis, em lugar de se construir novas unidades de geração.

Para buscar tais condições, as universidades vêm investindo em diversas ações, dentre elas a utilização de energia solar e de energia eólica, além da realização de programas de conscientização e uso softwares para controle de consumo e eficiência (KOLOKOTSA et al., 2016; YOSHIDA et al., 2017).

Assim, considerando as inúmeras oportunidades de implementação de ações que visem a eficiência energética em universidades e os diferentes cenários nos quais cada uma está inserida, o objetivo deste trabalho é avaliar estratégias e apresentar os estudos e ações implementadas na Universidade de Passo Fundo, localizada no sul do Brasil, acerca do seu consumo de energia elétrica e práticas de eficiência energética realizadas.

1.2 Objetivo Geral

Avaliar os resultados da implementação de um sistema de gestão de energia baseado nas ações de eficiência energética em um sistema de consumo.

1.2.1 Objetivos Específicos

- a) Pesquisar práticas que visem a eficiência energética e sustentabilidade em sistemas de consumo;
- b) Demonstrar os resultados obtidos através de práticas já implementadas na Instituição;
- c) Fornecer subsídios científicos para outros consumidores visando a redução de custos e consumo no âmbito geral, tendo como referência o estudo de caso apresentado neste trabalho.

1.3 Estrutura do Trabalho

O estudo, de caráter exploratório, encontra-se dividido em cinco capítulos: Introdução, Revisão Bibliográfica, Estudo de caso, Resultados e Considerações finais. O primeiro capítulo apresenta de forma sucinta a introdução e justificativa sobre o tema do trabalho abordando sua importância, e em seguida, os objetivos geral e específicos.

No capítulo dois é feita a revisão teórica dos conceitos utilizados no desenvolvimento deste trabalho. O capítulo apresenta dados referentes ao insumo energia elétrica e suas características de consumo, contexto energético na matriz brasileira e mundial, bem como, as variáveis que os influenciam. O capítulo três deflagra o referido estudo de caso deste trabalho com vistas à eficiência energética. O quarto capítulo apresenta os resultados, e por fim, o último capítulo é composto pelas considerações finais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, apresentam-se temáticas consideradas importantes para fundamentação teórica do trabalho. Inicialmente, trata-se de conceitos de energias com ênfase nas matrizes, cadeias energéticas e geração, abordando na sequência a relação com eficiência energética. Posteriormente, dá-se enfoque para a sustentabilidade e suas políticas, bem como, ambiente livre de compra de energia, conceitos de cidades inteligentes e qualidade de energia.

2.1 Cenário Energético

O fornecimento de energia é fator decisivo na qualidade de vida de uma nação. Em nações desenvolvidas o consumo é superior, devido a maior posse de equipamentos elétricos domésticos, bem como, a maior demanda energética requisitada pela indústria, se comparado com os países subdesenvolvidos. Entretanto, a maior fonte de energia utilizada no planeta ainda é proveniente de combustíveis fósseis (carvão mineral, petróleo e gás natural), entre as principais origens da geração de poluição.

2.1.1 Conceito de Energia

Segundo Capelli (2013), fisicamente, energia é a quantidade de trabalho que um sistema é capaz de fornecer. Ela não pode ser criada, consumida ou destruída, apenas transformada. Por exemplo, quando abastecemos o carro com combustível, a energia química contida no tanque transforma-se em movimento (energia cinética), em calor (energia térmica) e em barulho (energia sonora).

Quando converte-se uma forma de energia em outra, parte dela é dissipada de outras formas. A relação entre a energia que entra no sistema de conversão e a que sai chama-se rendimento.

Existem com alto rendimento, maiores que 80% (motores elétricos, transformadores, entre outros), e sistemas com baixo rendimento, menores que 20%, como, por exemplo, os motores de combustão interna.

Quando se trata de energia elétrica, a medida mais comum encontrada é o quilowatt-hora [kW.h] ou megawatt-hora [MWh].

Não se pode confundir energia com potência. Embora sejam conceitos correlatos, a potência (medida em watt e seus múltiplos) é a quantidade de energia transferida por unidade de tempo (joule dividido por segundo). Ela pode ser medida em qualquer instante de tempo. Por outro lado, a energia precisa ser medida durante um intervalo de tempo. Por exemplo, se uma turbina tem potência nominal de 800 quilowatts [KW], significa que ela pode produzir 800 quilowatts-hora [KW.h] de energia por hora de trabalho em seu ponto máximo de eficiência (CAPELLI, 2013).

2.1.2 Cadeias energéticas

Conforme Moreira et al. (2018), a cadeia energética é a sequência do fluxo e das formas de energia desde a fonte (energia primária), passando pela transformação (energia derivada), até a utilização final (energia final e energia útil), conforme indicado pelo diagrama de blocos da Figura 1.

Figura 1: Estrutura geral das cadeias energéticas.



Fonte: Adaptado de Moreira, 2018.

•**Energia primária:** compreende as formas mais primárias de energia disponíveis. Entende-se como: petróleo, gás natural, carvão mineral, carvão vegetal, urânio (U238), energia hidráulica, biomassa, fontes geotérmicas, energia solar, eólica e potencial das ondas. Esta energia tem sua maior parcela consumida ou transformada em refinarias, usinas de gás natural, coqueria, usinas hidrelétricas etc. A energia secundária, na forma de óleo diesel, gasolina, gás

hidrogênio, coque de carvão mineral, eletricidade, entre outras, é resultado de tal transformação. Há também uma parcela de energia primária consumida diretamente, como a lenha e o carvão, denominadas de consumo final. Uma parcela da energia secundária também vai diretamente para o consumo final, e a outra é convertida em óleo combustível, eletricidade, nafta, gás canalizado, entre outros. O consumo final se desagrega em energético, abrangendo o próprio setor energético, o residencial, o comercial, o público, o agropecuário, o do transporte (rodoviário, ferroviário, aéreo e hidroviário) e o industrial (cimento, ferro-gusa e aço, ferroliga, mineração/pelotização, não ferrosos, química, alimentos e bebidas, têxtil, papel e celulose, cerâmica e outras indústrias).

•**Transformação:** correspondem aos processos industriais de transformação das fontes primárias de energia, como plantas de beneficiamento de petróleo, plantas de transformação de carvão mineral (coqueria) e vegetal (carvoaria), plantas de geração de energia termelétrica (usinas termelétricas a carvão, óleo mineral, gás natural, biomassa, nuclear, solar), plantas de transformação e beneficiamento de combustível nuclear e plantas de geração de energia hidrelétrica, eólica e maré motriz.

•**Energia secundária:** corresponde às fontes de energias derivadas do processamento das fontes de energia primária. Como exemplos podem-se citar: óleo diesel, óleo combustível, gasolina, gás hidrogênio, gás liquefeito de petróleo (GLP), nafta, querosene, gás proveniente de carvão mineral (gás de coqueria), coque de carvão mineral, urânio enriquecido (pastilhas de combustível de reatores nucleares), eletricidade, carvão vegetal, álcool etílico (anidro e hidratado) além de outras fontes. Nessa etapa ocorre o consumo final secundário.

•**Consumo final total:** corresponde ao consumo efetivo final que, por sua vez, pode ser dividido em consumo final não energético e consumo final energético (MOREIRA et al., 2018).

Conforme Moreira et al. (2018), nos processos de balanço de transformação e o balanço de consumo existem as perdas de energia útil na distribuição e armazenagem de energia. Essas perdas decrescem o montante e correspondem àquela parcela da energia que se perde no caminho e não chega ao consumidor final.

2.1.3 Matriz energética

A energia pode ser utilizada em formas variadas para cada tipo de atividade, contudo ela precisa ser extraída de uma fonte primária. O portfólio de origens dessa fonte é denominado Matriz Energética.

Ao se tratar de matriz energética, é possível realizar essa análise a partir de dois pontos de vista diferentes: sob o lado da oferta e também sob o lado do consumo. As ações de eficiência energética abordadas neste trabalho estão concentradas no lado do consumo, por isso a maior ênfase será atribuída a esse ponto de vista.

A matriz energética também pode ser apresentada como panorama da real distribuição do aproveitamento dos recursos energéticos de uma região, país ou mundo. Sua afirmação está diretamente vinculada ao balanço energético, e a aplicabilidade consiste em estudos setoriais que têm por objetivo apresentar a evolução da demanda e da oferta do insumo energia. A matriz energética é criada tendo como base o período de um ano e a análise de um cenário específico. Elaborada para determinado tempo, apresenta como deve ser o desenvolvimento energético de uma região nesse período. A construção da matriz é feita levando-se em consideração os diversos setores de produção, industrial, residencial, agropecuário e de serviços do lado da demanda e, do lado da oferta, os centros de transformação das principais fontes de energia (MOREIRA et al., 2018).

Os próximos itens destacam análises das matrizes energéticas mundial e brasileira, com vistas no contexto energético, socioeconômico e ambiental.

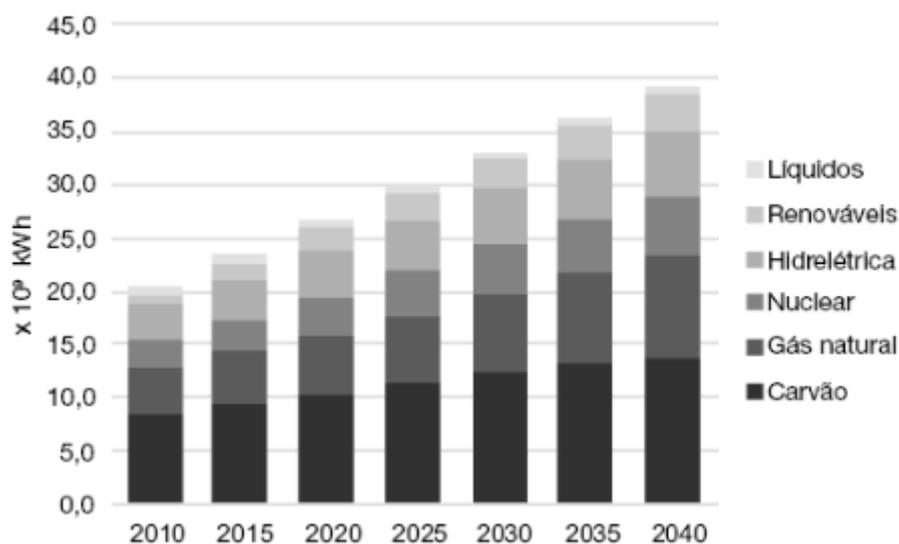
2.1.4 Matriz energética mundial

Segundo Moreira et al. (2018), para compreender melhor os fundamentos da matriz energética, deve-se relacionar a análise com cenários que se compõem por meio da matriz energética ao longo do tempo. Nesse sentido, podem ser tomados vários cenários para se chegar a um resultado final, no entanto, no cenário escolhido, alguns fatores devem ser

considerados como mais importantes para se alcançarem níveis e mecanismos de desenvolvimento limpo com foco na sustentabilidade.

É bom ressaltar que o traçado da matriz energética é resultado dos trabalhos do balanço energético consolidado, o qual, nesse sentido, mostra as inter-relações entre a oferta, a transformação e o uso final de energia, cujo foco principal é o planejamento energético. Assim, a matriz energética é o resultado dos fluxos energéticos das fontes primárias e secundárias de energia, desde a produção até o consumo final. É importante destacar que a matriz energética e um balanço energético consolidado são fundamentais na construção de cenários e de estratégias energéticas como instrumento do desenvolvimento, ou seja, do planejamento energético em um contexto que engloba aspectos energéticos, socioeconômicos e ambientais. A problemática energética engloba: estrutura da demanda; conteúdo energético da produção; reservas naturais; recursos naturais energéticos; tecnologias de exploração; importação e exportação de energéticos; produção de energia primária; produção dos centros de transformação; consumo de energia pelos setores da sociedade; consumo de energia útil por setor e por fonte; destino da energia útil por setor e por serviço; preços e tarifas do setor energético (MOREIRA et al., 2018). A Figura 2 mostra a geração líquida mundial de eletricidade por tipo de combustível, de 2010 a 2040 (IEA, 2013).

Figura 2: Geração mundial de eletricidade por tipo de combustível, de 2010 a 2040 (IEA, 2013).



Fonte: Segundo IEA (2013).

A geração líquida de eletricidade mundial tenderá a aumentar (IEA, 2013), passando de 20,2 bilhões de kWh em 2010 para cerca de 39,0 bilhões de kWh em 2040. Em geral, o crescimento da demanda de energia elétrica nos países-membros da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE), nos quais os mercados de eletricidade estão bem estabelecidos e os padrões de consumo são menores que nos países não membros da OCDE, nos quais atualmente muitas pessoas não têm acesso à eletricidade. A geração de eletricidade líquida total em países não membros da OCDE aumenta em uma média de 3,1 % ao ano (no caso de referência), liderada pelos países da Ásia que não fazem parte da OCDE (inclusive China e Índia), em que os aumentos anuais têm média de 3,6 % entre 2010 e 2040. Em contraste, a geração líquida total nos países da OCDE crescerá em média 1,1 % ao ano até 2040 (MOREIRA et al., 2018).

Em muitas partes do mundo, as preocupações com a segurança do abastecimento de energia e as consequências ambientais das emissões de gases efeito estufa têm estimulado a adoção de políticas governamentais que apoiam um aumento previsto das fontes de energia renováveis. Como resultado, as fontes de energia renováveis apresentam um crescimento mais rápido de geração de energia elétrica, de 2,8 % ao ano entre 2010 e 2040. Depois da geração renovável, o gás natural e a energia nuclear serão as fontes de crescimento mais rápido. Embora o carvão tenda a aumentar pouco sua participação na geração de eletricidade, continuará a ser a maior fonte de geração de energia mundial até 2040. As perspectivas para o carvão, no entanto, podem ser alteradas substancialmente por quaisquer futuras políticas nacionais ou acordos internacionais que visem a reduzir ou limitar o crescimento das emissões de gases efeito estufa.

Grande parte do aumento previsto na produção de eletricidade renovável ainda será bastante influenciado pela energia hidrelétrica, solar e eólica. A contribuição da energia eólica, em particular, tem crescido rapidamente nos últimos dez anos, começando com 18 GW de capacidade instalada líquida ao final de 2000 para 183 GW ao final de 2010, uma tendência que continua para o futuro. A maior parte do crescimento da geração hidrelétrica (82 %) ocorre nos países não membros da OCDE, e mais da metade do crescimento da geração de energia eólica (52 %) ocorre nos países-membros da OCDE. Os elevados custos de construção podem tornar o custo total de construção e operação de geradores de energias

renováveis mais elevado que o custo das plantas convencionais. A intermitência das energias eólica e solar, em particular, pode dificultar ainda mais a competitividade econômica desses recursos, pois não estão necessariamente disponíveis quando seriam de maior valor para o sistema. No entanto, a melhoria da tecnologia de armazenamento de bateria e dispersão de vento e instalações de geração de energia solar em áreas geográficas extensas poderia ajudar a mitigar alguns dos problemas associados com a intermitência no período de projeção (MOREIRA et al., 2018).

Esses tipos de observações, de caráter global e qualitativo, podem nos fornecer várias informações que, em geral, vão além do âmbito da energia, pois o setor energético é básico, afetando todos os demais.

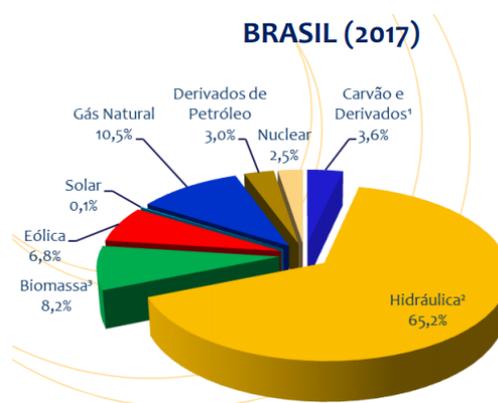
Logo, o estudo da Matriz Energética é um instrumento importante no planejamento do desenvolvimento e, por conseguinte, para as pretensões do desenvolvimento sustentável. No caso da sustentabilidade, é relevante observar, por exemplo, a participação das fontes renováveis.

2.1.5 Matriz energética brasileira

Segundo o relatório do Balanço Energético Nacional de 2017 (MME/EPE, 2017), o Brasil dispõe de uma matriz elétrica de origem predominantemente renovável, sendo que 65,2 % da oferta interna provém da geração hidráulica e 80,3 % da oferta interna de eletricidade correspondem às fontes renováveis. Do lado do consumo, o setor residencial representa 21,5 %. O maior consumo é do setor industrial, com 31,58 % da demanda de energia.

Os demais setores (público, agropecuário, comercial e transportes) representam 46,6 % da matriz. Em 2017, a capacidade total instalada de geração de energia elétrica do Brasil (centrais de serviço público e autoprodutoras) somou 157.358 MW, o que representa um acréscimo de aproximadamente 6,9 GW de 2016 para 2017. A Figura 3 destaca a disposição da matriz energética brasileira por fontes (MME/EPE, 2017).

