

ANÁLISE E GERENCIAMENTO DE CURVA DE CARGA VISANDO A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA - ESTUDO DE CASO

Anderson Tavares Machado – anderson.kta@gmail.com

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, CEFET-MG, Engenharia de Controle e Automação, campus III,
Rua José Peres, 558, Centro
CEP: 36.700-000, Leopoldina, MG

Olga Moraes Toledo – olgatoledo@leopoldina.cefetmg.br

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, CEFET-MG, Coordenação de Engenharia de Controle e Automação
Rua José Peres, 558, Centro
CEP: 36.700-000, Leopoldina, MG

Matusalém Martins Lanes – mmlanes@leopoldina.cefetmg.br

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, CEFET-MG, Coordenação de Engenharia de Controle e Automação
Rua José Peres, 558, Centro
CEP: 36.700-000, Leopoldina, MG

Resumo: *Na atualidade, o atendimento à crescente demanda energética é uma prioridade em todo o mundo. As dificuldades em aliar sustentabilidade e crescimento para o atendimento à demanda definem a necessidade do processo de eficiência energética. O gerenciamento do lado da demanda resulta em ações que levam ao melhor aproveitamento da energia disponibilizada pela concessionária. Para tal finalidade, um dos primeiros passos é a análise da demanda. Este artigo tem como finalidade descrever e analisar o comportamento da curva de carga do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, CEFET-MG, campus III, Leopoldina, MG. Através destes dados, propõe-se o melhor valor da demanda contratada utilizando métodos de análise das curvas de consumo com aplicação de gerenciamento do lado da demanda. Depois de estudado e avaliado o perfil de carga, foram realizadas simulações para a identificação do melhor e mais eficiente atendimento para a instituição em termos econômicos e energéticos.*

Palavras-chave: *Eficiência energética, Planejamento integrado de recursos, Gerenciamento do lado da demanda.*

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica é peça fundamental na vida das pessoas, comércios, escolas e indústrias. Dessa forma, associado diretamente com a globalização e os avanços da tecnologia, a energia elétrica tem sido uns dos bens mais utilizados do mundo. Esse crescente aumento do consumo elétrico se depara com o problema de disponibilidade e obtenção das

fontes de energia. Entre as soluções propostas para tal problema de fornecimento tem-se o investimento em novas usinas hidroelétricas e termelétricas, importação de eletricidade de países vizinhos e estudos em eficiência energética (ALVAREZ, 1998).

A carência de recursos financeiros faz com que a melhor escolha esteja vinculada em primeira instância à eficiência energética. Portanto, em face a necessidade de se conseguir associar o aumento do consumo com o uso racional de energia elétrica, é preciso um sistema de gerenciamento de energia elétrica que acompanhe essa dinâmica de forma a se fazer o melhor uso da energia elétrica, ou seja, ter um mínimo de gasto para uma máxima utilização dos bens e se beneficiar com isso, pois sem um acompanhamento dessa evolução, pode-se estar fazendo o mau uso da energia e acarretando prejuízos nas contas de energia elétrica. (BRAGA, 2007). Considerando-se o processo de efficientização energética é essencial tanto para a concessionária tanto para o consumidor o conhecimento do comportamento do seu perfil de consumo e demanda. As análises provenientes da evolução do comportamento do consumidor definem mudanças de carga tanto nos níveis de distribuição quanto no de geração de energia (TSEKOURAS *et al.*, 2011; ALMEIDA *et al.*, 2011).

Tomando por base esta problemática, este artigo propõe métodos de análises do consumo de energia elétrica para o levantamento de soluções para o uso da energia elétrica de forma racional e lucrativa em um estudo de caso para o campus III do CEFET-MG.

2 CARACTERIZAÇÃO DA DEMANDA

O CEFET Leopoldina, uma instituição federal de ensino de nível médio e superior, ocupa um terreno com área de 20.965,59 m² e uma área de construção de 5.625,63 m². O campus possui o curso superior de Engenharia de Controle e Automação e os cursos técnicos de Eletrotécnica, Mecânica, Informática e Eletromecânica. A distribuição dos horários das aulas se dá nos turnos da manhã, tarde e noite, iniciando as aulas às 7 horas com término às 23 horas, de segunda-feira à sexta-feira. A instituição possui 6 prédios, que inclui salas de aulas para o curso de Engenharia de Controle e Automação e para os cursos técnicos, assim como laboratórios, biblioteca, cantina, prédios administrativos, ginásio, auditório entre outros locais.

