

1 Introdução

A energia é imprescindível para atender as necessidades da sociedade contemporânea. A busca por recursos tecnológicos para melhorar as condições de vida, aumentar o conforto individual e coletivo, e otimizar os processos industriais, tornou-se fator determinante para as transformações dos processos produtivos. Processos estes que se verte para um aumento progressivo do consumo de energia elétrica [10].

Para atender esta demanda, se faz necessário investir em geração de energia, que podem ser a partir de recursos renováveis¹ (hidroelétricas, eólicas, solar, biomassa, marés, biogás, ondas, geotérmicas) e não renováveis² (petróleo, carvão, nuclear e gás natural).

A exploração de recursos naturais para o aproveitamento energético geram impactos ambientais de proporções significativas para a sociedade, principalmente, em longo prazo. Despertando de maneira globalizada a necessidade de uma gestão ambiental e de desenvolvimento sustentável para as nações, sobretudo, nos países em desenvolvimento, de forma que possuam um planejamento energético integrado e eficiente, econômico e socialmente sustentável, que proporcione a inclusão de fontes renováveis na matriz energética [15].

O Brasil vive este desafio, condição *sine qua non* para alcançar patamares superiores trilhando o caminho da sustentabilidade, que tem como tripé: crescimento econômico com equilíbrio ambiental e justiça social, sendo imprescindível atender as necessidades da sociedade sem afetar as gerações porvindouras [44].

A economia precisa manter a taxa de crescimento do PIB per capita ascendente e estável, incrementando políticas macroeconômicas consistentes com metas de diversificação da matriz energética do país. Assim procedendo será capaz de gerar mais emprego e estimular o consumo, que, para viabilizar-

¹ Recursos Renováveis são recursos que se regenerarem em pouco tempo, com baixo impacto ambiental.

² Recursos não Renováveis são recursos que se esgotam, ou seja, uma vez consumidos não podem mais ser repostos e têm alto impacto ao meio ambiente.

se, depende de investimentos expressivos para assegurar o suprimento de energia elétrica [21].

A classe industrial apresenta uma expansão de consumo de 5,1% ao ano dentro da projeção da demanda. Para o atendimento da demanda prevista no decênio, verifica-se a necessidade de expandir o investimento em geração na ordem de R\$ 175 bilhões, sendo R\$ 108 bilhões em usinas ainda não concedidas ou autorizadas [23].

Os estudos prospectivos setoriais mostram que os grandes consumidores industriais refletem em uma importante parcela do mercado energético, e o aumento de seu consumo é em maior parte por combustíveis fósseis [22].

Estes estudos reforçam a necessidade de aplicação de medidas de eficiência energética, principalmente, no setor industrial.

A eficiência no uso da energia, em especial a elétrica, está na pauta do mundo desde os choques do petróleo na década de 70, quando ficou patente que as reservas fósseis não seriam baratas para sempre, nem o seu uso seria sem prejuízos para o meio ambiente [19].

A utilização de equipamentos eficientes, a modernização de maquinário, de aparelhos de climatização, de aquecimento e iluminação pode ser realizada com menos gastos de energia, repercutindo economicamente, ambientalmente, socialmente e culturalmente. Os hábitos de uso influenciam na eficiência energética, sendo possível desta forma, identificar a viabilidade econômica dos aparelhos, esta análise fornece subsídios para a implementação de tecnologias alternativas para o racionamento de energia [19].

Portanto é no setor industrial que a autoprodução de energia ganha maior relevância, pois é possível deslocar grande parte do consumo final de energia do horário de ponta para o fora ponta, fator este, importante para projeção de consumo de energia e a diminuição de investimentos na expansão do parque de geração do setor elétrico [21].

Com o mesmo potencial poluidor das indústrias se encontram os edifícios, onde o consumo de gás de cozinha, água e energia elétrica são responsáveis por 31% da emissão anual do gás que promove o aquecimento global [25].

O sancionamento da Lei de Eficiência Energética, n° 10.295 de 17/10/2001, o país deu um passo importante em termos de crescimento sustentável, que contribuiu para o avanço tecnológico de motores, máquinas e equipamentos, na busca da melhoria de eficiência energética, refletindo especialmente na indústria [32].