Figura 3: Matriz energética brasileira, 2017.



Fonte: MME/EPE (2017).

2.2 Energias Renováveis

Segundo Capelli (2013), pode-se classificar as fontes de energia em dois tipos, sendo não renováveis e renováveis. A energia não renovável é também conhecida como convencional, e recebe esse nome porque se baseia na "queima" de elementos que não podem ser repostos na natureza em curto prazo. Por exemplo, o petróleo.

Esse tipo de energia é poluente e contribui para o efeito estufa através da produção de dióxido de carbono (CO₂), e a chuva ácida, através do dióxido de enxofre (SO₂) e hidrocarbonetos (HC). Outros exemplos de fontes não renováveis de energia são: nuclear, gás natural, carvão mineral, xisto e turfa.

As fontes de energia renováveis, conhecidas como fontes limpas, são aquelas cujo elemento principal é facilmente repostos na natureza. Alguns exemplos são hidráulica, eólica, dos oceanos, geotérmica, biomassa (madeira, cana-de-açúcar, resíduos agrícolas, carvão vegetal, óleos vegetais e biogás) e solar.

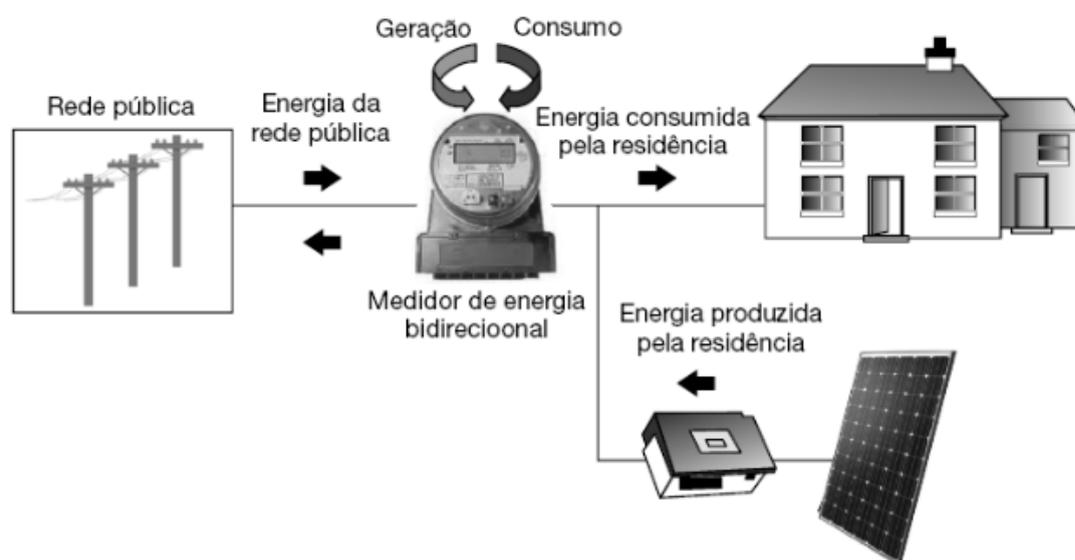
Há uma tendência mundial em substituir as fontes não renováveis pelas renováveis. Além da economia, a preservação ambiental é a razão principal.

Hoje, a sociedade sofre as consequências das alterações climáticas em todo o planeta, como aquecimento global, inundações, buraco da camada de ozônio, furacões, estações irregulares, temperaturas extremas, secas, desertificação, entre outras. Certamente esses fenômenos seriam reduzidos ao mínimo e até mesmo eliminados a partir do momento que utilizássemos apenas fontes renováveis de energia (CAPELLI, 2013).

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) instituiu a Resolução Normativa 482, de 17 de abril de 2012, e revisão nº 687 (2015), onde estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica, entre outras providências.

Nesse sistema há um medidor de consumo da residência e outro que mede o que foi produzido e eventualmente exportado para a rede (modelo bidirecional). No final do mês, o consumidor paga a diferença entre o que consumiu e o que produziu. Para tanto é necessário um medidor (quatro quadrantes) que pode mensurar a energia que entra e sai da instalação. No caso do Brasil, o consumidor, segundo a Resolução no 687, terá 60 meses para utilizar a energia que exportou para a rede. A Figura 4 mostra um diagrama desse tipo de tarifação para uma instalação com geração solar fotovoltaica.

Figura 4: Diagrama de tarifação para ponto de consumo com geração de energia própria



Fonte: Adaptado de Moreira (2018).

Dentre as fontes de energia supracitadas, destaca-se abaixo as principais, levando em consideração a capacidade de implementação na matriz energética brasileira.

2.2.1 Energia Hidráulica

Segundo Barros et al. (2015), poucos são os países que têm disponibilidade do uso da água para geração de energia em larga escala. Esse recurso requer a existência de condições favoráveis da natureza, de que o Brasil dispõe em abundância.

Seu princípio de funcionamento consiste no represamento da água através de barragem construída no curso de rios e que é conduzida por dutos até as turbinas e geradores. Ao ser represada, a água adquire a energia potencial, e após ser liberada, através de comportas, entra em movimento, adquirindo energia cinética.

Moreira et al. (2018) cita que as usinas hidrelétricas oferecem inúmeras vantagens sobre os outros tipos de fonte de geração de energia elétrica. Em geral, é a de menor custo de produção, seu despacho (acionamento) é o mais flexível, podendo, em curtíssimo espaço de tempo, disponibilizar uma quantidade substancial de energia elétrica. É segura e, dependendo do reservatório, provoca um impacto ambiental menor do que as termelétricas a carvão ou a óleo combustível.

Entretanto, os reservatórios das hidrelétricas causam impactos ambientais relevantes e proporcionais ao seu tamanho e ao relevo do local em que devem ser implantados. Quanto maior o reservatório e menos favorável o relevo, maiores os problemas ambientais.

Ademais, com a expansão da geração a partir de hidrelétricas, os melhores locais para o aproveitamento de potencial hidrelétrico são utilizados com prioridade, o que provoca maiores dificuldades de aprovação ambiental para os locais remanescentes. A tendência é que só se liberem projetos hidrelétricos, ambientalmente falando, que tenham características adaptadas para garantir o mínimo impacto ambiental possível, embora isso se dê ao custo da redução na disponibilidade de energia nestes aproveitamentos.

Embora o Brasil tenha explorado apenas cerca de 30,0 % de seu potencial hidrelétrico inventariado, remanescendo 126 GW a serem desenvolvidos (outros 70,0 %), é relevante notar que as melhores áreas (de menor necessidade de investimento e maior potencial de retorno) já foram exploradas.

Do total de potencial hidrelétrico remanescente no Brasil, 70 % está localizado nas bacias do Amazonas e do Tocantins/Araguaia (Floresta Amazônica e Cerrado), onde apenas 38 % dos empreendimentos não têm restrições ambientais sérias. Consequentemente, os pontos desfavoráveis à geração de energia elétrica com a utilização de grandes usinas hidrelétricas em larga escala começam com o impacto ambiental gerado pela formação dos grandes reservatórios.

É importante destacar que nos últimos anos os grandes empreendimentos de geração hidrelétrica não têm sido construídos com reservatórios muito grandes, como no passado. Por outro lado, esses novos empreendimentos perderam a mais importante característica que no passado a geração hidrelétrica trazia ao Sistema Integrado Nacional (SIN), qual seja, os reservatórios plurianuais, ou reservatórios com capacidade de armazenamento e regulação que permitiriam manter a geração hidrelétrica e a vazão dos rios mesmo em condições adversas de hidrologia (MOREIRA, 2018).

Em outras palavras, enquanto no passado as usinas hidrelétricas, com seus reservatórios plurianuais, conseguiam armazenar água para manter a geração hidrelétrica por três ou quatro anos, mesmo em períodos secos, hoje, com a predominância de projetos hidrelétricos de fio d'água (nos quais os reservatórios são menores para provocar menor impacto ambiental e, por conseguinte, não possuem grande capacidade de armazenamento de água), as usinas hidrelétricas são despachadas em razão da vazão natural dos rios onde estão alocadas. A consequência natural foi que hoje a capacidade de armazenamento das usinas hidrelétricas reduziu-se de modo drástico frente ao consumo de energia do Sistema Interligado Nacional (SIN).

2.2.2 Biomassa

Conforme Barros et al. (2015), a biomassa é qualquer tipo de matéria orgânica não fóssil, vegetal ou animal, que permita a conversão em energia. Ela se apresenta como uma alternativa na produção de energia renovável pela variedade de fontes disponíveis, onde, se apresentam-se nos estados tanto líquidos quanto sólidos e gasosos. Dentre os produtos mais utilizados, destacam-se o lixo orgânico, que produz biogás, a cana-de-açúcar, que produz o

etanol, e o óleo vegetal (algodão, mamona, trigo, dendê, beterraba, soja, milho, entre outros), que gera o biodiesel.

A energia térmica é a forma mais utilizada para aproveitamento da biomassa para geração de energia através da sua queima em fornos. A energia calorífica resultante desse processo pode ser aproveitada na forma de vapor e também no aquecimento de água, utilizado em processos produtivos.

O vapor pode ainda ser utilizado para movimentar o eixo dos geradores, produzindo energia elétrica. Outra forma de geração de energia através da biomassa ocorre com a utilização de fezes, urina, entranhas de animais, lixo, insumo de produção, sobra de vegetais, entre outros. Emprega-se nesse processo o biodigestor, um equipamento usado para o processamento de matéria orgânica.

A bioenergia tem sido parte integrante da matriz energética brasileira há um longo tempo, em consequência das políticas introduzidas no País. Esse é o motivo pelo qual os gases de efeito estufa (GEE), provenientes da produção de energia no Brasil, eram relativamente reduzidos quando comparados com outros países. Entretanto, por causa do uso crescente de térmicas a combustíveis fósseis para geração de eletricidade em detrimento das térmicas a biomassa, as emissões no setor de energia vêm crescendo (MOREIRA, 2018).

2.2.3 Energia Eólica

Segundo Barros et al. (2015), a energia eólica é proveniente da energia cinética advinda da força dos ventos. O aproveitamento dessa deste tipo de energia já é realizado pelo homem há muitos séculos, inicialmente para bombear água e moer grãos. A utilização da energia eólica para produzir energia elétrica em grande escala possui poucos anos de história, no entanto, apresenta grande ascensão.

Atualmente, a China é o país que possui a maior capacidade instalada de energia eólica no mundo. Dados globais divulgados pelo GWEC (Global Wind Energy Council), o Conselho Global de Energia Eólica, mostram que o setor de energia eólica instalou 51,3 GW de nova capacidade eólica em 2018 no mundo. Desde 2014, o mercado global de energia

eólica vem instalando acima de 50 GW de nova capacidade a cada ano. No ano passado, o Brasil instalou 1,9 GW em 2018, ficando em quinto lugar no Ranking de capacidade eólica nova onshore instalada em 2018, conforme mostrado a seguir (GWEC, 2019):

1. China – 21,2 GW
2. Estados Unidos – 7,58 GW
3. Alemanha – 2,40 GW
4. Índia – 2,19 GW
5. Brasil – 1,93 GW
6. França – 1,56 GW
7. México – 929 MW
8. Suécia – 717 MW
9. Reino Unido – 589 MW

Segundo o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, divulgado pelo Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (Cepel), o Brasil possui um potencial bruto de 143,5 GW. Seu princípio de funcionamento tem como base a energia cinética do vento captada por meio de pás (hélices) ligadas a uma turbina que aciona um aerogerador elétrico.

2.2.4 Energia Solar

Barros et al. (2015) cita que a energia solar apresenta grande versatilidade e pode ser aproveitada de muitas formas. Entre as formas mais comuns de aproveitamento, podemos citar o aquecimento de água e a geração de energia elétrica. A produção de eletricidade a partir do sol é uma prática antiga no Brasil, porém apenas em pequena escala. A construção de usinas de geração de energia elétrica a partir do sol em larga escala é uma técnica recente no país.

A energia solar é obtida através de painéis com células fotovoltaicas que, sob a incidência da luz solar, geram eletricidade. A energia gerada é acumulada em baterias para que possa ser utilizada nos períodos de baixa radiação ou à noite (CAPELLI, 2013). A

Empresa de Pesquisa Energética (EPE), destaca o expressivo crescimento para a energia solar nos próximos anos. Estima-se que alcance 9 mil MW em 2027 (cerca de 4% na capacidade instalada total).

2.3 Eficiência Energética

Segundo Moreira et al. (2018), os aspectos relacionados com o uso racional de recursos, principalmente água e energia, aumentaram em termos de importância, em função da demanda cada vez mais crescente e de suas limitadas fontes. Dessa forma, ações e movimentos da sociedade progredem na direção do aumento da eficiência dos diversos processos usados no dia a dia da população mundial.

Podem-se citar alguns fatores indutores desse movimento de busca por soluções mais eficientes no setor da energia, a saber:

- Aumentos de custos da energia elétrica e mudanças da estrutura tarifária: o setor de produção e distribuição de energia vem aumentando seus custos em virtude de maior necessidade de investimentos para suprir o aumento da demanda, bem como da confiabilidade do sistema de geração e distribuição de energia. Some-se a isso o fato de que, recentemente, o setor de tarifação residencial passa por mudanças que acarretaram aumentos no custo da energia elétrica para o setor.
- Crescimento de processos de certificação de edificações: o Brasil vem experimentando um crescimento significativo no número de edificações que pleiteiam ter seus projetos avaliados por processos de certificação sustentável, como LEED, AQUA e Procel-Edifica. Pode-se exemplificar esse crescimento ao se avaliar que, no Brasil, em 2006, havia apenas uma edificação certificada pelo LEED e que, em 2014, as edificações já contavam 196 (GBC-Brasil, 2016). Mudanças climáticas: diversas mudanças vêm sendo confirmadas com relação às alterações provocadas pelo homem, em função do aumento da demanda por energia e água. Nesse sentido, diversas ações coordenadas em nível mundial têm sido implantadas para reduzir o impacto dessas demandas, visando ao aumento da eficiência dos diversos setores produtivos.

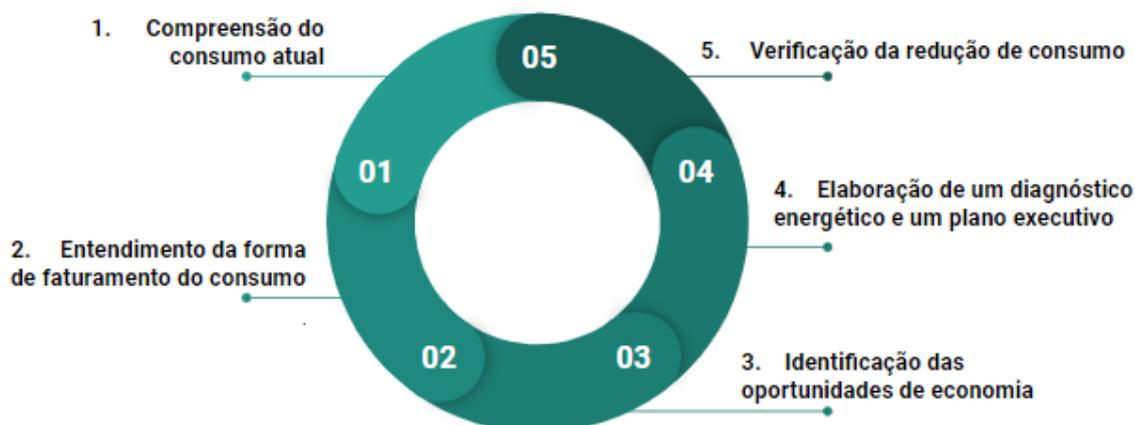
2.3.1 Conceito de Eficiência Energética

Segundo Barros et al. (2015), a energia é um insumo que alimenta processos e transformações, até que se obtenha um resultado final. Esse resultado pode ser algo material, como por exemplo um produto, ou ainda algo abstrato, como o conforto térmico. Identificar qual é o resultado final decorrente do uso da energia é um fator importante para que seja possível gerenciar o consumo de energia, por exemplo através da criação de um indicador que relacione o consumo de energia ao resultado obtido. A partir do momento em que essa correlação é estabelecida, pode-se pensar em tornar esse processo mais eficiente, buscando consumir menos energia para produzir o mesmo resultado final.

Podem-se definir como ações de eficiência energética toda e qualquer prática que promova a redução do consumo de energia, mantendo-se o mesmo nível de serviço prestado. Pode-se afirmar que as ações para o aumento da eficiência energética promovem aumentos na razão entre o nível de energia produzida e o nível de energia consumida. Essas ações de eficiência energética concentram-se normalmente nos estágios de operação e manutenção de sistemas e podem promover, em conjunto com a redução de consumo dos insumos (energia, água, gás etc.), reduções nos custos de operação e/ou manutenção (menos reparos e aumento da eficiência dos sistemas e/ou equipamentos). As ações para melhoria da eficiência energética podem resultar também em aumentos de lucratividade associados à melhoria da qualidade e da confiabilidade dos processos (MOREIRA et al., 2018).

