

Análise da Eficiência Energética na Utilização de LEDs no Sistema Semafórico: Um Estudo de Caso – Cuiabá – Mato Grosso

Arnulfo B. Vasconcellos, Célia F. C. Aguiar, Fernando Novelo, Teresa I. R. C. Malheiro,
Milton S. Ochiuto

Resumo

O enfoque principal deste artigo é analisar o processo de substituição das lâmpadas incandescentes de filamento reforçado de baixa eficiência elétrica, utilizadas em semáforos de tráfegos e de pedestres, por uma das mais modernas técnicas de iluminação, o LED (*light emitting diode*) ou diodo emissor de luz, e os impactos provocados na eficiência energética. Desta forma, em busca de soluções que visem a eficiência energética, este artigo oferece análises e comparações das medições realizadas em campo durante o período de substituição de lâmpadas incandescentes por LEDs em todos os semáforos de trânsito e pedestre na cidade de Cuiabá/MT.

Palavras-Chave

Eficiência elétrica, Demanda, Lâmpadas Incandescentes, Leds, Redução.

1. INTRODUÇÃO

O projeto “Eficientização Energética do Sistema Semafórico de Cuiabá”, implantado pela CEMAT, tem como objetivo substituir os conjuntos de lâmpadas incandescentes de baixa eficiência energética e vida útil reduzida (2.000 horas), atualmente utilizadas no sistema de iluminação semafórica na cidade de Cuiabá/MT, por conjuntos que utilizam LEDs (Diodos Emissores de Luz) de alta eficiência energética e grande vida útil (100.000 horas), reduzindo assim o consumo de energia elétrica ativa e a demanda de potência ativa no horário de ponta do sistema elétrico. A cidade de Cuiabá tem aproximadamente 550.000 habitantes e 150.000 veículos resultando numa taxa de motorização de 3,66 habitantes/ veículos.

O seu sistema de sinalização de trânsito possui em torno 109 cruzamentos semaforizados, nos quais estavam instaladas aproximadamente 1419 lâmpadas incandescentes nos blocos semafóricos veiculares principais, repetidores e de pedestres. O controle de tráfego é realizado pela Coordenadoria de Controle de Tráfego - CCT, localizada no Edifício Sede da Secretaria Municipal de Transportes Urbanos, à Rua 13 de junho nº 1289, bairro Porto. A Coordenadoria de Controle de Tráfego divide a cidade em 14 grandes Sub Áreas, denominadas “Área Controladas” (Área CTA) e “Área não Controlada” (Área não CTA). Dentre os 109 cruzamentos, 80 estão localizados em Área CTA e 29 em Área não CTA. Os grupos focais, também chamados de blocos semafóricos atualmente utilizados para controle de tráfego são divididos em três categorias, a saber:

- Bloco semafórico veicular principal, que utilizava lâmpadas incandescentes de 100 W;
- Bloco semafórico veicular repetidor, que utilizava lâmpadas incandescentes de 100 W e
- Bloco semafórico de pedestres, que utilizava lâmpadas incandescentes de 100 W.

As lâmpadas incandescentes utilizadas pela CCT são do tipo com filamento reforçado, a qual possui uma vida útil estimada de 2 mil horas, operando na tensão de 120 V em corrente alternada. Os blocos semafóricos veiculares possuem três lâmpadas (focos) com lente, a qual pode ser de cor vermelha, amarela ou verde.

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do Programa de Eficiência Energética regulado pela ANEEL e consta dos Anais do II Seminário de Eficiência Energética no Setor Elétrico (II SEENEL), realizado em Fortaleza/CE, no período de 17 a 19 de agosto de 2011.

A. B. Vasconcellos é Professor do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil (e-mail: arnulfo@ufmt.br).

C. F. C. Aguiar e F. Novelo são graduandos em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Mato Grosso (e-mails: célia.aguiar@hotmail.com; fernando_novelo@hotmail.com).

M. S. Ochiuto é Engenheiro Eletricista da Rede Energia / Cemat (e-mail: milton.ochiuto@redenergia.com).

T. I. R. C. Malheiro é Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - IFMT (e-mail: malheiro.teresa@gmail.com)

Os blocos de pedestres possuem dois focos, com lentes vermelha e verde. O sistema implantado utilizando lâmpadas incandescentes, além de apresentar alto consumo de energia elétrica, apresenta queima frequente de lâmpadas, onerando os custos com manutenção e causando condições de grande risco de colisões e atropelamentos. Outro grande problema é o efeito causado pela incidência do sol e grande calor gerado pelas lâmpadas incandescentes, que provocam ao longo do tempo deterioração das lentes e filtros coloridos, dificultando a compreensão das cores na sinalização semafórica. Devido à predominância do clima tropical, muitas vias da cidade de Cuiabá apresentavam condições de segurança não satisfatórias, onde a visão dos motoristas ficava prejudicada.