O aumento do número de alunos e os investimentos com laboratórios, computadores e salas de aula, assim como o aumento do número de aparelhos de ar-condicionado afetam diretamente o perfil de carga e o consumo de energia elétrica. Para acompanhar melhor estes fatores listados acima, foi proposta uma série de parâmetros a serem considerados e analisados.

2.1 Estudo da evolução do consumo

Como ponto de partida para este estudo, foi feita uma inspeção nas contas de energia elétrica referentes aos últimos dois anos, com a finalidade de verificar o comportamento da curva de consumo de energia elétrica da instituição.

2.2 Estudo da demanda contratada

O CEFET Leopoldina é um consumidor A4 convencional, com alimentação em 11,4kV e demanda contratada de 73kW. O enquadramento da instituição na tarifa convencional é feito através de um contrato específico entre o CEFET Leopoldina e a concessionária de energia elétrica. Neste contrato se pactua um valor fixo da demanda pretendida (demanda contratada) que independe do horário do dia ou do período do ano. (PROCEL, 2001)

A conta de energia elétrica de um cliente convencional A4, é constituída de um somatório de parcelas de consumo, demanda e ultrapassagem.

A parcela de consumo é calculada pela multiplicação do consumo do cliente pela tarifa de consumo, de acordo com a Equação (1):

$$P_{\text{consumo}} = (\text{Consumo Medido}) \times (\text{Tarifa de consumo}) \quad (1)$$

A parcela de demanda segue alguns requisitos para seu cálculo. Se o maior valor da demanda medida for inferior ou igual à demanda contratada, a parcela da demanda é calculada pela multiplicação da demanda contratada pela tarifa de demanda, de acordo com a Equação (2):

$$P_{\text{demanda}} = (\text{Demanda contratada}) \times (\text{Tarifa de demanda}) \quad (2)$$

Se o maior valor da demanda medida for superior em até 10% maior do valor da demanda contratada, o cálculo é feito pela multiplicação da demanda medida pela tarifa de demanda, de acordo com a Equação (3):

$$P_{\text{demanda}} = (\text{Demanda medida}) \times (\text{Tarifa de demanda}) \quad (3)$$

Caso o maior valor de demanda medida for superior a 10 % maior do valor da demanda contratada, o cliente pagará pela demanda de ultrapassagem com uma tarifa diferenciada, que é três vezes o valor da tarifa de demanda normal, de acordo com a Equação (4):

$$P_{\text{ultrapas}} = (\text{Tarifa de ultrapassagem}) \times (\text{Demanda Medida} - \text{Demanda Contratada}) \quad (4)$$

As parcelas de demanda e consumo sempre serão cobradas na conta de energia elétrica de um cliente convencional, porém, o cliente só pagará a parcela de ultrapassagem caso exceda em 10% do valor de demanda contratada. (PROCEL, 2001)

2.3 Curva de carga

Para a obtenção da curva de carga do CEFET Leopoldina, foi necessário requerer à concessionária de energia elétrica, o serviço chamado de relatório da memória de massa, onde se tem medições periódicas da demanda exigida pela instituição em intervalos de tempo de 15 em 15 minutos em um período de 30 dias. Este relatório possibilita o levantamento da curva de carga média em relação a um mês típico. Para uma melhor fundamentação desta curva de carga, foi realizado um estudo comparativo com dados históricos de anos anteriores para a caracterização da curva.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Consumo

A Figura 1 mostra a curva de consumo anual dos anos de 2009 e 2010 e dos quatro primeiros meses de 2011. Fazendo um comparativo mês a mês, percebe-se que de 2009 para 2010, houve um consumo muito próximo ou uma diminuição do consumo de um ano para o outro, o que de certa forma não responde as expectativas do aumento de consumo esperado. No início de 2011, percebe-se um aumento significativo no mês de fevereiro, voltando a ficar próximo dos valores dos anos anteriores no mês de março. Os meses de maior consumo desta

amostragem são março e novembro, caracterizados pelo período quente e da volta das aulas. Já os de menor consumo são os meses de janeiro e julho, que são referentes às férias escolares.