Conforme a Figura 5, para atingir uma boa eficiência energética, se faz necessário seguir alguns passos básicos: Compreensão do consumo atual; Entendimento de como é cobrado/faturado; Identificação das oportunidades de economia de custos; Elaboração de um diagnóstico energético e um plano executivo; Verificação por meio de indicadores ou medição direta, sobre a redução da demanda ou o consumo de energia elétrica.

Figura 5: Passos básicos para atingir uma boa eficiência energética.



Fonte: Adaptado de Capelli (2013).

2.3.2 Políticas e certificações de incentivo à eficiência energética

Conforme Salvia (2016), as crises energéticas brasileiras e as discussões acerca de eficiência energética e a sua necessidade no planejamento das cidades levaram à elaboração do Plano Nacional de Eficiência Energética – PNEf (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MEE, 2011). Este plano refere-se à aplicação de ações que culminam na redução da energia necessária para atender as demandas da sociedade, com menor impacto à natureza.

O Plano surgiu da necessidade de se definir diretrizes para a eficiência energética, a fim de contribuir para o Plano Nacional de Energia 2030, cujo objetivo inclui o fornecimento de subsídios para a formulação de uma estratégia de expansão da oferta de energia com vistas ao atendimento da demanda, segundo uma perspectiva de longo prazo para o uso integrado e sustentável dos recursos disponíveis (EPE, 2007).

O PNEf apresenta um histórico da legislação de eficiência energética no Brasil e o destaque é o marco regulatório do tema no país, por meio da Lei nº 10.295/2001, conhecida como Lei da Eficiência Energética. Ela dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, visando alocar recursos energéticos eficientemente e a preservação do meio ambiente (BRASIL, 2001b).

Na sequência, o PNEf aborda eficiência energética em diversos setores, incluindo indústrias, transportes, educação, edificações e iluminação pública. De forma breve, o plano expõe o panorama da iluminação, mostrando o potencial de redução de consumo por meio da troca das lâmpadas utilizadas, além de indicar linhas de ações propostas, que incluem a sugestão das lâmpadas de LED (*Light Emitting Diodes*) (SALVIA, 2016).

No Brasil, a sociedade responde de forma a reduzir as demandas de energia e, nesse sentido, o governo introduziu diversas ações para amenizar os impactos relacionados ao uso de energia no País, por exemplo:

- Programa de Etiquetagem de Equipamentos ou Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE): esse programa, coordenado pelo Inmetro e conhecido como Selo Procel de Energia, promove a avaliação de diversos equipamentos, como lâmpadas, eletrodomésticos de linha branca, entre outros, definindo os requerimentos mínimos de desempenho e limitando o consumo máximo de determinada aplicação. Com base em medições realizadas pelo Procel/Inmetro, os equipamentos são classificados em níveis de eficiência de A (mais eficiente) a E (menos eficiente), sendo essa informação, bem como o consumo em cada nível, disponibilizados em uma etiqueta, que permite ao consumidor avaliar quão eficiente é o equipamento que ele pretende adquirir.
- Programa de Etiquetagem em Edificações: programa conhecido como Procel Edifica, promove o projeto de edificações mais eficientes por meio de avaliação da Envoltória, do Sistema de Iluminação e do Sistema de Condicionamento de Ar dos empreendimentos, com posterior concessão de selo de eficiência, que tem filosofia similar ao Selo Procel de Energia descrito anteriormente.

Podem-se definir como ações de eficiência energética toda e qualquer ação que promova a redução do consumo de energia, mantendo-se o mesmo nível de serviço prestado. Pode-se afirmar que as ações para o aumento da eficiência energética promovem aumentos na razão entre o nível de energia produzida e o nível de energia consumida. Essas ações de eficiência energética concentram-se normalmente nos estágios de operação e manutenção de sistemas e podem promover, em conjunto com a redução de consumo dos insumos (energia, água, gás etc.), reduções nos custos de operação e/ou manutenção (menos reparos e aumento

da eficiência dos sistemas e/ou equipamentos). As ações para melhoria da eficiência energética podem resultar também em aumentos de lucratividade associados à melhoria da qualidade e da confiabilidade dos processos.

Nesse sentido, técnicas vêm sendo desenvolvidas para avaliação e gestão da energia, permitindo o controle das demandas, principalmente em uma instalação comercial ou industrial. Essas técnicas são consolidadas, dando origem a normas que são mundialmente empregadas, como a família de normas ISO 14000 (ISO, 2014) e ISO 50001 (ISO, 2011).

Conforme Moreira et al. (2018), em um plano para aumento da eficiência energética de uma instalação, podem-se definir as seguintes atividades:

- definição de projeto alinhado aos objetivos da empresa na qual o plano será implantado;
- realização de diagnóstico preliminar e definição da linha base de consumo das instalações;
- realização de auditorias energéticas, inclusive entrevistas e reuniões com as diversas equipes da empresa;
- levantamentos de campo com avaliação de perfis de consumo de energia dos sistemas e equipamentos na empresa;
- definição de planos de ação com base em análises técnica e financeira;
- implantação das ações escolhidas;
- realização de acompanhamento das reduções atingidas por meio de processos de medição e verificação.

Diversas normas são utilizadas para a avaliação do desempenho de instalações, sendo que a norma ISO 50001 (ISO, 2011) foca nas definições do sistema de gestão de energia e em como esse sistema pode auxiliar no melhor desempenho dos sistemas e/ou equipamentos instalados.

Os propósitos principais dessa norma podem ser assim definidos:

- permitir que a organização estabeleça sistemas e processos para melhoria do desempenho energético das suas instalações;

- conduzir o processo para a redução de custos da emissão de gases de efeito estufa e de outros impactos ambientais;
- ser aplicável a todos os tipos de organizações.

Dessa forma, a implantação das diretrizes da norma ISO 50001 permite o desenvolvimento e a implementação de políticas, objetivos, metas e planos de ação para gestão racional de energia, levando em consideração todos os requisitos legais e demais requisitos aplicáveis às instalações analisadas. Essa norma prevê a aplicação do conceito de melhoria contínua conhecido pela sigla PDCA (*Plan, Do, Correct and Act*). Como principais resultados gerais da norma ISO 50001, podem-se citar:

- uso mais eficiente das fontes de energia disponíveis;
- melhoria da competitividade das organizações;
- impacto positivo nas mudanças climáticas.

Deve-se ressaltar que a norma ISO 50001 não estabelece requisitos absolutos para desempenho energético, mas prevê que ocorra a integração com outros tipos de sistemas de gestão, como qualidade, meio ambiente, saúde e segurança, responsabilidade social. A norma pode ser usada para auxiliar a empresa na certificação, registro e autodeclaração de seu sistema de gestão de energia.

De forma geral, a norma apresenta os passos e ações que devem ser realizados para a implantação de um sistema de gestão de energia.

No quesito de funções, responsabilidade e autoridade, a empresa deve indicar um representante, com adequado treinamento e competência, para:

- determinar critérios e métodos necessários à efetiva operação e controle;
- promover conscientização da política e objetivos em todos os níveis.

Conforme Moreira et al. (2018), já a política energética deve estabelecer o comprometimento da organização em atingir a melhoria do desempenho energético, enquanto a fase de planejamento deve contemplar as seguintes atividades:

- Revisão energética: consiste na identificação das áreas de significativo consumo de energia e daquelas que oferecem maior potencial de economia. Essa revisão deve ser documentada e atualizada em intervalos definidos ou no caso de modificações significativas na operação dos sistemas e/ou equipamentos da empresa. Para desenvolver a revisão, a empresa deve:
 - analisar o uso da energia com base em medições e outras informações;
 - identificar as áreas impactantes no uso de energia segundo as análises realizadas;
 - identificar oportunidades para melhoria no desempenho, inclusive pelo uso de fontes de energia alternativas ou renováveis.
- Determinação da linha de base de energia: define a referência por meio da qual serão avaliadas as mudanças de desempenho de energia na empresa. Essa linha é estabelecida a partir das informações da revisão energética inicial, considerando um espaço de tempo adequado em função do uso e consumo de energia da empresa. Essa linha de base deve ser realizada periodicamente, ou quando houver mudanças significativas nas instalações, equipamentos, sistemas ou processos na empresa.
- Definição de indicadores de desempenho: esses indicadores são parâmetros quantitativos identificados pela empresa para avaliar o desempenho energético de seus sistemas/equipamentos, permitindo avaliar o progresso para se atingirem os objetivos e as metas estabelecidas. Alguns exemplos de indicadores são: consumo de energia anual (kWh), consumo específico (kWh/ano/peça, kWh/m²).
- Atendimento a requisitos legais e a outros requisitos: a empresa deve atender a requisitos nacionais, internacionais, estaduais, municipais, entre outros, como requisitos de redução de impacto ambiental, acordos com associações de classe. A empresa deve ter um funcionário responsável pela revisão e atualização desses requisitos em função de mudanças de leis e regulamentações.
- Definição dos objetivos e metas a serem atingidos e elaboração de plano de ação: a empresa deve estabelecer, implementar e manter objetivos e metas consistentes com a política e o perfil energéticos relativos às áreas de consumo de alto impacto, bem como elaborar um plano de ação para alcançar os objetivos e metas propostos. No processo de seleção desses objetivos e metas, a empresa deve levar em conta:

- prioridades e critérios financeiros;
- necessidades de manutenção e infraestrutura;
- restrições e requisitos operacionais;
- qualidade e adequação das fontes de energia;
- possíveis impactos ambientais;
- disponibilidade de recursos humanos e técnicos;
- capacidade de avaliação das melhorias do desempenho.

2.4 Sustentabilidade

Conforme Brandli et al. (2017), muitas universidades buscam desenvolver conceitos e ações para o desenvolvimento sustentável e o equilíbrio econômico, social e ambiental. Para atingir este propósito, as instituições devem ser parceiras ativas nas metas estabelecidas pela ONU. Atualmente há dezessete Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que visam prever um quadro de políticas nos Estados membros, por um período de 15 anos. Os objetivos foram oficialmente adaptados no encontro das Nações Unidas em Nova York, e se tornaram aplicáveis a partir de janeiro de 2016, tendo como prazo até 2030.

Há dezessete metas que podem ser agrupadas em seis áreas temáticas: dignidade, pessoas, planeta, parceria, justiça e prosperidade. Para atender aos objetivos, as universidades devem estar motivadas e preparadas para: alcançar a igualdade entre os sexos; capacitar e dotar profissionais técnicos com competências para atuarem nas áreas de segurança alimentar e nutrição, visando a uma melhor qualidade da agricultura sustentável; capacitar profissionais para atuarem nas áreas de saúde ambiental, pública e humanas; certificar-se de que a educação inclusiva e equitativa está sendo alcançada e oportunizando aprendizagem ao longo da vida de todos (ou seja, expandir substancialmente o número de bolsas disponíveis para os países em desenvolvimento, a fim de ampliar o ensino superior nas áreas de tecnologias, engenharias, informação, comunicações, programas técnicos com foco em águas, saneamento, consumo sustentável, mudanças climáticas, conservação de solos e 31 oceanos, recursos marinhos, preservação de ecossistemas terrestres, combate a degradação, entre outros).

As instituições de ensino superior abordam o desafio de redesenhar o currículo para “preparar licenciados com conhecimento necessário e valores, com foco na capacidade e no pensamento crítico e motivado em atuar com a multiplicidade dos problemas associados com o estado não sustentável”. Além de seu valor intrínseco para a sustentabilidade, a inovação é vital para o crescimento econômico e desenvolvimento científico das universidades (BRANDLI et al., 2017).

A Sustentabilidade se caracteriza em três principais pilares: social, econômico e ambiental. Para se desenvolver de forma sustentável, uma empresa deve atuar de forma que esses três pilares possam interagir entre si de forma plenamente harmoniosa.

O pilar social trata de todo capital humano que está, direta ou indiretamente, relacionado às atividades desenvolvidas por uma empresa. Desenvolver ações socialmente visam proporcionar um ambiente que estimule a criação de relações de trabalho legítimas e saudáveis, além de favorecer o desenvolvimento pessoal e coletivo dos direta ou indiretamente envolvidos.

Já o pilar econômico se destina para que o meio seja economicamente sustentável, onde ele deve ser capaz de produzir, distribuir e oferecer seus produtos ou serviços de forma que estabeleça uma relação de competitividade justa em relação aos demais concorrentes do mercado. Ademais, seu desenvolvimento econômico não deve existir às custas de um desequilíbrio nos ecossistemas a seu redor.

Por fim, o pilar ambiental visa o desenvolvimento sustentável ambientalmente correto, e se refere a todas as condutas que possuam, direta ou indiretamente, algum impacto no meio ambiente, seja a curto, médio ou longo prazos.

2.5 Mercado Livre de Energia

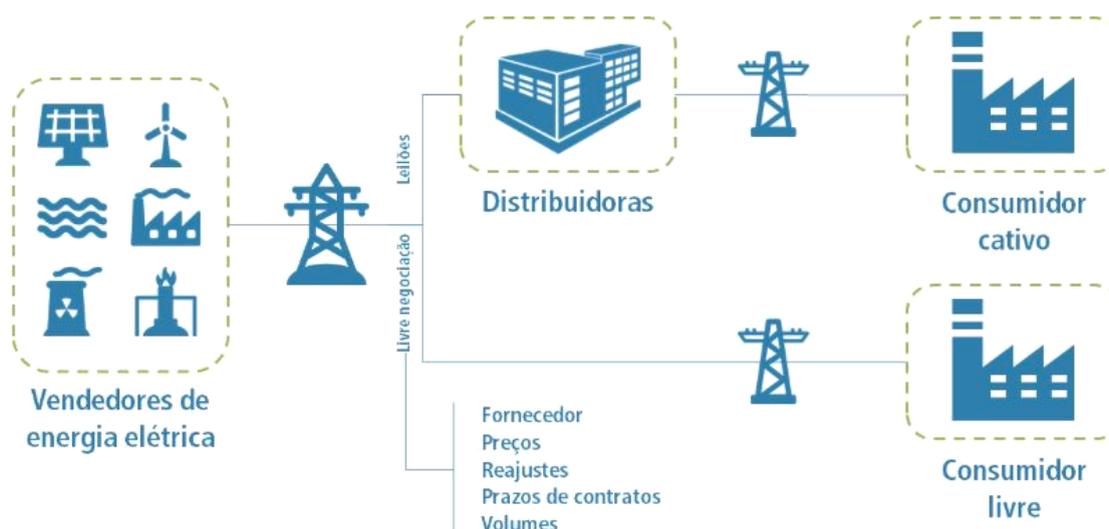
O mercado ou ambiente livre de energia é um modelo onde agentes do setor podem negociar livremente contratos de compra e venda de energia elétrica com condições de volume, preço, período, dentre outras, de forma completamente livre, diferentemente do ambiente regulado. Além da vantagem das partes envolvidas terem total liberdade de

negociação quanto aos parâmetros do contrato, outros benefícios podem ser observados por consequência:

- Maior previsibilidade orçamentária;
- Gerenciamento da energia elétrica como matéria prima;
- Alocação de energia para empresas do mesmo grupo;
- Preços mais competitivos do que no mercado cativo;
- Possibilidade de adequação da compra de energia ao processo produtivo;
- Mesmo preço para os horários de ponta e fora de ponta.

A Figura 6 demonstra a comparação de aquisição de energia elétrica entre os modelos Cativo (ambiente regulado) e Livre (ambiente de livre negociação). Na forma de compra via Mercado Cativo (convencional), o consumidor vai consumir energia faturada através de leilões regulados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Dessa forma, os custos chegam definidos ao cliente final. No Mercado Livre de Energia, o consumidor tem possibilidade de escolher e negociar diretamente com o vendedor, discutindo preços, reajustes, prazos de contratos e volumes de compra.

Figura 6: Comparação da metodologia de compra entre o Mercado Cativo e Mercado Livre



Fonte: Adaptado de ABRACEEL (2018).

No ambiente de contratação livre o consumidor permanece vinculado a concessionária de energia elétrica local. Através da Figura 7 observa-se que a fatura no ambiente livre é composta pela energia contratada diretamente do fornecedor, bem como, pelo uso dos sistemas de transporte (TUSD/TUST), faturados através da concessionária de energia.

Figura 7: Comparação do modelo de faturamento entre o Mercado Cativo e Mercado Livre



Fonte: Adaptado de ABRACEEL (2018).

Segundo a ABRACEEL (2018), mais de 60% da energia consumida pelas indústrias do País é adquirida no mercado livre de energia. Essas empresas buscam, principalmente, redução nos custos e previsibilidade na fatura de eletricidade. Desde 2003, o mercado livre proporcionou, em média, uma economia de 18% em comparação com o mercado cativo. As regras de ambos os mercados são definidas pela Aneel. Todos os contratos de energia são contabilizados mensalmente pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE).