As ações de eficiência energética realizadas nas 14 Sub-Áreas, nas quais foram substituídas em torno de 1419 lâmpadas incandescentes instaladas em blocos semafóricos veiculares principais, repetidores e de pedestres por LEDs de 200mm e 300mm nas cores verde, amarelo e vermelho.

Na instalação da nova tecnologia foram substituídos módulos compostos de soquete, refletor, lâmpadas e lentes coloridas por novos elementos luminosos compostos de placas com circuitos com LEDs e lentes. As metas de redução de consumo de energia elétrica ativa e demanda de potência ativa na ponta, obtidas através de estimativa, estão ilustrados na tabela I.

Tabela I
Estimativa de redução de consumo de energia ativa e demanda de potência ativa na ponta

Uso Final	Energia Economizada (MWh/ano)	Demanda Retirada (kW)
Sistema Semafórico	332,64	110

Na tabela II encontramos um resumo do projeto, realizado pelo setor de eficiência Energética da Rede Cemat em parceria com Secretaria Municipal de Transportes Urbanos (SMTU).

Tabela II. Quadro Resumo do Projeto de EE.

Quadro resumo do projeto	
Título do projeto	Projeto de Eficiência Energética do Sistema Semafórico do Município de Cuiabá/MT
Concessionária	Centrais Elétricas Matogrossenses S.A - CEMAT
ESCO	Creudes Sales da Cunha
Cliente	Secretaria Municipal de Transportes Urbanos de Cuiabá - SMTU
Valor investido	R\$ 580.948,20
Modalidade	O projeto foi com recursos não reembolsáveis.
Tipo	Poder Público

2. INFORMAÇÕES REFERENTES À IMPLANTAÇÃO DO PROJETO DE EFICIÊNCIA ELÉTRICA NO SISTEMA SEMAFÓRICO

2.1 Etapas de Desenvolvimento do Projeto

A implantação do projeto contemplou as seguintes etapas:

Realização do Diagnóstico Energético; Projeto Executivo; Envio do projeto a ANEEL; Compra dos Equipamentos; Implementação das Ações de Conservação; Avaliação dos Resultados; Descarte dos Materiais e; Auditoria Contábil e Financeira.

2.2 As Dificuldades Encontradas: Necessidade de sinalização do tráfego e execução das substituições em horário de menor fluxo.

2.3 Os Impactos Sócio-ambientais

Reduz os impactos provocados pela geração de energia elétrica; Redução de despesa para do erário com a fatura de energia e custos operacionais. Promove e dissemina a conscientização da necessidade e vantagem, de se combater o desperdício e a utilização racional de energia elétrica; Maior segurança para motoristas e pedestres e; Redução nos riscos de acidente de trânsito.

2.4 A Perenidade e Continuidade do Projeto e das Ações: A Cemat deverá continuar a implantação desta modalidade de projeto em outros municípios do Estado de Mato Grosso

2.5 A Forma de Contribuição ao Mercado de Eficiência Energética: Promove a produção industrial de módulos semafóricos eficientes;

2.6 As Mudanças de Comportamento Identificadas: Aumento da conscientização sobre a importância da utilização racional de energia;

2.7 A Percepção e Avaliação do Projeto pelo Cliente: Ótima aceitação e incentivo à continuidade da implantação desta modalidade de projeto

2.8 A Relação Custo-benefício (RCB): 0,56

3. MEDIÇÕES REALIZADAS EM CAMPO

De maneira a validar os valores de redução do consumo energia elétrica ativa e demanda de potência ativa na ponta mostrados na tabela I, obtidos através de cálculos estimados, foram realizadas medições em vários cruzamentos que possuíam semáforos de veículos e pedestres na cidade de Cuiabá/MT, antes e após a implantação do projeto de eficiência energética. As figuras 1, 2, 3 e 4 ilustram as medições realizadas, inicialmente em semáforos com lâmpadas incandescentes e posteriormente, com lâmpadas LEDs.

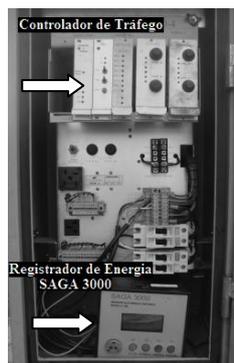


Figura 1. Medições realizadas em semáforos de veículos com lâmpadas incandescentes antes da substituição.



Figura 3. Medições realizadas em semáforos de pedestres com lâmpadas incandescentes antes da substituição.