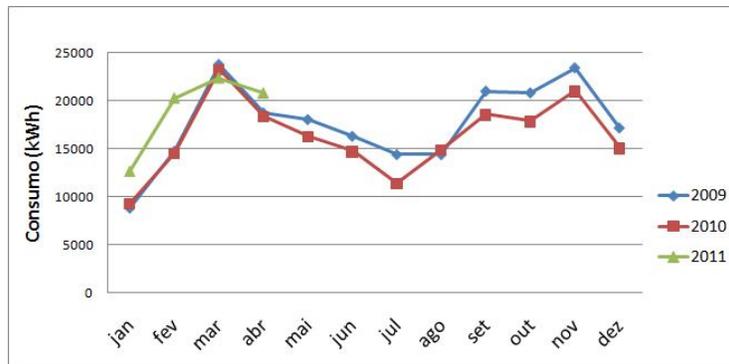


Figura 1 – Curva de Consumo dos anos de 2009, 2010 e início de 2011

3.2 Demanda contratada

A Figura 2 mostra um acompanhamento do valor pago de demanda do ano de 2010, onde se pode verificar que houve multa por demanda de ultrapassagem nos meses de março e abril. Houve uma demanda medida em até 10% maior do valor de demanda contratada nos meses de fevereiro e novembro, enquanto que nos meses restantes, esse valor não excedeu a demanda contratada que era de 73kW.

O pagamento de multa por demanda de ultrapassagem está relacionado com o valor da demanda contratada e os picos de consumo em determinados horários do dia. Portanto, uma forma de melhorar os gastos anuais com as contas de energia elétrica é estipular o melhor valor para a demanda contratada, como foi proposto por (VASCONCELOS *et al.*, 2008). A Tabela 1 mostra a relação da demanda contratada com o gasto anual de 2010, onde se realizou simulações para diferentes valores de demanda contratada. Essas despesas são apenas referentes à parcela de demanda, não são considerados os valores de consumo.

De acordo com a Tabela 1, o valor de demanda contratada que proporcionaria um menor custo na parcela de demanda é de 78 kW, que seria de R\$61.522,00. Porém, a diferença desta fatura para a fatura da atual demanda contratada (73 kW), é de apenas R\$90,00. Com isso, pode-se dizer que o atual valor de demanda contratada do CEFET Leopoldina está bem dimensionado.

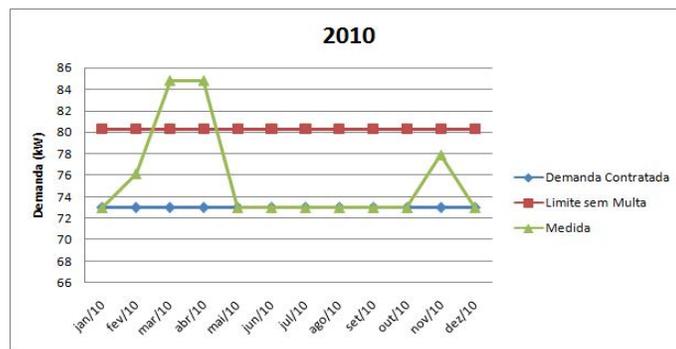


Figura 2 – Acompanhamento do valor da demanda medida no ano de 2010

Tabela 1 – Relação do valor da demanda contratada com a despesa anual

Demanda Contratada (kWh)	Fatura por ano (mil R\$/ano)
65	75,124
66	73,568
67	65,674
68	65,173
69	64,673
70	63,429
71	62,094
72	61,853
73	61,612
74	61,899
75	62,187
76	62,474
77	62,812
78	61,522
79	62,180
80	62,838
81	63,496
82	64,153
83	64,811
84	65,469
85	66,148

3.3 Curva de carga

Baseado nos dados obtidos no relatório de memória de massa, foi possível a obtenção das curvas de carga média do final de semana, carga diária do período de aula e uma curva dos valores máximos de cada horário, respectivamente mostradas nas Figuras 3, 4 e 5.