Existem dois tipos de consumidores livres: os consumidores livres “tradicionais” e os consumidores especiais. Os Consumidores livres devem possuir, no mínimo, 3.000 kW de demanda contratada e podem contratar energia proveniente de qualquer fonte de geração. A única restrição é que, além do nível de demanda contratada, as empresas que se conectaram ao sistema elétrico antes de 7 de julho de 1995 têm de receber a energia em tensão superior a 69

KV. Os Consumidores especiais devem possuir demanda contratada igual ou maior que 500 e menor que 3.000 kW, independentemente do nível de tensão. É possível contratar energia proveniente apenas de usinas eólicas, solares, a biomassa, pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) ou hidráulica de empreendimentos com potência inferior ou igual a 50.000 kW, as chamadas fontes especiais de energia.

2.6 Redes inteligentes

Conforme Moreira et al. (2018), as redes inteligentes (*smart grids*) são redes elétricas nas quais ocorre uma convergência das tecnologias das redes de energia elétrica e redes de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), ou seja, as redes de energia elétrica e de TIC carregam, além de energia elétrica, dados que, mediante uma série de funções, permitem monitorar, supervisionar, controlar, proteger e atuar para uma melhor gestão do sistema.

As redes inteligentes incorporam funcionalidades, como:

- medição inteligente;
- qualidade de energia;
- autorrestabelecimento e autocura do sistema;
- mobilidade elétrica (carros elétricos);
- armazenamento de energia;
- gestão eficiente do sistema de iluminação pública;
- gestão da energia elétrica em consumidores (casas inteligentes);
- geração distribuída;
- integração com outros serviços (medição compartilhada, por exemplo).

No Brasil, entre as primeiras iniciativas, foi destacada a necessidade de regulamentar cada uma das áreas envolvidas no desenvolvimento da Rede Elétrica Inteligente. Nesse processo, a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) publicou Resoluções Normativas que regulam o mercado de energia elétrica e medições inteligentes.

O sistema elétrico mundial passará nos próximos anos por mudanças significativas, provenientes da integração com as infraestruturas de TIC. Deve igualmente estar preparado para o advento dos veículos elétricos e o aumento significativo das fontes de geração distribuída, além de diferentes ações de eficiência energética. Essa nova concepção de rede transformará o sistema elétrico mundial em um sistema inteligente ou de redes inteligentes (*smart grids*).

A implantação de redes elétricas inteligentes como principal instrumento de modernização do setor de energia elétrica é uma temática amplamente debatida no âmbito mundial. Trata-se de um modelo tecnológico com relativa complexidade conceitual, no âmbito do qual é considerada uma vasta diversidade de tecnologias, de equipamentos e de fabricantes, com inúmeros benefícios provenientes da efetiva implantação em toda a cadeia de fornecimento e consumo de energia elétrica (MOREIRA, 2018).

No que tange à política energética nacional, o desenvolvimento do sistema de energia inteligente poderá trazer os seguintes benefícios:

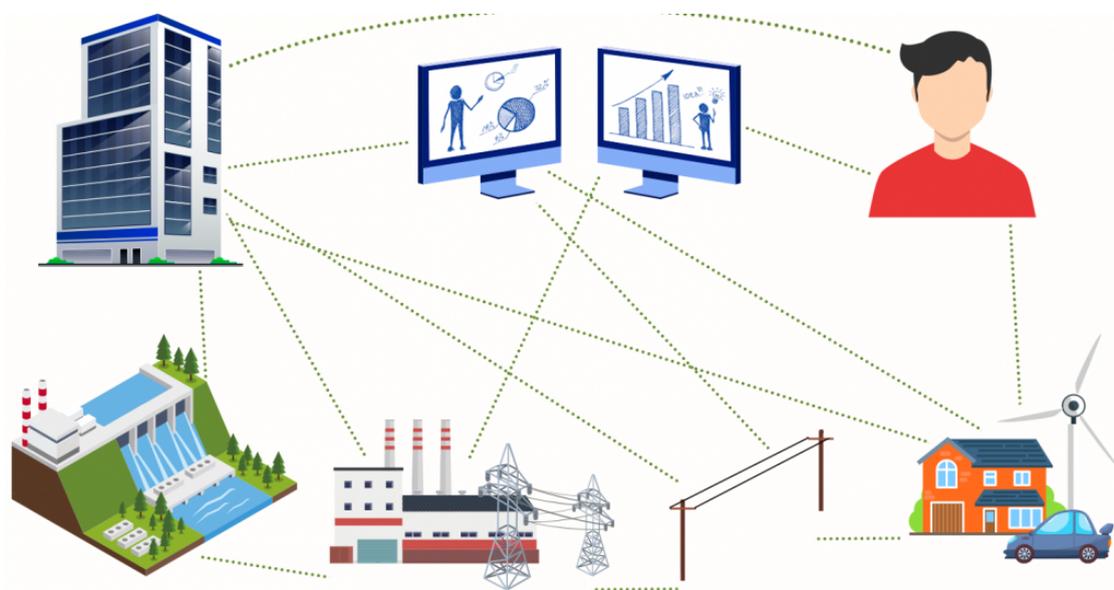
- promoção da segurança energética;
- modicidade tarifária;
- redução da assimetria de informações;
- aperfeiçoamento dos processos regulatórios;
- promoção da diversificação da matriz energética;
- estímulo ao uso eficiente do sistema elétrico.

No Brasil existem vários projetos pilotos de redes inteligentes que se encontram em diferentes níveis de implantação pelas concessionárias de energia elétrica de vários estados. Os principais projetos são: Minas Gerais - Cidades do Futuro (Cemig) em Sete Lagoas (MG); Rio de Janeiro: Cidade Inteligente Búzios (Ampla/Endesa Brasil), Armação dos Búzios (RJ); Smart Grid Light (Light), no Rio de Janeiro (RJ). Amazonas: Parintins (Eletrobras Amazonas Energia), em Parintins (AM); São Paulo - Smart Grid (AES Eletropaulo), em Barueri e outras localidades (SP); Inovcity (EDP Bandeirante), em Aparecida (SP); Ceará: Cidade Inteligente Aquiraz (Coelce/Endesa), em Fortaleza (CE). Paraná - Paraná Smart Grid (Copel), em

Curitiba (PR); Pernambuco - Arquipélago de Fernando de Noronha (Celpe), na Ilha de Fernando de Noronha (PE) (MOREIRA, 2018).

Todos esses projetos incluem medição inteligente e outras funcionalidades, como carros elétricos; redes de comunicação que usam várias tecnologias de TIC com e sem fio; sistemas de monitoramento e supervisão da rede, inclusive de qualidade de energia; geração distribuída com geradores fotovoltaicos e eólicos; gestão de iluminação inteligente; sistemas de localização de defeitos; sistemas de autorrestabelecimento e rede autocurada; gestão inteligente de energia elétrica em residências. A Figura 8 ilustra as possibilidades de integração de todos os sistemas supracitados, se comunicando e gerenciando uns aos outros.

Figura 8: Integração de sistemas smart grids



Fonte: Adaptado de Cemig (2018).

O Capítulo 2 apresentou importantes tópicos relacionados ao assunto desenvolvido nos próximos capítulos, tais como, referências ao insumo energia elétrica, suas características de consumo, contexto energético na matriz, meios eficientes de redução de custo e consumo, bem como, ações voltadas à sustentabilidade dos processos de consumo.

3 ESTUDO DE CASO

Neste Capítulo destaca-se primeiramente o processo metodológico utilizado no trabalho objetivando às melhores condições de análise e apresentação dos dados. Na sequência, demonstra-se os dados da Universidade de Passo Fundo - Campus I, *locus* de investigação deste trabalho, com históricos de custo e consumo, bem como, demais informações pertinentes ao desenvolvimento deste trabalho.

3.1 Metodologia

Conforme classificação de Volpato (2011), esta pesquisa se caracteriza como descritiva, já que os passos metodológicos são determinados pela sua questão, e não por alguma hipótese pré-definida, que neste caso é desnecessária.

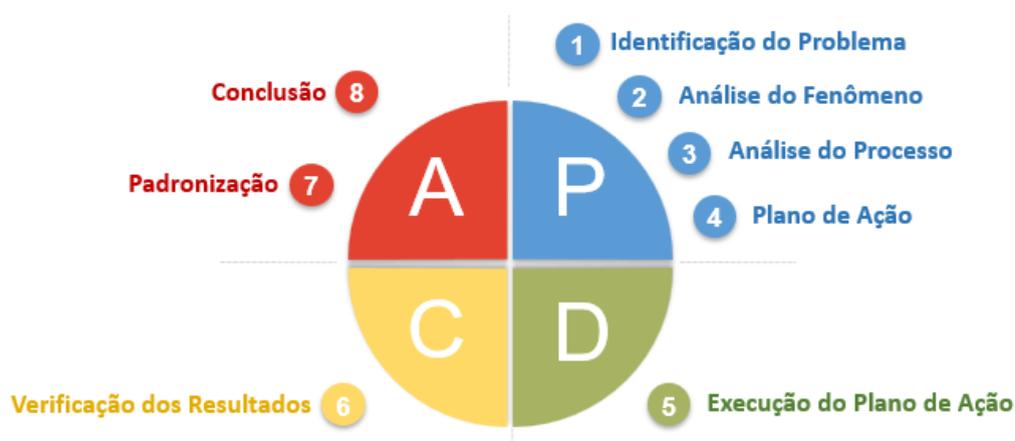
Adicionalmente, conforme Gil (2002), este trabalho também pode ser classificado como uma pesquisa exploratória, que visa aprimorar ideias ou conceitos e estimular a compreensão do tema estudado. Esta classificação se deve ao fato de que a pesquisa utiliza o estudo de multicasos, que compreendem o estudo profundo de alguns objetos, permitindo seu detalhado conhecimento.

Como também, a utilização da estrutura de melhoria contínua Plan-Do-Check-Act (PDCA), Planejar- Fazer- Verificar- Agir, implementando a Gestão da Energia nas práticas organizacionais diárias.

De forma geral, o ciclo visa de forma contínua e sem intervalos controlar e melhorar os produtos e processos. Tem como função principal o aperfeiçoamento dos processos reconhecendo as causas dos problemas e promover soluções para os mesmos. O processo é construído por atividades planejadas e recorrentes e sem um término determinado. Faz com que os processos de gestão da organização se tornem mais ágeis e objetivos, se tornando melhores a cada dia, podendo atingir excelentes resultados na gestão do negócio (SEBRAE, 2018).

Esse método de análise e mudança de processos parte do pressuposto de que o planejamento não é uma fase estanque, ou seja, não acontece uma única vez, tampouco é absoluta. Por isso, no decorrer do projeto pode ser preciso mudar o planejamento. E o Ciclo PDCA ajuda a fazer exatamente esse controle, que é contínuo, contribuindo para que cada processo se desenvolva da melhor maneira possível. A Figura 9 ilustra a síntese do ciclo PDCA.

Figura 9: Ilustração do Ciclo PDCA.



Fonte: Adaptado de SEBRAE (2018).

A seguir apresenta-se o detalhamento de cada etapa:

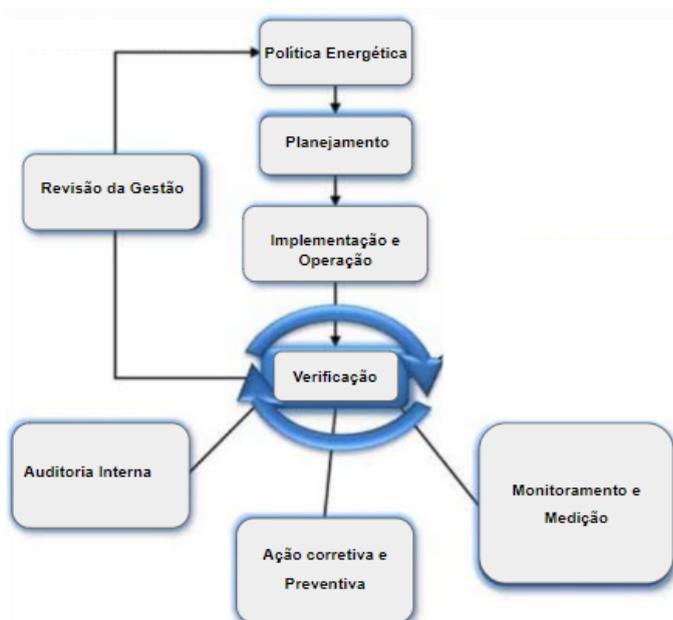
- **Planejar:** O planejamento começa pela análise do processo. As atividades citadas abaixo geralmente são utilizadas para a realização de uma análise eficaz:
 - Levantamento de fatos;
 - Levantamento de dados;
 - Elaboração do fluxo do processo;
 - Identificação dos itens de controle;
 - Elaboração de uma análise de causa e efeito;
 - Colocação dos dados sobre os itens de controle;
 - Análise dos dados;
 - Estabelecimento dos objetivos.

A partir daí, é possível iniciar a elaboração de procedimentos que garantirão a execução dos processos de forma eficiente e eficaz.

- **Fazer, Executar:** Nesta fase, colocam-se em prática o que os procedimentos determinados na etapa anterior, onde envolve o engajamento e treinamento do grupo de trabalho.
- **Checar, Verificar:** É nesta fase que se verifica se os procedimentos foram claramente entendidos, se estão sendo corretamente executados. Esta verificação deve ser contínua e pode ser efetuada tanto através de sua observação, quanto através do monitoramento dos índices de qualidade e produtividade. As auditorias internas de qualidade também são uma excelente ferramenta de verificação.
- **Agir:** Se durante a checagem ou verificação for encontrada alguma anormalidade, este será o momento de agir corretivamente, atacando as causas que impediram que o procedimento fosse executado conforme planejado. Assim que elas forem localizadas, as contramedidas deverão ser adotadas, isto é, as ações que vão evitar que o erro ocorra novamente.

O presente estudo caracterizado como uma pesquisa exploratória e de melhoria contínua, utiliza-se o ciclo PDCA aplicado à gestão de energia, conforme apresentado na Figura 10.

Figura 10: Etapas de controle com base no ciclo PDCA



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Os enquadramentos do ciclo destacados na Figura 10, estabelecem as seguintes e possíveis aplicações junto às práticas apresentadas neste trabalho:

- Desenvolver uma política para um uso mais eficiente da energia;
- Estabelecer metas e objetivos para ir de encontro à política;
- Utilizar a informação recolhida para melhor compreender e tomar decisões relativas à utilização e consumo de energia;
- Medição e monitorização dos resultados;
- Revisão da eficácia da política;
- Melhoria contínua da gestão a energia e eficiência energética.

Na sequência apresenta-se os dados infraestruturais do Campus I da Universidade de Passo Fundo, e demais informações pertinentes ao desenvolvimento do trabalho.

3.2 Infraestrutura da Universidade de Passo Fundo

O *locus* de investigação é o Campus I (principal campus) da Universidade de Passo Fundo (UPF), localizado na cidade de Passo Fundo/RS, no sul do Brasil. De acordo com Bortoluzzi et al. (2004), sua estrutura é composta por 12 Unidades Acadêmicas, além do UPF Parque, onde se realizam investimentos em pesquisa e inovação, além de outros setores de extensão e desenvolvimento (Universidade de Passo Fundo, 2017).

A infraestrutura do Campus I da Universidade de Passo Fundo (UPF) compreende uma área física total de 930.000 m². O total de área construída é de 186.645 m², sendo 169.074 m² de área coberta e 65.230 m² de área descoberta.

Conforme a Tabela 1, o Campus I possui 814 dependências classificadas entre laboratórios, clínicas, auditórios, salas de aula e outras.

Tabela 1 – Dependências voltadas a ensino e pesquisa*

Tipo de dependência	Quantidade
	UPF <i>Campus</i> Passo Fundo - <i>Campus</i> I
Anfiteatros/auditórios	16
Bibliotecas	2
Clínicas	83
Laboratórios	260
Oficinas didáticas	6
Salas de aula	301
Salas de ensino prático experimental	116
Outras (museu, piscinas, ginásios, salas de exposição, etc.)	30
Total	814

Fonte: Seção de Engenharia e Projetos (dados de janeiro de 2018).

* Na tabela, não estão incluídas as dependências do Parque Científico e Tecnológico UPF.

Através dos dados supracitados, percebe-se a dimensão da quantidade de dependências que possuem algum tipo de consumo elétrico atrelado. A área total que compõe o Campus I também deflagra a amplitude de áreas externas iluminadas com vistas à segurança e mobilidade da comunidade acadêmica.

O sistema elétrico do Campus I possui uma rede privada de média tensão (13.800 Volts), distribuindo a energia por toda a infraestrutura através de subestações setorizadas junto aos centros de consumo. São 800 postes nas redes de distribuição aéreas e iluminação.