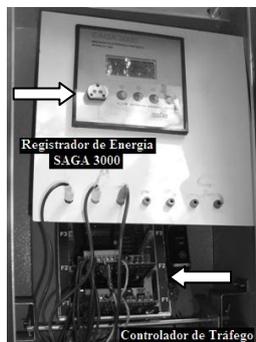


Figura 2. Medições realizadas em semáforos de veículos com lâmpadas LEDs após a substituição.



Figura 4. Medições realizadas em semáforos de pedestres com lâmpadas LEDs após a substituição.

O instrumento utilizado nas medições foi o SAGA 3000, ilustrado nas figuras 1, 2, 3 e 4. O SAGA 3000 é um registrador eletrônico de grandezas elétricas em tempo-real, para sistemas elétricos monofásico, bifásico e trifásico equilibrados ou não, para uso portátil em redes de distribuição e instalação em cabines primárias ou em circuitos diversos de baixa tensão. Possui três canais de entrada para sinais de tensão e três para sinais de corrente. A partir dos sinais de entrada de tensão e corrente o aparelho calcula e indica no display os valores de tensões de fase, tensões de linha, correntes, fatores de potência por fase e total, potência ativa, reativa e aparente por fase e total, energia ativa total (consumida ou fornecida), energia reativa capacitiva/indutiva total, etc.

Com os valores obtidos através das medições, foram plotados gráficos que demonstram o comportamento da demanda de potência ativa nos semáforos localizados nos cruzamentos da cidade de Cuiabá, antes e após a substituição da iluminação convencional pela nova tecnologia. Para exemplificar, as figuras 5, 6 e 7 ilustram os valores obtidos de demanda para semáforos de 6, 12 e 16 lâmpadas.

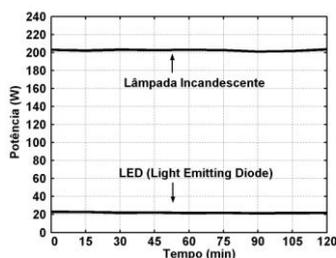


Figura 5. Curva da demanda de potência ativa para semáforos de 6 lâmpadas

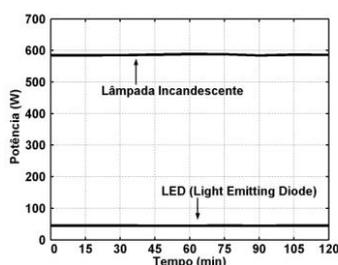


Figura 7. Curva da demanda de potência ativa para semáforos de 16 lâmpadas

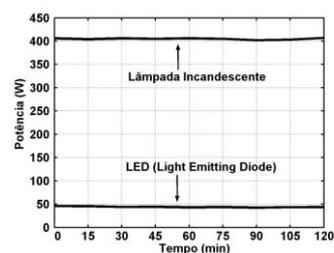


Figura 6. Curva da demanda de potência ativa para semáforos de 12 lâmpadas

Utilizando os dados das campanhas de medições realizadas em campo, foi elaborada a tabela III que apresenta os valores das demandas de potência ativa e consumo de energia elétrica ativa antes e após o processo de eficiência energética nos semáforos de veículos e pedestres da cidade de Cuiabá/MT.

Tabela III
Relação do consumo de ambos os tipos de lâmpadas nos semáforos da cidade de Cuiabá

Consumo Semáforos Cuiabá (Dividido por n° Lâmpadas)				
N° de Cruzamentos	N° Total de Lâmpadas		Demanda (W)	Consumo Anual (MWh/ano)
3	9	Inc	313,02	2,74
		LED	30,6	0,268
9	54	Inc	1878,12	16,452
		LED	183,6	1,608
2	14	Inc	486,92	4,26
		LED	53,6	0,469
2	16	Inc	556,48	4,87
		LED	54,4	0,476
10	90	Inc	3130,2	27,42
		LED	306	2,68
7	70	Inc	2434,6	21,32
		LED	238	2,08
1	11	Inc	382,58	3,35
		LED	37,4	0,327
30	360	Inc	12520,8	109,68
		LED	1224	10,72
2	26	Inc	905,8	7,93
		LED	88,4	0,774
10	140	Inc	4869	42,65
		LED	476	4,17
5	75	Inc	2608,5	22,85
		LED	255	2,233
5	80	Inc	2872,4	25,16
		LED	272	2,38
1	17	Inc	591,26	5,179
		LED	57,8	0,506
3	54	Inc	1878,12	16,45
		LED	183,6	1,608
4	80	Inc	2782,4	24,37
		LED	272	2,38
1	21	Inc	730,38	6,39
		LED	71,4	0,625
2	46	Inc	1599,88	14,01
		LED	156,4	1,37
4	96	Inc	3338,88	29,24
		LED	326,4	2,86
1	25	Inc	869,5	7,61
		LED	85,0	0,744
1	27	Inc	939,06	8,22
		LED	91,8	0,804
1	29	Inc	1008,62	8,83