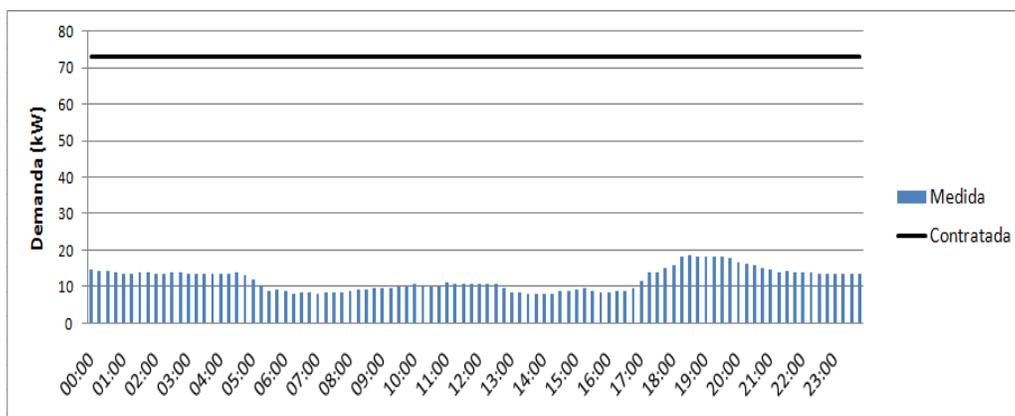


Figura 3 – Curva média final de semana

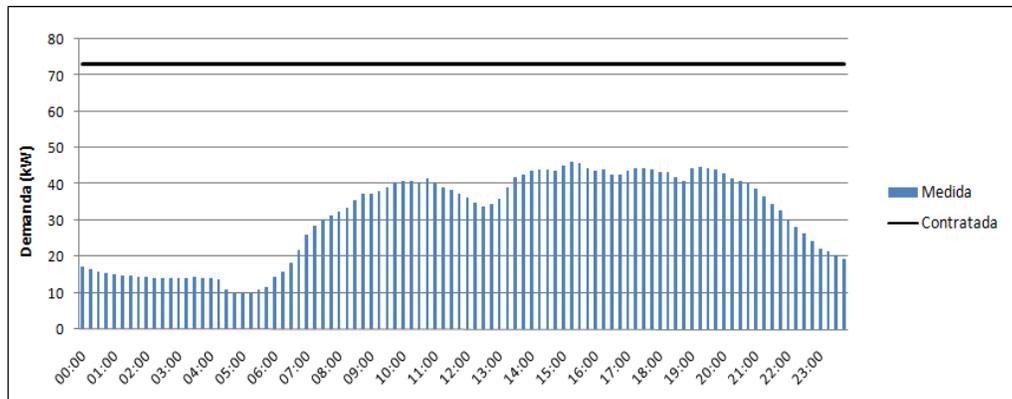


Figura 4 – Curva média período de aula

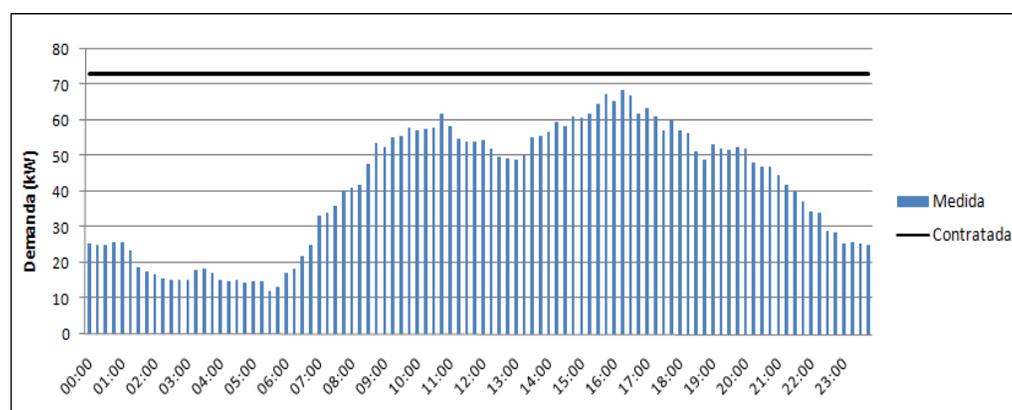


Figura 5 – Curva dos picos mensal

Fazendo um comparativo entre a curva de carga apresentada por (VASCONCELOS *et al.*, 2008), constata-se que o perfil de carga do CEFET Leopoldina em um intervalo de 3 anos, não houve uma mudança significativa, mantendo o mesmo padrão.

Os pontos onde se exige uma maior demanda, são os horários próximos de 10:30 da manhã e 16:30 da tarde.

Baseado em diferentes tipos de curva de carga, (FRANCISQUINI, 2006) propõe uma caracterização e uma classificação para cada tipo de classe, na qual, a curva de carga do CEFET Leopoldina se aproxima de uma curva típica de um cliente comercial, pois apresenta um declínio na demanda no horário de almoço.

4 PROPOSTA DE REDUÇÃO DOS PICOS DE CARGA

De acordo com as informações da curva de carga média no período das aulas e da curva dos picos mensal (Figuras 4 e 5), o fato de não possuir uma demanda aproximadamente constante, tendo picos e vales, pode-se prever um método de gerenciamento do lado da demanda, que visa principalmente a diminuição dos picos de consumo (Figura 7), transferindo parte deste consumo para horários em que não há uma demanda muito grande, método proposto por (BAITELO, 2006).