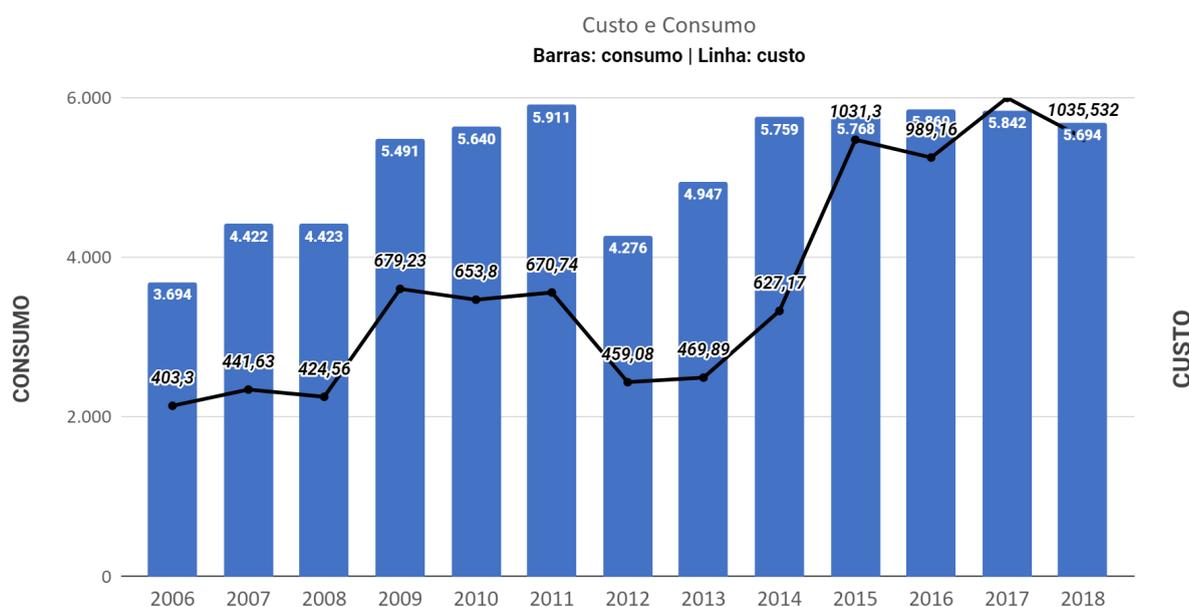
A seguir apresenta-se uma análise da relação de crescimento estrutural e o consumo de energia do Campus I. O processo de avaliação realizado neste estudo de caso é feito a partir de duas categorias:

- a) **Consumo de energia elétrica:** são analisados os dados de consumo de energia elétrica (kWh), bem como, de área construída no Campus I (m²) por um período de 10 anos, compreendendo os anos de 2006 a 2016. Também é realizada uma comparação do número de alunos matriculados em cada ano deste período, a fim de correlacionar o crescimento da instituição com o consumo energético.
- b) **Práticas de eficiência:** no Capítulo 4, discorrem os resultados e conclusões no que tange as práticas de sustentabilidade existentes na Universidade de Passo Fundo,

que, de uma forma ou de outra, contribuem para a eficiência energética em seus aspectos, como economia de energia, redução de desperdícios e de custos.

A Figura 11 apresenta o gráfico com a relação de custo (R\$) Milhões de reais/ano, e de consumo de energia elétrica (MWh) geral do Campus I durante o período de 2006 à 2018.

Figura 11: Histórico de custo e consumo da UPF - Campus I



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

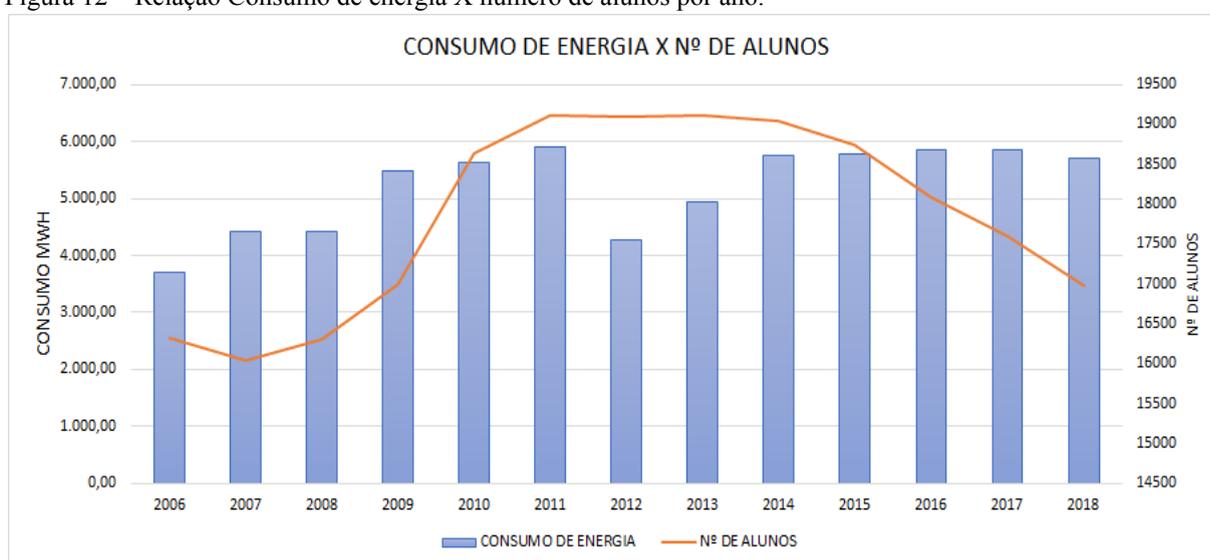
É possível verificar que no período entre 2007 e 2008, houve uma redução de custos e de estabilização do consumo de eletricidade. Por outro lado, em 2009 o consumo de energia aumentou em 24,15% e o custo em quase 60%. Isso se deu pelo aumento no número de alunos, pela informatização e potencialização das estruturas físicas, das atividades acadêmicas e administrativas, e pelo aumento no número de condicionadores de ar em salas de aula, laboratórios e área administrativas.

O período de 2010-2011 o custo de energia teve aumento significativo de 11,73%. Por outro lado, 2012 mostra um dos menores resultados do indicador, refletindo uma diminuição nos custos de consumo energético e, possivelmente, como consequência da aplicação de medidas de poupança decorrentes da observância do alto valor gasto no ano anterior.

Em 2015, houve um grande aumento no custo (R\$) de energia elétrica do Campus I, o que não correspondeu com o consumo energético e/ou expansão da área. Isso aconteceu porque, neste período, o Brasil sofreu de crise de água, de modo que a tarifa de energia teve um proporcional adicional para o consumo, de acordo com a Política Nacional de Tarifa. Os custos aumentaram 64,44% em relação ao ano de 2014. Em 2016 o custo caiu 4,09%, e o consumo seguiu ascendente com 1,6%. Já no período de 2017 e 2018 o consumo caiu 2,5% e o custo também teve um decréscimo.

Através do Figura 12, é possível comparar o dados de consumo de energia elétrica em função do número de alunos (em cada ano), no período de 2006 a 2018:

Figura 12 – Relação Consumo de energia X número de alunos por ano.



Fonte: Sistematização do autor.

Pela análise do Gráfico 1 ilustrado na Figura 12, verifica-se a proporcionalidade do aumento de consumo e número de alunos no período entre 2007 e 2011. Neste período foram construídos novos prédios e unidades acadêmicas, com isso, novos cursos foram implementados, e o número de vagas ampliado.

Em 2013 e 2014 verifica-se o aumento no consumo de energia em função da expansão de área construída, laboratórios, salas de aula e afins, bem como, conexão de novos climatizadores de ar ao sistema elétrico.

O gráfico também nos mostra que a diminuição no número de alunos em 5,25% durante o período de 2014 e 2018 não altera o indicador de consumo de energia, dessa forma, entende-se que o consumo segue proporcional a infraestrutura elétrica existente, independentemente do percentual de alunos subtraído. Esse fator deflagra que o decréscimo de 5,25% no número de alunos não é relevante para a redução de consumo.

O capítulo 3 discorreu sobre a metodologia utilizada neste trabalho, e posteriormente sobre os dados infraestruturais que são pertinentes ao desenvolvimento dos resultados deste estudo de caso, como área construída, número de dependências e demais dados elétricos.

Foi realizada também uma análise sobre os dados históricos de custo e consumo de energia elétrica, bem como, relacionando a população de usuários do Campus I num período de 12 anos.

4 RESULTADOS

Neste Capítulo, são apresentados os resultados e conclusões com vistas às práticas de sustentabilidade existentes na Universidade de Passo Fundo, que, parcial ou totalmente, contribuem para a eficiência energética, através da economia de energia, redução de desperdícios, de custos, e outras ações.

4.1 Práticas realizadas pela Universidade de Passo Fundo

Apresenta-se a seguir as práticas e resultados que vêm sendo observados, com vistas à redução de custo e consumo de energia elétrica no Campus I. Estas ações foram adotadas pela Engenharia da Divisão de Infraestrutura e Logística da Universidade de Passo Fundo.

As práticas destacadas abaixo visam a inserção dos conceitos de eficiência energética e sustentabilidade no meio de consumo em estudo, avaliando e demonstrando os resultados obtidos através de práticas já implementadas na Instituição, bem como, apresentando propostas de trabalhos futuros.

4.1.1 Implementação de normativa interna

Estabeleceu-se a emissão de uma normativa interna com vista à eficiência energética no consumo de energia elétrica dentro das infraestruturas da Instituição. O documento visou os objetivos de integrar e coordenar esforços de todos os usuários objetivando adequação e o equilíbrio no consumo de energia elétrica, eliminando desperdícios e estabelecendo mecanismo de racionalização da energia.

A normativa resultou em uma ferramenta para estimular a mudança com relação ao uso racional da energia elétrica, com vistas à eficiência energética e sustentabilidade.

Através desta diretriz inicial, foi possível implementar ações como a campanha interna para melhor eficiência no consumo. Conforme a Figura 13 ilustra o layout da campanha, os objetivos destacaram a conservação e o uso adequado de equipamentos elétricos.

Figura 13 – Campanha interna de economia de energia



**Seja consciente e ajude
a cuidar do nosso ambiente**

*Pequenas atitudes podem contribuir para uma enorme causa.
Se liga nestas dicas que preparamos e faça a diferença:*

- 
Programa a sua economia
 Configure seu computador para desligamento automático do monitor após 10 minutos sem uso.
- 
Monitore-se
 No final do dia, desligue seu computador, monitor, impressoras, projetores e outros aparelhos eletrônicos.
- 
Maior efetividade
 Utilize o ar-condicionado de forma consciente. Manter as portas fechadas traz mais efetividade ao funcionamento desse aparelho e representa economia de energia.
- 
Seu dia mais belo
 Curta a paisagem, abra as cortinas e aproveite a iluminação natural.
- 
Se liga nessa ideia
 Desligue as luzes ao sair ou sempre que um ambiente não esteja sendo utilizado.
- 
Cause uma boa impressão
 Papel não dá em árvore, ele é feito de árvore. Imprima somente o necessário.

*Repasse essas ideias,
contribua para não haver desperdícios.*




Fonte: Sistematização da Agência de comunicação UPF

Através da implementação da normativa, destaca-se o estímulo a mudança cultural na utilização correta dos equipamentos elétricos, bem como, na aquisição de equipamentos mais eficientes.

Dentro da Instituição, além do grande público consumidor, essas diretrizes atingem com ênfase alguns setores estratégicos, tais como:

- setor de engenharia e gestão de energia;
- setores de manutenção;
- setor financeiro;
- setor ambientais;
- setor de compras;
- reitoria - responsabilidade social e planos de desenvolvimento institucionais.

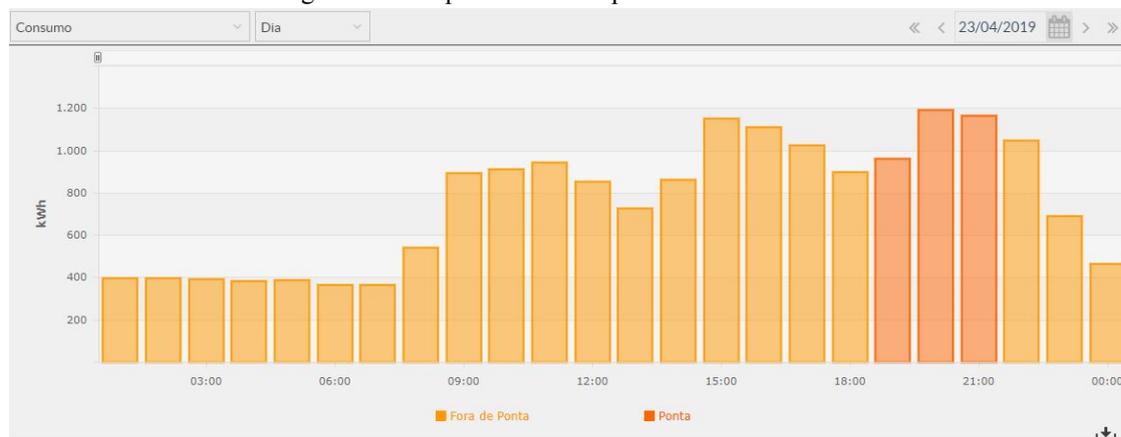
Esta prática vem sendo aplicada na Instituição associada a outros indicadores que podem fornecer dados quantitativos, tal como, o próximo item, 4.1.2 - gestão de indicadores de custo e consumo por setor.

4.1.2 Gestão de indicadores de custo e consumo energético setorial

Com o objetivo de mensurar e controlar o consumo de energia por setores/edificações, bem como, definir metas para sua redução conforme características de cada modelo de consumo, esta prática, em fase de implementação oportuniza o rateio dos custos dentro de um grande sistema único de faturamento.

A Figura 14 ilustra o consumo de energia macro no período de um dia contemplando 54 edificações dentro do Campus I. A partir do rateio por edificação, é possível atribuir as classes de consumo que compõem a curva de consumo exposta na ilustração.

Figura 14 – Curva de consumo geral do Campus I durante o período de um dia.

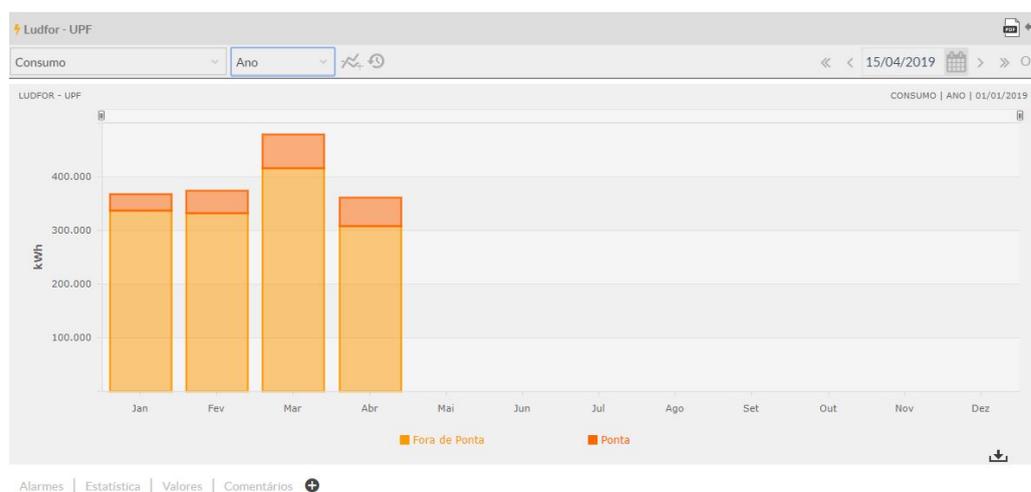


Fonte: Adaptado do sistema de monitoramento de consumo da UPF.

Oportunizando o rateio do consumo dentro de um grande sistema, se possibilita a avaliação de criticidade sobre as tomadas de ações frente às metas de redução de consumo. Além das vantagens supracitadas, esta prática permite que a divisão dos custos por unidade consumo seja um fator determinante para o cumprimento das metas econômico-financeiras da Instituição.

A partir desta modelagem, pode-se avaliar períodos mensais e anuais, conforme deflagra a Figura 15, de modo ainda ilustrativo com o consumo global. Com os dados setoriais, se possibilita o melhor gerenciamento aplicando critérios personalizados a cada modelagem de consumo.

Figura 15 – Consumo geral do Campus I por períodos mensais.



Fonte: Adaptado do sistema de monitoramento de consumo da UPF.

4.1.3 Programa de *retrofit* de equipamentos de climatização com baixa eficiência

Esta prática em regime de análise planejamento dentro do ciclo PDCA, objetiva reduzir o consumo de energia elétrica aumentando a eficiência dos equipamentos climatizadores conectados à rede elétrica do Campus I.

Esta ação permite a efficientização dos processos reduzindo o consumo de energia para realização de um mesmo serviço.

Com a adoção da política interna para aquisição de climatizadores com tecnologia tipo Inverter (mais eficiente), realizada juntamente com a implementação da normativa interna, tem-se a possibilidade de economizar energia em relação aos modelos do tipo convencional.