Em seu Art. 4º, a Lei de Eficiência Energética prevê a promoção da eficiência energética nos edifícios, os “prédios verdes”, que devem buscar fontes alternativas de energia, controle de consumo e a busca pela eficiência total [32].

Os edifícios ambientalmente sustentáveis podem receber a certificação de prédios verdes, ou seja, o selo verde, indicando que o edifício pratica medidas para aumentar a eficiência no consumo de energia, água e materiais, reduzindo impactos na saúde humana e no ambiente, funcionando como um importante meio de Gerenciamento pelo Lado da Demanda (GLD) [48].

O GLD é utilizado na indústria da eletricidade desde os anos 70, quando houve a crise do petróleo que balizou profundas modificações nas empresas, especialmente nos países industrializados, devido ao aumento do custo e a falta de segurança no suprimento de energia, forçando a procura por meios alternativos de abastecimento [6].

O GLD oferece resultados favoráveis no curto prazo, além do pequeno prazo de implantação, com menor investimento, aliviando a sobrecarga do sistema elétrico, contribuindo para a estruturação e planejamento da matriz energética do país.

Um programa de GLD envolve planejamento, análise e implementação de atividades que influenciam o consumidor a mudar a configuração de sua curva de carga. A implantação de cada alternativa pode resultar num uso eficiente de recursos e reduzir os custos para a empresa elétrica e para o consumidor [6].

O gerenciamento do uso eficiente de energia permite promover alterações no perfil e remodelar a curva de carga dos consumidores, sendo muito comum seu emprego para o horário de ponta³, período em que a tarifa de energia é bem mais cara e em que o sistema elétrico encontra-se sobrecarregado [6].

Existem várias alternativas para o gerenciamento de demanda, dentre elas a termoacumulação, sistema de produção e acumulação de gelo ou água gelada, usado em sistemas de ar-condicionado, que se mostra eficiente no deslocamento de cargas, indicado principalmente, para altas cargas em horário de pico.

Esta dissertação foi desenvolvida em conexão com o projeto de P&D LIGHT ANEEL 03/08, intitulado *Racionalização do uso de energia e aplicação de termoacumulação como estratégia para proposição de tarifa diferenciada voltada a clientes comerciais de alto consumo*, e visa à aplicação desta tecnologia como

³ Horário de Ponta é o horário compreendido de 3 horas consecutivas no intervalo de 17h às 22h, dos dias úteis, definido pelas Concessionárias de acordo com o seu perfil de carga.

alternativa de deslocamento de carga com o propósito de criação de tarifas diferenciadas.

1.1. Problematização e motivação

A solicitação ao sistema elétrico, especialmente, no horário de ponta, é extremamente alta. Fato este que se explica pelo crescente aumento do uso de equipamentos tecnológicos e da expansão da economia, que movimentam o comércio e a indústria requerendo o uso racional de energia. Assim, o gerenciamento pelo lado da demanda se torna cada vez mais determinante para o sucesso do planejamento energético do país.

O condicionamento de ar é um componente que possui grande participação final no consumo de energia do setor produtivo, principalmente em determinados processos, que requerem a necessidade de se garantir o conforto térmico no ambiente de trabalho.

A termoacumulação propicia o uso racional de energia para climatização de ambientes, porém o investimento nas instalações do sistema é alto, desta forma o seu retorno pode ser favorável ao grupo de clientes com alto consumo de energia.

As concessionárias têm interesse em que seus clientes utilizem de forma racional a energia, os consumidores por outro lado, interessam-se em reduzir o custo de energia, o que pode ser feito através de alternativas tecnológicas de GLD, como a termoacumulação.

Sendo, portanto, necessário que as concessionárias identifiquem os seus clientes que possuem potencial para a utilização de sistemas alternativos de racionalização de energia, para incentivar o seu uso.

A análise da curva de carga dos consumidores é uma das formas para se conhecer as características de consumo e o perfil dos clientes. Assim torna-se possível identificar quais são potenciais para o uso da termoacumulação ou de outras tecnologias alternativas.