Dentre os vários fatores que influenciam no comportamento da curva de carga, tomou-se como objetivo o estudo dos horários das aulas realizadas em laboratórios. Considerando que

as aulas práticas têm um consumo maior do que as teóricas, em função da utilização de equipamentos como motores, computadores, entre outros, além da iluminação. Portanto, foi feito um levantamento da quantidade de aulas em laboratórios para cada horário de aula ao longo de uma semana, ilustrado na Figura 6.

Fazendo-se um comparativo dos horários em que se têm mais aulas de laboratórios (Figura 6) com os maiores valores da curva mensal dos picos (Figura 5), verifica-se a coincidência da incidência de picos nestes horários. Em função disto, conclui-se que o número elevado de aulas em laboratórios em determinados horários pode estar diretamente relacionado com uma demanda maior exigida naquele instante.

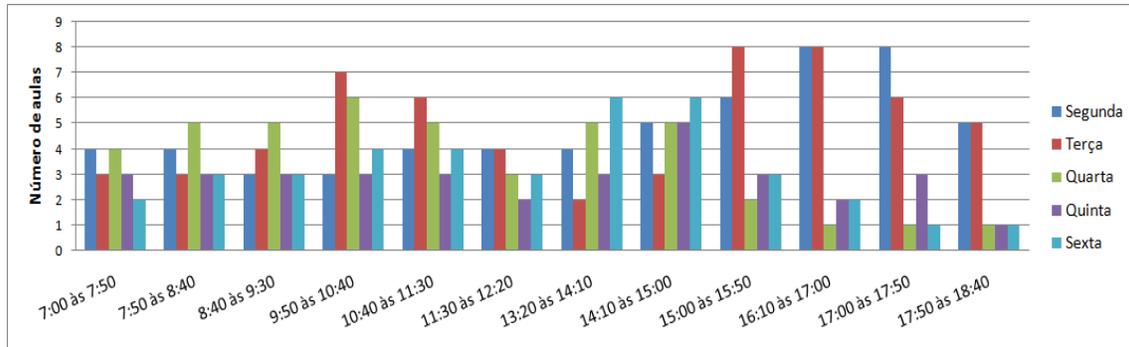


Figura 6 – Relação dos horários com o número de aulas de laboratório

Para solucionar este possível problema, propõe-se fazer uma distribuição mais equânime dos horários de aula em laboratório, para que não sejam acumuladas nenhum horário com muitas aulas práticas. Pretende-se, com isso, a diminuição dos picos de consumo com o preenchimento dos vales da curva de carga da instituição, Figura 7.