Tendo em vista a grande quantidade de equipamentos de climatização na Universidade, bem como, os longos períodos de utilização por dia, conclui-se que o tempo de retorno de investimento na tecnologia Inverter em relação a convencional varia entre quatro e cinco meses em média.

Os valores de tempo de retorno de investimento foram traçados com base nos dados fornecidos pelos fabricantes, onde os modelos mais eficientes com selo PROCEL A e a tecnologia Inverter permite economia de até 50% em relação aos modelos convencionais.

4.1.4 Melhorias nas redes de distribuição em média e baixa tensão das Infraestruturas

Esta prática objetiva diminuir as perdas de energia elétrica através da substituição de redes subdimensionadas e conexões dos sistemas de distribuição. Esse fenômeno também conhecido por queda de tensão, se dá quando a capacidade de condução de corrente elétrica de sistema elétrico é inferior à demanda. Este efeito aliado as distâncias das fontes de energia e cargas, influenciam em perdas elétricas.

A queda de tensão elétrica é causada pelas distâncias percorridas da corrente elétrica em um circuito, quanto maior for o comprimento do condutor maior será a queda de tensão, isso devido ao aumento de resistência elétrica.

De modo simplificado, desconsiderando o efeito magnético, é possível calcular a queda de tensão de modo tolerável usando os valores de resistência dos condutores e as equações abaixo:

Segue a Equação 1 o cálculo da resistência ôhmica:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

(1)

Onde:

R: Resistência elétrica em ohm.

ρ : Resistividade específica do material (0,0172 para o cobre).

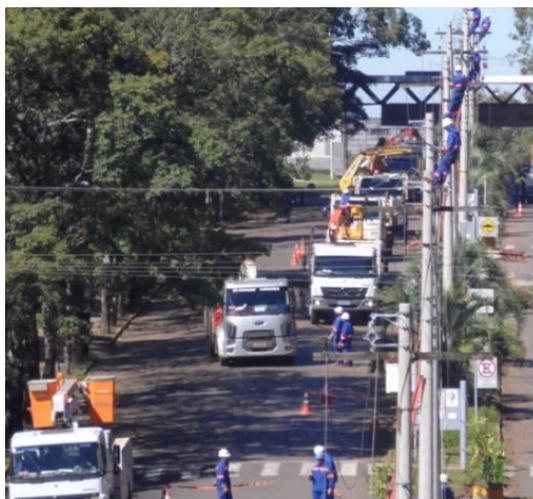
L: Comprimento do condutor em metros.

S: Seção do condutor em mm².

Mesmo com a equação e o método estabelecidos, a quantificação das perdas elétricas possui dificuldades de medição em grandes sistemas de distribuição de média e baixa tensão, podendo neste estudo se caracterizar como uma prática qualitativa dentro do processo.

A Figura 16 ilustra a revitalização da rede de distribuição aérea em média tensão, uma das ações que compõem esta prática dentro do Campus I da Universidade de Passo Fundo.

Figura 16 – Obra de revitalização da rede de média tensão da UPF - Campus I.



Fonte: Setor Sistemas Elétricos da UPF.

Estas ações nas redes aéreas e subterrâneas além de melhorar as condições de diminuição de perdas elétricas, contribuem diretamente com qualificação das estruturas visando os indicadores de continuidade de fornecimento de energia.

4.1.5 Programa de retrofit da iluminação interna em edificações (sistemas indoor)

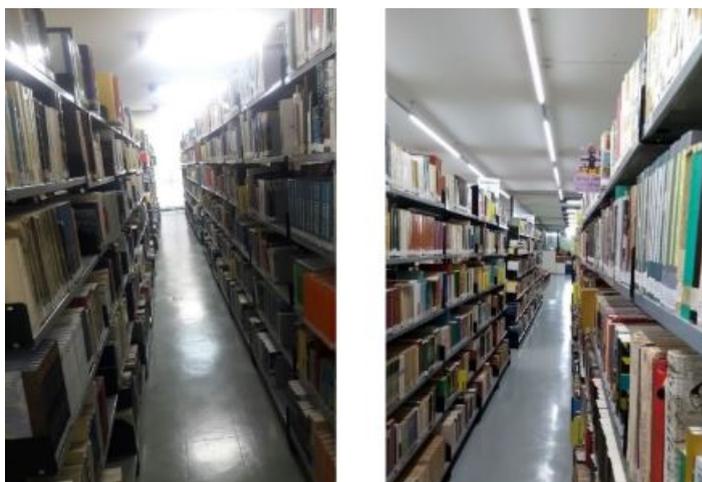
O programa de substituição de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED nas instalações internas das edificações visa a redução do consumo de energia elétrica, bem como, diminuição da manutenção dos sistemas através de tecnologia LED, com alta vida útil.

A Instituição possui um número aproximado de lâmpadas internas na casa de 20 mil unidades. Para este estudo, apresenta-se de modo amostral, o retrofit realizado do prédio da Biblioteca Central da Instituição.

Para reduzir o consumo e, conseqüentemente, o custo, a Instituição substituiu as lâmpadas fluorescentes antigas (110W e 32W) por LED (40W e 18W), instaladas na biblioteca. As novas lâmpadas são mais eficientes energeticamente e menos prejudiciais ao meio ambiente.

A Figura 17 descreve a mudança significativa na área iluminada através do comparativo entre antes e depois da implementação. Dois modelos de lâmpadas LED de 18W e 40W foram instalados. A implementação ocorreu em 2018.

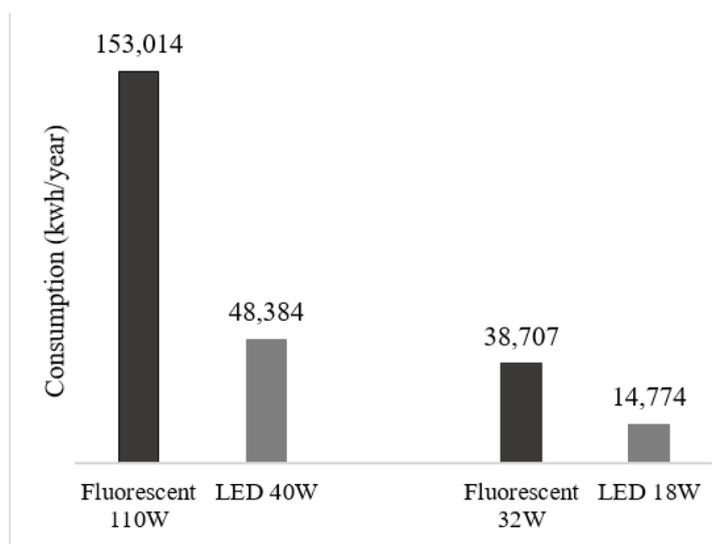
Figura 17 – Comparação entre os sistemas convencionais e novos em LED.



Fonte: Sistematização do autor.

A Figura 18 ilustra a redução de consumo anual, após a troca dos sistemas convencionais por LED. É possível verificar que o retrofit resultou na diminuição de 147,917 MWh/Ano, em termos percentuais, cerca de 73 % (REBELATTO et al., 2019).

Figura 18 – Comparação de consumo entre os sistemas convencionais e novos em LED - prédio Biblioteca.



Fonte: Sistematização do autor.

O modelo convencional de lâmpadas fluorescentes consumia aproximadamente 3,7 vezes mais que as novas lâmpadas de LED. Além da significativa redução de consumo, o programa de retrofit possibilita que sejam implementados sistemas de iluminação com garantia do fabricante de 3 a 5 anos, permitindo que nesse período se diminuam os ônus com manutenção para a Universidade.

O programa de substituição de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED nas instalações internas das edificações está proporciona melhor conforto visual, aumento na vida útil dos sistemas de iluminação, bem como, economia de energia que pode chegar até 73% em relação a iluminação fluorescente, dependendo do tipo de lâmpada e características de consumo.

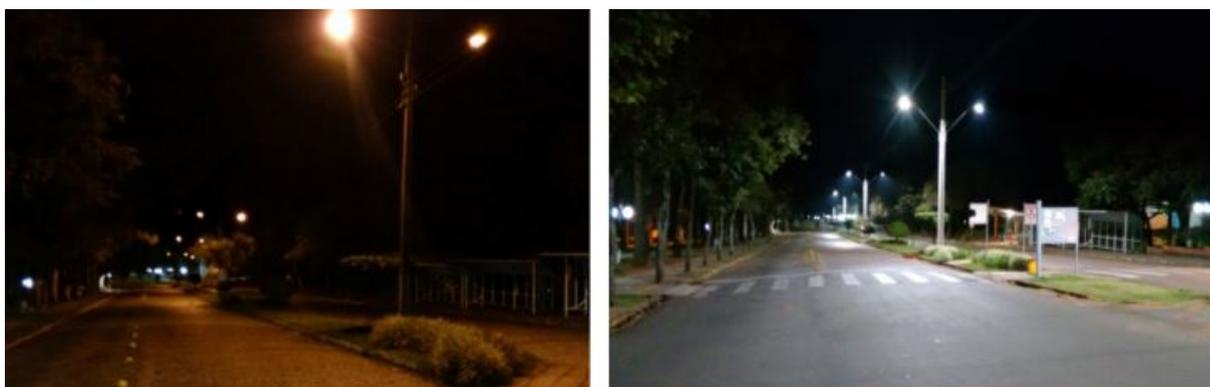
4.1.6 Programa de retrofit da iluminação externa em vias e estacionamentos (sistemas outdoor)

Esta prática contempla a substituição de lâmpadas vapor de sódio por tipo LED nas vias e demais áreas de iluminação externa do Campus (estacionamentos e áreas comuns). Objetiva-se a redução no consumo de energia elétrica, bem como, na manutenção através da tecnologia LED com alta vida útil.

O Campus I possui 540 pontos de iluminação outdoor em vapor de sódio, onde o programa direcionou um projeto piloto no ano de 2017 junto a 24 pontos de iluminação na avenida principal do Campus I. Os resultados do projetos podem ser avaliados a seguir.

Através da Figura 19 é possível verificar a comparação na diferença de iluminação entre sistemas Vapor de Sódio e sistemas em LED. O novo sistema apresenta melhor conforto nos aspectos visuais.

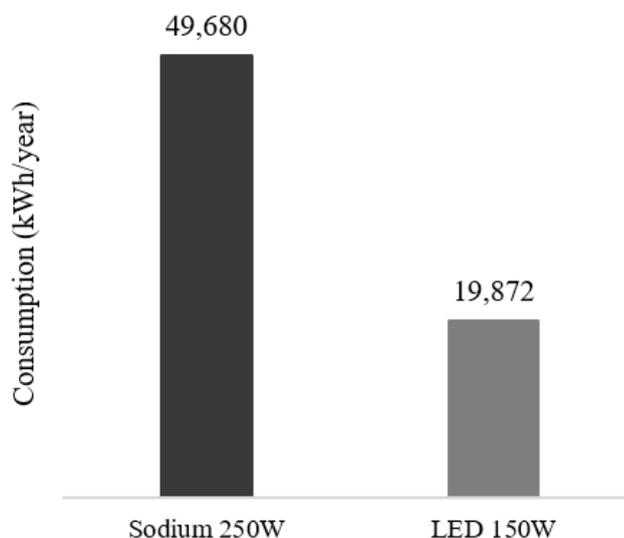
Figura 19 – Comparação de iluminação entre sistemas Vapor de Sódio 250W e LED 150W - Avenida Campus.



Fonte: Sistematização do autor.

Nos aspectos quantitativos de consumo, de acordo com o gráfico ilustrado na Figura 20, as lâmpadas de sódio em 250 W consumiam cerca de 49.680 kWh por ano, enquanto as lâmpadas LED de 150W consomem 19872 kWh/ano, resultando numa redução considerável do consumo de energia em aproximadamente 60% para esta aplicação (REBELATTO et al., 2019).

Figura 20 – Comparação de consumo entre sistemas Vapor de Sódio 250W e LED 150W - Avenida Campus.



Fonte: Sistematização do autor.

O projeto piloto na avenida principal do Campus permite avaliar através da utilização do ciclo PDCA, as condições de aplicabilidade no 516 pontos de iluminação restantes da Infraestrutura.

Através da etapa de verificação, concluiu-se que a expansão do programa deflagra em redução de consumo global na casa de 427 MWh/ano, permitindo a redução no consumo em até 54%, levando em conta os aspectos de fator de utilização de cada zoneamento do Campus.

4.1.7 Automatização dos sistemas de iluminação externos (outdoor) - smart grid

Esta prática objetiva a automação do gerenciamento dos sistemas de iluminação nas vias e demais áreas externas da estrutura multicampi, utilizando do conceito de *smart grids* (redes inteligentes).

Esta ação, em fase de implementação dentro do ciclo PDCA, direciona a diminuição do consumo de energia elétrica, e visa também aumentar a vida útil das lâmpadas através do controle de acionamento e dimerização da iluminação quando em desuso.

Conforme ilustrado na Figura 21, a implementação de módulos de gestão por luminária permite a comunicação dos pontos de iluminação entre eles, proporcionando a criação de uma rede sem fio e controlada remotamente.

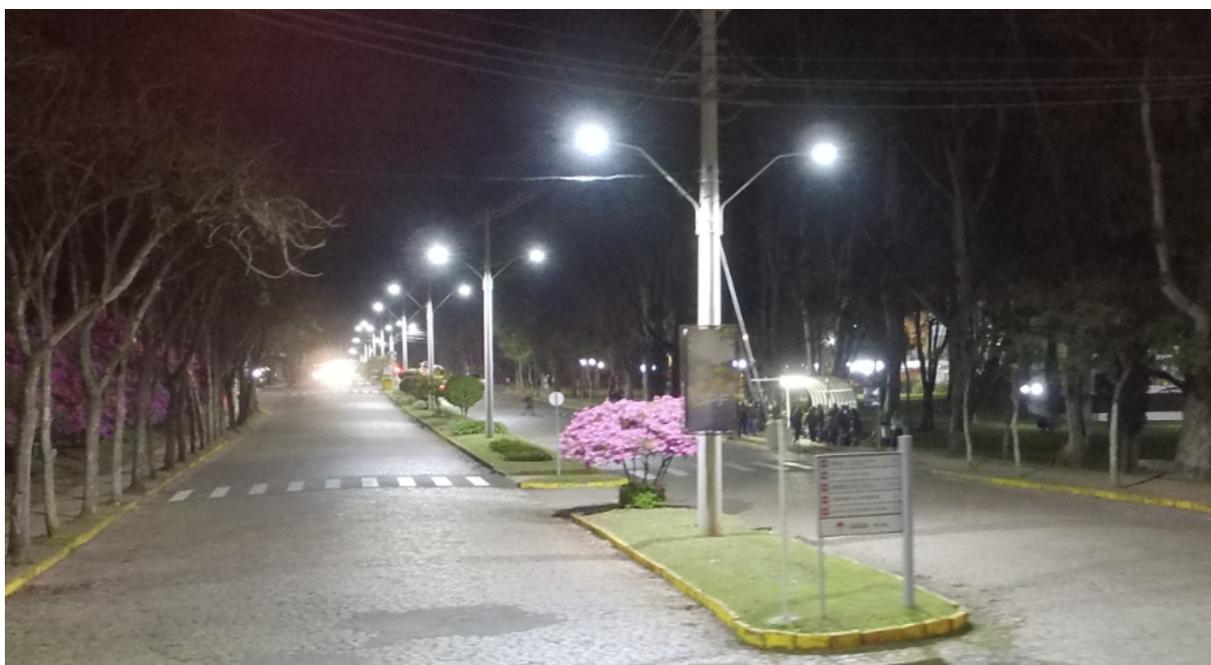
Figura 21 – Ilustração do sistema de comunicação dos módulos gerenciadores.



Fonte: Sistematização do autor.

A Figura 22 ilustra o sistema de iluminação proposto para o projeto piloto de gerenciamento de consumo, localizado na avenida principal do Campus I. Este espaço possui 24 pontos de iluminação numa extensão de 500 metros.

Figura 22 – Avenida com sistema de iluminação para projeto piloto de gestão.



Fonte: Sistematização do autor.

A implementação desse tipo de tecnologia permite a diminuição na intensidade de iluminação em pontos percentuais, com base nos critérios de utilização. É possível gerenciar a dimerização com base nos horários de utilização das áreas.

Outro benefício destes sistemas se dá na possibilidade de controle de quais pontos de iluminação permanecem acionados com base em critérios pré estabelecidos, com fatores de utilização visando horários em desuso.

Com a automação do acionamento dos sistemas de iluminação nas vias e demais áreas externas dos campi, viabiliza-se a utilização da estrutura apenas em horário comercial da Universidade. Com isso, reduz-se o consumo e demanda de energia elétrica, bem como, o aumento da vida útil dos equipamentos.