Desta forma, a pesquisa possui três motivações: (i) oferecer uma ferramenta de auxílio à decisão para o planejamento energético das concessionárias; (ii) explorar a possibilidade de difundir uma alternativa sustentável na matriz energética do Brasil e (iii) atender aos interesses do Programa de Pós-Graduação em Metrologia, que dedica parte do seu esforço para temas relacionados com a instrumentação e metrologia para energia.

1.2. Hipótese

O algoritmo de geração automática de curvas de carga é uma ferramenta de auxílio à tomada de decisão das concessionárias no que diz respeito ao seu planejamento energético e do incentivo ao uso de tecnologias alternativas para a racionalização de energia.

1.3. Objetivo geral

Desenvolver e validar um algoritmo capaz de identificar, por meio de medições continuadas do consumo, os clientes potenciais para a proposição do uso de tecnologias alternativas de racionalização, com foco na termoacumulação.

1.3.1. Objetivos específicos

- Mapear os clientes de uma concessionária com potencial para fazer uso de tecnologias alternativas para consumo de energia.
- Identificar os grupos em que se encontram os clientes que possuem características para o uso de termoacumulação.
- Avaliar se o algoritmo de detecção proposto pode ser utilizado como ferramenta de decisão para uso da termoacumulação.

1.4. Metodologia

A metodologia adotada para realização deste trabalho inclui: (i) pesquisa teórica sobre o tema estudado; (ii) tratamento estatístico dos dados reais de medição dos grandes clientes da concessionária LIGHT; (iii) implementação do algoritmo no sistema de geração das curvas de cargas.

A pesquisa teórica abrangeu a análise de documentos públicos, encontrados nos sites do Governo, legislações e trabalhos técnicos e científicos constantes nas referências desta dissertação.

Os métodos estatísticos utilizados para o tratamento dos dados foram o de *“missing data”* para preenchimento de dados faltantes e de *outliers* para eliminação de dados discrepantes.

Para a geração das curvas de carga, foi desenvolvido um sistema computacional para implementação do algoritmo, e a partir dele, realizar o mapeamento das curvas, com base nas medições dos consumidores da concessionária.

1.4.1. Classificação da pesquisa

Esta pesquisa foi classificada quanto aos fins, aos meios, à natureza e à abordagem.

Quanto aos fins a pesquisa é de caráter descritivo, pois caracteriza uma população amostral; explicativa, por visar esclarecer fatores que contribuem para o uso de determinada tecnologia; metodológica, devido à utilização e manipulação de dados; aplicada, por objetivar solucionar um problema no setor elétrico utilizando medidas de eficiência energética.

Quanto aos meios de investigação a pesquisa é documental, porque foram pesquisados vários documentos públicos e privados; bibliográfica, devido à utilização de materiais publicados em diversas fontes de informações; e estudo de caso para solidificar a avaliação técnica–econômica do projeto.

Quanto à natureza a pesquisa é aplicada, pois deseja gerar conhecimento de aplicação prática, para solução de problemas específicos, como a racionalização de energia e eficiência energética.

Quanto à abordagem a pesquisa é predominantemente quantitativa, pois seus resultados serão quantificados e serão utilizadas técnicas estatísticas.

1.4.2. Estrutura da dissertação

A seguir é apresentada de forma sucinta a estrutura desta dissertação.

No **capítulo 1** é apresentada uma introdução sobre o trabalho, incluindo a motivação para realização desta pesquisa, os objetivos geral e específicos, que nortearam o seu desenvolvimento, e a metodologia utilizada.

No **capítulo 2** é realizada uma revisão bibliográfica onde é apresentada a situação da eficiência energética no setor elétrico brasileiro.

No **capítulo 3** referencia a teoria, a prática, as funções e a importância da modulação e mapeamento da curva de carga.

No **capítulo 4** é apresentada a tecnologia alternativa de termoacumulação para a eficiência energética.

No **capítulo 5** é apresentado o algoritmo elaborado para de detecção de potenciais clientes ao uso de alternativas de conservação de energia, implementado no sistema computacional SIMCAR, desenvolvido para geração de curvas de carga.

No **capítulo 6** expõe os testes e a aplicação do algoritmo, ressaltando sua viabilidade.

No **capítulo 7** são apresentadas as conclusões e as recomendações para o desenvolvimento de futuros trabalhos sobre o tema visando apresentar contribuições para o setor elétrico.