		LED	98,6	0,863
1	31	Inc	1078,18	9,44
		LED	105,4	0,923
1	48	Inc	1669,44	14,62
		LED	163,2	1,429
		Inc	49404,14	433,041
TOTAL	1419	LED	4830,6	42,297

Utilizando os valores registrados na tabela III, foram calculadas a redução da demanda de potência ativa e a redução do consumo de energia elétrica anual em kW e em MWh/ano, respectivamente, mostrados nas tabelas IV e V.

Tabela IV

Relação da diferença de demanda entre os tipos de tecnologia.

	Demanda Total (kW)	Demanda Evitada no Horário de Ponta (kW)
LED	4,830	
Lâmpada Incandescente	49,404	44,573

Tabela V

Relação da diferença de consumo entre os tipos de lâmpadas.

	Consumo Total (MWh/ANO)	Consumo Total Evitado (MWh/ANO)
LED	42,297	
Lâmpada Incandescente	432,041	390,744

Desta forma, analisando os dados obtidos nas medições antes e depois da substituição das lâmpadas ilustrados nas tabelas III e IV, observa-se uma redução significativa nos valores reais de consumo de energia elétrica ativa e demanda de potência ativa na ponta. A energia ativa e a potência ativa total solicitada do sistema pela tecnologia LED ficaram em torno de 42,29 MWh/ano e 4,83 kW respectivamente, representando aproximadamente 10% da energia ativa e potência demanda pela tecnologia convencional representada pelas lâmpadas incandescentes que solicitavam do sistema uma energia de 432,04 MWh/ano e uma potência total de 49,4 kW. Os resultados obtidos nas campanhas de medição em relação às reduções do consumo de energia elétrica ativa e demanda de potência ativa divergiram dos valores obtidos através da estimativa em função da carga instalada das lâmpadas, demonstrando assim a importância de um plano de medição e verificação de performance em campo para se obter os valores reais da economia de energia e da demanda de potência ativa. Os resultados também demonstraram grandes benefícios da tecnologia de lâmpadas LEDs para a eficiência energética, com total viabilidade econômica.

4. CONCLUSÃO

O presente trabalho apresenta os resultados obtidos através da implantação de um projeto de eficiência energética nos sistemas de semáforos de veículos e pedestre na cidade de Cuiabá/MT, onde foram substituídas lâmpadas incandescentes de filamento reforçado por lâmpadas de LEDs e analisa os impactos no consumo de energia elétrica ativa, demanda de potência ativa, melhoria do funcionamento do sistema.

Os resultados alcançados através de realização de campanhas de medições em campo mostram que em relação ao consumo de energia elétrica ativa e a demanda de potência ativa os ganhos obtidos foram bastante significativos com o uso da nova tecnologia de LEDs, além de proporcionar alta confiabilidade, maiores condições de segurança no trânsito, menores custos de manutenção e maior visibilidade em situações adversas. O uso dessa nova tecnologia, como apresenta consumo de energia ativa bastante reduzido, permite também a alimentação dos sistemas semafóricos através de baterias quando houver problemas técnicos no fornecimento de energia pela rede de distribuição da concessionária.

Portanto, a tecnologia do uso de LEDs apresenta uma das alternativas mais promissoras para o futuro da iluminação, já existindo inclusive estudos e experiências para sua aplicação também em iluminação pública e decorativa, devido as suas dimensões reduzidas, alta confiabilidade, baixas perdas e grande vida útil.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Artigos em Anais de Conferências (Publicados):

- [1] M. C. G. Ramos, "Semáforos a LED: - uma tecnologia viável?", trabalho apresentado no XVIII SNPTEE - Seminário Nacional de Produção e Transporte de Energia Elétrica, Curitiba, 2005.
- [2] R. S. Nogueira, T. L. Lafalce; A. L. V. Gimenes, "Eficiência Energética em Sistemas de Sinalização Semafórica no Município de Taubaté - Tecnologia LED", 19º Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica. São Paulo - SP 2010.

Periódicos:

- [3] A. L. Lima, A. G. Jedy, F. A. L. Correa, E. L. M. Mehl; Uso de LEDs em semáforos de trânsito: Um estudo da viabilidade técnico-econômica. Artigo publicado na Revista Energia Alternativa (2009).

Relatórios Técnicos:

- [4] DIALIGHT TRAFFIC SIGNALS, Traffic Savings Calculator. Disponível em: <<http://www.dialight.com/Products/TrafficSignals.cfm>>.