A próxima etapa desta ação objetiva a implementação da tecnologia em todos os pontos outdoor do Campus, conforme ilustração da Figura 23. O projeto disponibiliza uma central de gerenciamento única para controle de toda a iluminação remotamente.

Também é possível verificar na Figura 23, que o sistema de iluminação outdoor composto por 540 pontos abrange por cerca de 16 vias do Campus I. Na imagem são ilustrados pelo pontos azuis e distribuídos de forma homogênea, visando a melhor ambiência em iluminação.

Figura 23 – Planta de distribuição da iluminação externa do Campus I.



Fonte: Sistematização do autor.

Esta prática possui aplicabilidade em todos os tipos de sistemas de iluminação outdoor, principalmente na iluminação pública de grandes centros urbanos.

4.1.8 Projeto de compra de energia via ambiente livre

Esta prática objetiva a compra de energia elétrica 100% limpa e certificada, com custos reduzidos na aquisição direto das unidades geradoras em contratos de médio e longo prazo.

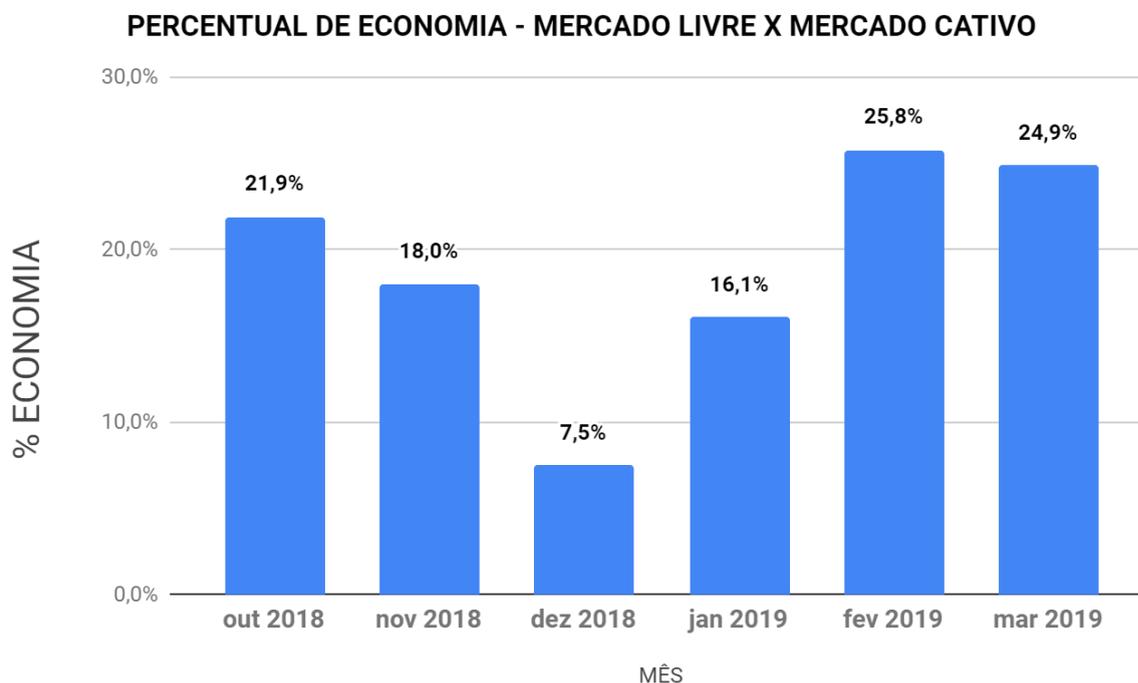
Até setembro de 2018, a Universidade comprava energia elétrica de um fornecedor de energia no mercado cativo (convencional), utilizando também grupos geradores a diesel para diminuição dos custos em horários de pico. No entanto, o uso dessa fonte causa danos ambientais devido às emissões de carbono. Desde outubro de 2018, a Instituição mudou a principal fonte de energia elétrica para o mercado livre de energia, buscando a sustentabilidade nos aspectos econômico e ambiental principalmente. O planejamento para a migração ao novo mercado iniciou em 2017, com estudos de engenharia, financeiros e jurídicos correlatos ao ambiente livre de energia.

Outro impacto positivo da prática mercado ou ambiente livre de energia, é a possibilidade de escolher fornecedores que possam garantir que a eletricidade seja proveniente de fontes renováveis. Além disso, o mercado livre também propõe um preço de energia constante, sem a necessidade de aumentar os preços quando o país passa por um período de alta demanda, ou quando as chuvas são escassas, ocorrendo a necessidade de suprir a matriz energética por meio de fontes não renováveis.

Além disso, a UPF pode desligar o gerador a diesel para horários de pico, já que o mercado livre permite o uso livre de energia sem exceder os custos em momentos de alta demanda energética, diminuindo os impactos ambientais.

Esta ação resultou em relevantes índices de economia financeira, conforme a Figura 24 ilustra, quando comparada a economia entre os dois mercados, é possível observar uma economia média de 19% entre os meses de outubro de 2018 e março de 2019.

Figura 24 – Gráfico de percentual de economia financeira no mercado livre de energia.



Fonte: Sistematização do autor.

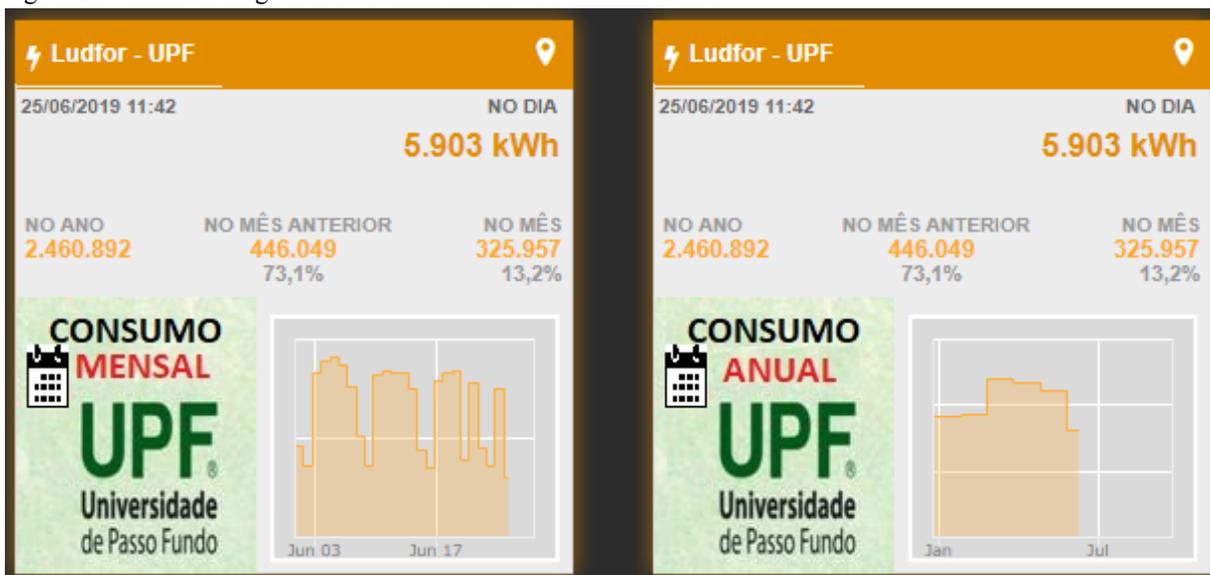
A variação no percentual de economia observada na Figura 24 ocorre geralmente em função de dois fatores, com base na proporcionalidade de energia consumida no mês, bem como, pelos adicionais de bandeira tarifária regulados através da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Além dos benefícios econômico-financeiros com a redução de custo direta, tem-se maior previsibilidade de gastos com energia durante o período de contrato, que variam geralmente entre 3 e 5 anos.

Esta ação encontra-se em processo de melhoria contínua dentro do ciclo PDCA, na etapa de verificação fazendo uso dos métodos de auditoria interna, ações preventivas e corretivas, e principalmente os aspectos de medição em tempo real e histórica.

A Figura 25 ilustra uma das ferramentas de monitoramento da prática mercado livre de energia, onde é possível acompanhar os consumo de energia mensais e anuais, e confrontar com os contratos realizados.

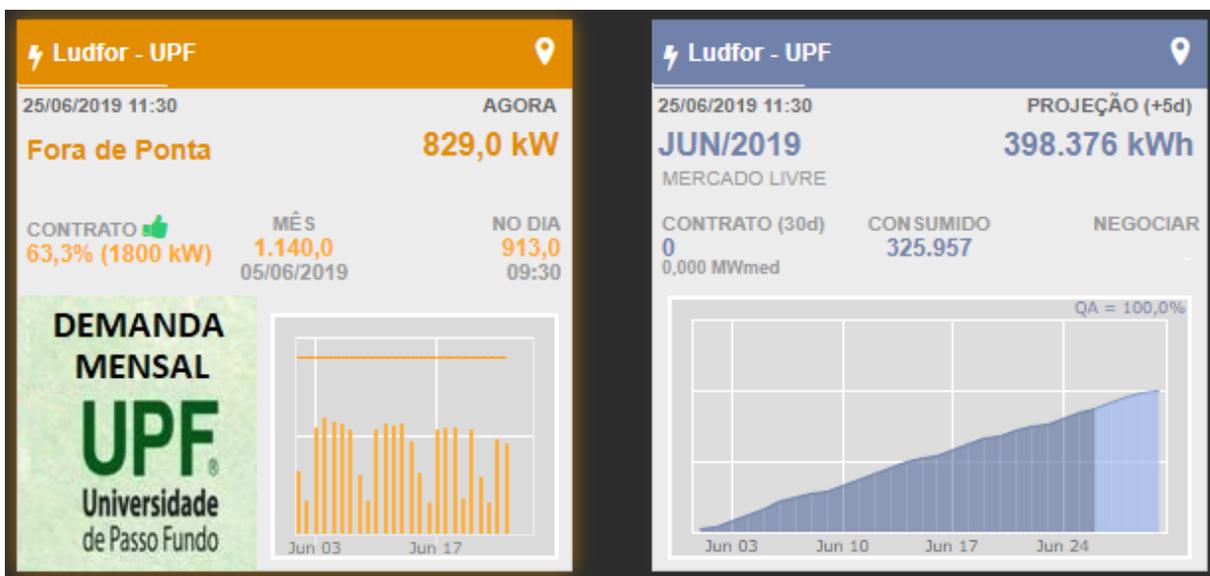
Figura 25 – Sistema de gerenciamento de consumo mensal e anual.



Fonte: Sistematização do autor - ferramenta de gestão energética.

É possível verificar também através da Figura 26, o acompanhamento da demanda contratada junto a concessionária de energia local, bem como, o gráfico de consumo cumulativo mensal.

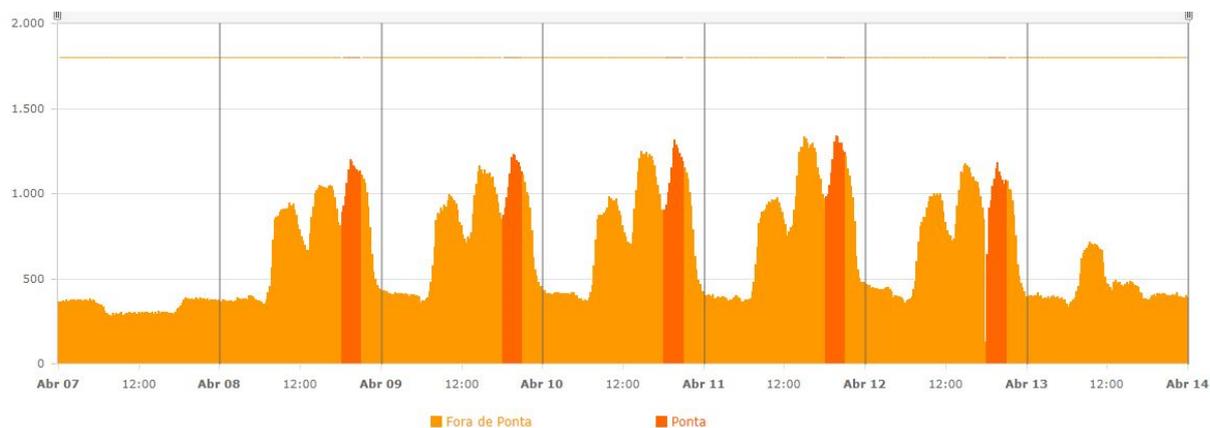
Figura 26 – Sistema de gerenciamento de demanda e contrato mensal.



Fonte: Sistematização do autor - ferramenta de gestão energética.

Esta ação também permitiu o melhor gerenciamento do perfil de consumo do Campus I visando a eficiência energética dos processos de uso final, conforme a Figura 27, é possível verificar a demanda de energia durante sete dias.

Figura 27 – Gráfico consolidado semanal demanda campus I.



Fonte: Sistematização do autor.

Entende-se a partir da análise e verificação do gráfico, que o perfil de consumo é direcionado em maior escala quantitativa para os turnos de tarde e noite, durante o período de segunda a sexta-feira.

Com indicadores e informações supracitadas, entende-se que o Mercado Livre de Energia contribui diretamente para os fatores de sustentabilidade econômica e ambiental, já que o acesso à energia é mais rentável, confiável e acessível, além de ter a garantia de vir de fontes renováveis.

4.1.9 Implementação de usina solar fotovoltaica

Uma ação recente da Universidade é a construção de um Parque de Geração Solar Fotovoltaica, conforme ilustrado na Figura 28, possui estrutura de 750m², 54 painéis fotovoltaicos totalizando potência total de 17,82 kWp. Sua área de captação é de 108 m².

Figura 28 – Parque solar fotovoltaico UPF.

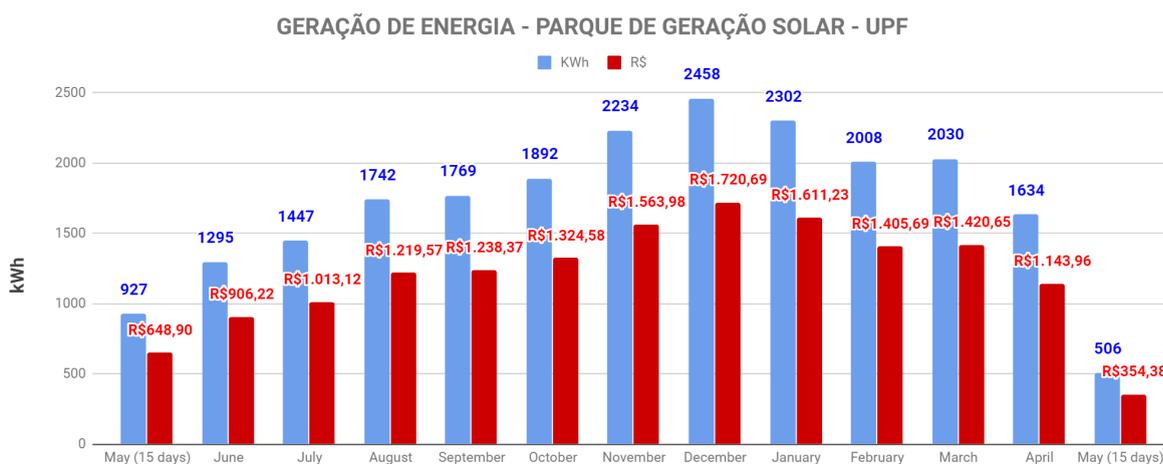


Fonte: Setor de sistemas elétricos da UPF.

Esta ação em fase de melhoria contínua e medições periódicas dentro do ciclo PDCA, objetiva aumentar a eficiência no consumo de energia com a geração própria e localizada. Redução de custos com energia, bem como, difusão da tecnologia academicamente e para o público regional através de pesquisas, visitas técnicas e afins.

O gráfico da Figura 29 ilustra a quantidade de energia renovável gerada após a implementação do parque solar. De acordo com o gráfico, nos primeiros doze meses após a implantação, vem gerando uma média de 1.854 kWh/mês. Além disso, percebe-se a variação gradual na geração de energia, já que depende da intensidade da radiação solar, de acordo com estação do ano.

Figura 29 – Gráfico de geração de energia e rendimentos - Parque Solar.



Fonte: Sistematização do autor.