Acompanhando esse novo perfil de carga a ser implementado na instituição, o contrato de fornecimento com a concessionária de energia elétrica poderá ser modificado para um valor menor de demanda contratada, o que acarretaria menores custos com as contas de eletricidade.

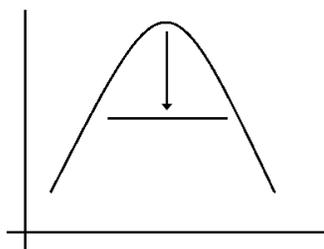


Figura 7 – Redução do Pico

5 CONCLUSÃO

A conscientização com a eficiência energética é papel importante para a formação de todo profissional voltado principalmente para a área de engenharia. Com base nisso, cada vez mais se buscam novos métodos de gerenciamento dos recursos e uso da energia elétrica.

A análise da curva de carga proporciona o entendimento do comportamento dinâmico do consumo de cada cliente. Com isso, consegue-se avaliar um sistema de gerenciamento do lado

da demanda, que para o cliente, proporciona redução das contas de energia e para a concessionária, a oportunidade de realizar planejamento da rede de distribuição, mais próxima à realidade, sem super nem sub-dimensionamento, o que onera o processo.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio recebido da FAPEMIG (Fundação de Apoio a Pesquisa do Estado de Minas Gerais) sem o qual não seria possível a realização desta pesquisa.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A., FONSECA, P., SCHLOMANN, B. e FEILBERG, N. Characterization of the household electricity consumption in the EU, potential energy savings and specific policy recommendations. *Energy and Buildings*, v.43,n.8, p.1884-1894, 2011.

ALVAREZ, André. ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. *Uso Racional de Energia Elétrica: Metodologia para a Determinação de Potenciais de Conservação dos Usos Finais em Instalações de Ensino e Similares*, 1998. 183p, il. Tese (Mestrado).

BAITELO, Ricardo. ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. *Modelagem Completa e Análise dos Recursos Energéticos do Lado da Demanda para o PIR*, 2006. 184p, il. Tese (Mestrado).

BRAGA, Laura. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. *Estudo de Aspectos de Eficiência Energética de Edificações com uma Abordagem de Automação Predial*, 2007. 158p, il. Tese (Mestrado).

FRANCISQUINI, Aislan. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”. *Estimação de curvas de carga em pontos de consumo e em transformadores de distribuição*, 2006. 94p, il. Tese (Mestrado).

PROCEL: *Manual de Tarifação de Energia Elétrica*. Eletrobrás, 1ª edição, 2001.

TSEKOURAS, G. J., TSAROUCOA, M. A., TSIREKIS, C. D., SALIS, A. D., DIALYNAS, E. N. e HATZIARGYRIOU, N. D. A database system for power systems customers and energy efficiency programs. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems* v.33, n.6, p. 1220-1228, 2011.

VASCONCELOS, C. H.; OLIVEIRA, A. R.; NOLASCO, J. R. *Eficiência Energética em Prédios Públicos de Ensino: Estudo de Caso do CEFET-MG Campus III – Leopoldina*. **Anais: XVIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica**. Olinda: SENDI, 2008.

LOAD CURVE ANALYSIS AND MANAGEMENT TO THE EFFICIENCY ENERGY PROCESS – CASE STUDY

Abstract: *At present, the meeting to the increased energy demand is a priority worldwide. The difficulties of combining sustainability and growth to the demand meeting define the need of the efficiency process. The demand side management results in actions that lead to better use of the energy provided by the utility. For this purpose, one of the first steps is to analyze the demand. This article aims to describe and analyze the behavior of the load curve of the Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, CEFET-MG, campus III, Leopoldina, MG. Through these data, it is proposed the best value of the contracted demand using methods of analysis of consumption curves with application of demand side management. After studying and evaluating the load profile, simulations were performed to identify the best and most efficient service to the institution in economical and energetic terms.*

Key-words: *Energy efficiency, integrated resource planning, demand-side management.*