A produção nos primeiros doze meses de operação totalizou:

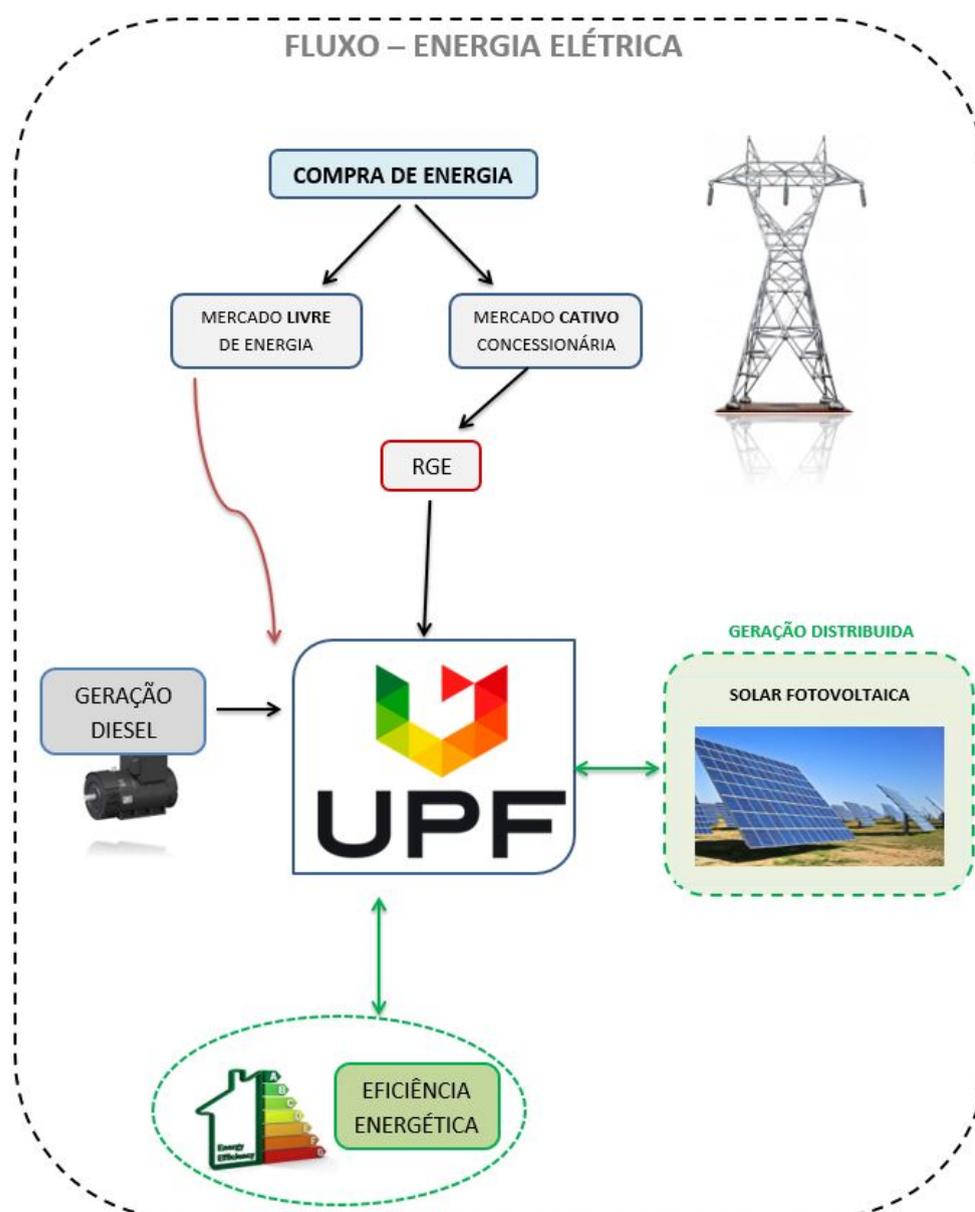
- Produção de 22.245 KWh;
- Rendimento de R\$ 15.571,31; e
- 22,3 TON de CO2 deixados de serem emitidos para atmosfera.

Com a implementação da Usina solar Fotovoltaica se permite instituir a difusão da tecnologia e do conceito de sustentabilidade energética através dos aspectos qualitativos sociais, bem como, do ponto de vista ambiental, com as Toneladas de CO2 deixados de serem emitidos à atmosfera. E por fim, os aspectos econômicos, através dos valores economizados e deflagrando um tempo de retorno de investimento em 4 anos, fazendo-se uso desse tipo de geração limpa e renovável.

4.2 Avaliação geral das práticas

O referido estudo de caso deste trabalho, foi planejado com vistas às práticas de eficiência energética e sustentabilidade, onde as nove ações supracitadas foram direcionadas com base no perfil de consumo da Instituição, bem como, na análise do seu fluxo energético, conforme ilustrado na Figura 30.

Figura 30 – Sistematização do fluxo de energia da UPF.



Fonte: Sistematização do autor.

Os fluxos destacados na Figura 30 demonstram que as práticas deste trabalho decorreram desde o princípio dos métodos de aquisição da energia elétrica, passando pela reavaliação do sistema de geração própria a diesel da Instituição (também, evitando investimentos em ampliação dos equipamentos), e posteriormente estudando as oportunidades da geração solar fotovoltaica, concluindo com as diversas aplicações do conceito de eficiência energética destacadas nos resultados deste trabalho.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Universidade de Passo Fundo possui diversas ações relacionadas à sustentabilidade e eficiência energética, estando algumas em desenvolvimento e outras em processo de implementação. A adoção dessas práticas proporciona a redução dos custos com a energia elétrica, contribuindo significativamente para o equilíbrio financeiro da Universidade, bem como para a instauração de um Campus mais sustentável, com menos emissões de gases de efeito estufa.

Através do processo de análise e resolução dos objetivos formulados, a pesquisa cumpriu com o objetivo geral, que consiste em avaliar os resultados da implementação de um sistema de gestão de energia baseado nas ações de eficiência energética em um sistema de consumo. Para isso foram estudadas práticas que visem a eficiência energética e sustentabilidade em meios de consumo, bem como, avaliados e demonstrados os resultados obtidos através de práticas já implementadas na Instituição, e por fim, a proposição de diretrizes de eficiência energética para redução de custos e consumo no âmbito geral, tendo como referência o estudo de caso apresentado neste trabalho. Diante disso, destacam-se as seguintes conclusões:

- 1) A implementação de política interna para conservação de energia, aliada a ferramentas de gestão de indicadores de consumo setoriais, permitem que os sistemas de consumo obtenham o melhor gerenciamento possível aplicando critérios personalizados a cada modelagem de consumo. Ademais, estas ferramentas servem para estimular a mudança cultural na utilização correta dos equipamentos elétricos, bem como, o uso racional e sustentável da energia elétrica.
- 2) Os programas de retrofit de climatizadores e sistemas de iluminação interna e externa do Campus I, demonstram que esta ação resulta diretamente na diminuição do consumo e custo de energia obtendo o mesmo serviço energético, e até mesmo, fornecendo melhores condições de conforto térmico e luminotécnico, respectivamente.

Além disso, estas ações promovem a redução nos custos com manutenção, sabendo que os sistemas mais eficientes possuem maior vida útil em relação aos convencionais.

- 3) As práticas relacionadas à gestão e conservação inteligente dos sistemas de iluminação e distribuição de energia, também conhecidas como smart grid, promovem a diminuição do consumo de energia elétrica, e visam também, aumentar a vida útil das lâmpadas através do controle de acionamento e dimerização da iluminação quando em desuso. Esta prática possui aplicabilidade em todos os tipos de sistemas de iluminação outdoor, principalmente na iluminação viária de grandes parques de iluminação, e também nas redes de distribuição.
- 4) As ações voltadas à geração própria de energia solar fotovoltaica, e a compra de energia limpa através do mercado livre, demonstram que é possível obter relevantes índices de economia financeira, observando que o mercado livre apresentou um percentual médio de economia em 19% durante seis meses analisados. Bem como, o projeto do parque solar fotovoltaico obteve rendimentos na casa de quinze mil reais/ano, e deflagrando um tempo de retorno de investimento de quatro anos. Estas práticas também possuem papel fundamental nos aspectos qualitativos sociais, bem como, do ponto de vista ambiental, com as Toneladas de CO₂ deixados de serem emitidos à atmosfera.

Diante das conclusões supracitadas, bem como do estudo de caso apresentado através de resultados quantitativos em algumas ações, e qualitativos para outras, é possível perceber a importância da promoção destas práticas, bem como, utilizando-se da análise acerca do planejamento, implementação, verificação e padronização dos processos ligados ao consumo de energia, bem como, aos resultados ambientais.

A análise do consumo de energia da Universidade de Passo Fundo demonstra que a variação da utilização da energia elétrica está diretamente ligada ao número de usuários da Instituição e sua sistematização, aumento de área construída, bem como, do número de

laboratórios, salas de aula e sistemas de climatização que possuem variação significativa conforme temperatura média dos ambientes climatizados durante o ano.

As experiências deste trabalho oportunizam a relação com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável do Milênio, em especial o número 7, que visa assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia, e também explorando oportunidades, ameaças, pontos fortes e fracos da aplicação dessas práticas no contexto de uma instituição de ensino superior.

Há fatores internos e externos importantes a serem considerados para atingir o objetivo principal de eficiência energética nos campi universitários. Como pontos fortes, políticas internas e externas de eficiência energética, tais como, a Política de Responsabilidade Social, Administrativa, Econômico e Financeira, diretrizes externas como o Programa Nacional de Eficiência Energética do Governo Federal, e até mesmo a certificação internacional ISO 50001 em gestão de energia. Além disso, destaca-se a importância do engajamento administrativo para implementar iniciativas e discutir as necessidades da instituição.

Ademais, entende-se que a eficiência energética e a sustentabilidade nas Universidades é de suma importância com vistas aos aspectos socioambientais, acadêmicos e financeiros. Neste ponto, ao compartilhar o estudo de caso da UPF e os direcionamentos de implementações futuras, este trabalho pode fornecer subsídios para outras instituições, municípios e outros sistemas de consumo que possuam um cenário similar de implementação de sustentabilidade, promovendo iniciativas de eficiência energética e gerando inovação, aprendizado e compartilhamento de conhecimento, além de capacitar a comunidade acadêmica através da inovação oriundas destas ações.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL, Resolução normativa nº 687 de 24 de novembro de 2015. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>

ALBERTO et al., Energias renováveis, geração distribuída e eficiência energética / Alberto Hernandez Neto ... [et al.]; organização José Roberto Simões Moreira. - 1. ed. - [Reimpr.] - Rio de Janeiro : LTC, 2018. il.

ALSHUWAIKHAT, H. M.; ABUBAKAR, I. An integrated approach to achieving campus sustainability: assessment of the current campus environmental management practices. *Journal of Cleaner Production*, 16(16), 1777-1785, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 50001. Sistemas de Gestão de Energia – Requisitos e Guia para Uso. ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE COMERCIALIZADORES DE ENERGIA (ABRACEEL) Mercado Livre de Energia. ABRACEEL, 2018.

ARAGÓN, C. S. et al. Identificação de investimentos em eficiência energética e sua avaliação de risco. *Gestão & Produção*, São Carlos, v. 20, n. 3, p. 525-536, 2013.

BARROS, Benjamim Ferreira de. Eficiência energética : técnicas de aproveitamento, gestão de recursos e fundamentos. São Paulo Erica **2015** 1 recurso online ISBN 9788536518404.

BORTOLUZZI, T. M. et al. A vegetação arbórea do campus da UPF minimizando o impacto da sua área construída. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, São Paulo, 2004.

BRANDLI et al., Pré-requisitos para a sustentabilidade nos municípios do Rio Grande do Sul [recurso eletrônico] / Luciana Londero Brandli.. [et. al.] (org.). – Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2017.

BRASIL. Constituição. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

_____. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, p. 1. 11 jul. 2001a.

137

_____. Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, n. 200, p. 1. 18 out. 2001b.

<http://portaldaestrategia.infraestrutura.gov.br/images/Artigos/Ciclo%20PDCA.pdf>

CAPELLI A., Energia elétrica: qualidade e eficiência para aplicações industriais / Alexandre Capelli.-- 1. ed. -- São Paulo: Érica, 2013.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). *Avaliação da eficiência energética na indústria e nas residências no horizonte decenal (2010-2019)*. Série Estudos da Demanda – Nota Técnica DEA 14/10. Rio de Janeiro: EPE, 2010.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 175 p.

GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL (GBC-Brasil). 2016. Empreendimentos LEED. Disponível em: . Acessado em: Disponível em:<<http://www.gbcbrasil.org.br/?p=empreendimentos-leed>>. 2 nov. 2018.

GREENPEACE. Mudanças do Clima, Mudanças de Vidas - Como o aquecimento global já afeta o Brasil. Greenpeace Brasil, 2006.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). Biomass Energy: Data, Analysis and Trends. Paris: IEA, 1994. _____. Key World Energy Statistics. IEA, 2016. _____. Key World Energy Statistics. IEA, 2013.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). Standard 50001 – Energy management systems, Requirements with guidance for use. ISO Standards, 2011. _____. Standards 14000. 2014. Disponível em: . Acessado em: 12 out. 2014.

KOLOKOTSA, D. et al. Development of a web based energy management system for University Campuses: The CAMP-IT platform. *Energy and Buildings*, 123, 119-135, 2016.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). Eficiência energética na arquitetura [recurso eletrônico] - 3. ed. / 2014 - (Livros) Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/198%205241/Livro%20-%20Efici%C3%Aancia%20Energ%C3%A9tica%20na%20Arquitetura.pdf>

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). Empresa de Pesquisa Energética (EPE). *Balanco Energético Nacional (BEN 2017)*, 2017. _____. Empresa de Pesquisa Energética (EPE). *Plano Decenal de Expansão de Energia 2022 (PDEE 2022)*, 2013.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). Empresa de Pesquisa Energética (EPE). *Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE 2027*, 2018

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). Empresa de Pesquisa Energética (EPE). ANUÁRIO 2017. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario2017vf.pdf>

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). Empresa de Pesquisa Energética (EPE). PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO ENERGÉTICO. Eficiência Energética nas indústrias e nas residências. Disponível em: [http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-245/topico-270/20100809_4\[1\].pdf](http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-245/topico-270/20100809_4[1].pdf)

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). Empresa de Pesquisa Energética (EPE). PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO ENERGÉTICO. Eficiência Energética e Geração Distribuída. Disponível em: [http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-245/topico-264/DEA%2012-16%20-%20Ef%20energetica%202015-2024\[1\].pdf](http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-245/topico-264/DEA%2012-16%20-%20Ef%20energetica%202015-2024[1].pdf)

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). Empresa de Pesquisa Energética (EPE). PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO ENERGÉTICO. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/planejamento-e-desenvolvimento-energetico/publicacoes-e-indicadores>

MÔNICA, MENKES. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, POLÍTICAS PÚBLICAS E SUSTENTABILIDADE. 2004 Disponível em: http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/efici%EAncia%20energ%EA9tica/Pesquisa/eficiencia_energetica_politicas_publicas_e_sustentabilidade.pdf

MOREIRA, Energias renováveis, geração distribuída e eficiência energética / Alberto Hernandez Neto ... [et al.]; organização José Roberto Simões Moreira. - 1. ed. - Rio de Janeiro: LTC, 2018. il. ; 28 cm

NOGUEIRA, Ciências ambientais para engenharia / organização Luiz Augusto Horta Nogueira, Rafael Silva Capaz. - 1. ed. - Rio de Janeiro : Elsevier, 2014.

NATÁLIA et. al. Usos Finais de Energia Elétrica no Setor Residencial Brasileiro. Disponível em: http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios_ic/IC2009_Natalia.pdf

PROGRAMA CIDADES SUSTENTÁVEIS. 5. ed. Jul. 2012. Disponível em: <http://www.cidadessustentaveis.org.br/downloads/publicacoes/publicacao-programa-cidades-sustentaveis.pdf>. Acesso em: 30 maio 2017.

REBELATTO, BIANCA GASPARETTO; LANGE SALVIA, AMANDA ; REGINATTO, GIOVANA ; DANELI, RANGEL CASANOVA ; BRANDLI, LUCIANA LONDERO . Energy efficiency actions at a Brazilian university and their contribution to sustainable

development Goal 7. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, v. 20, p. 10.1108/IJSHE-0, 2019.

SALVIA, AMANDA LANGE, EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM ILUMINAÇÃO PÚBLICA NA GESTÃO SUSTENTÁVEL DE CIDADES: ESTUDO DE MULTICASOS , 2016. Disponível em: <https://secure.upf.br/pdf/2016Amanda%20Lange%20Salvia.pdf>

SHIEL, Chris. et al. Evaluating the engagement of universities in capacity building for sustainable development in local communities. *Evaluation and Program Planning*, v. 54, p. 123-134, 2016.

TEIXEIRA G. O novo ciclo da energia nuclear. *Brasil nuclear*, v. 8, n. 23, p.167 – 185, 2002.

TOWNSEND, Anthony M. *Smart cities: Big data, civic hackers, and the quest for a new utopia*. WW Norton & Company, 2013.

THOMASHOW, M. The nine elements of a sustainable campus. *The MIT Press*, Cambridge, Massachusetts, 2014.

VOLPATO, G. L. Método lógico para redação científica. Botucatu: Best Writing, 2011.

YOSHIDA, Y. et al. Strategies for a sustainable campus in Osaka University, *Energy and Buildings*, v. 147, p. 1-8, 2017.



UPF
UNIVERSIDADE
DE PASSO FUNDO

UPF Campus I - BR 285, São José
Passo Fundo - RS - CEP: 99052-900
(54) 3316 7000 - www.upf.br