

SENDI 2004
XVI SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Iluminação da Estrada Real com o uso de Tecnologia Led

J. G. P. Almeida

CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais
jalmeida@cemig.com.br

PALAVRAS-CHAVE
ILUMINAÇÃO, LED, ENERGIA FOTOVOLTAICA

CEB
Brasília, 21 a 24 de novembro de 2004

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo apresentar o desenvolvimento de um sistema de iluminação para os totens da Estrada Real com o uso de tecnologia LED (diodos de emissão de luz – Light Emitting Diode) e energia fotovoltaica.

Este projeto foi desenvolvido pela CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais, em parceria com o IER - Instituto Estrada Real órgão pertencente ao Sistema FIEMG – Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais e a empresa paulista SOLITON – Tecnologia em Sinalização.

A Estrada Real se constitui hoje em dia no maior projeto turístico em desenvolvimento no Brasil. Para sinalização dessa Estrada estão sendo implantados postes especiais de concreto denominados totens. Cada um desses elementos irá informar ao turista qual é sua exata localização, e os seus destinos possíveis a partir daquele determinado ponto.

A iluminação desses totens abre uma perspectiva enorme para caminhadas, cavalgadas ou “*bicicletadas*” noturnas, uma vez que todas as informações e o caráter sinalizatório proporcionado por esses totens permanecerá presente também à noite.

Do ponto de vista técnico, este sistema proporciona:

- reduções drásticas dos custos de operação;
- redução dos custos de manutenção;
- dispensar a construção de uma rede elétrica rural com seus conseqüentes impactos ambientais;
- utilização de materiais de tecnologia de ponta.

Do ponto de vista econômico, os investimentos iniciais requeridos para a implantação de um sistema fotovoltaico e dos leds, em relação à construção de uma rede convencional, são incrivelmente inferiores. Se considerarmos os custos de manutenção, e os de operação (praticamente inexistentes, pois é movida a luz do sol) o retorno deste investimento incremental ocorrerá em um tempo irrisório.

Deste modo, a utilização de *Tecnologia LED e dos Sistemas Fotovoltaicos* para a iluminação da Estrada Real apresenta-se como solução não só viável como a mais recomendável, proporcionando aos viajantes uma sinalização adequada e segura.

1. INTRODUÇÃO

O Governo do Estado de Minas Gerais, através de sua Secretaria de Estado de Desenvolvimento – SEDE, definiu uma série de projetos de governo denominados Projetos Estruturadores. Dentre eles destaca-se o Projeto Turístico da Estrada Real.

Criada no século 17, a Estrada Real – ER - era a única via de acesso à Região das principais reservas de metais preciosos – ouro e diamantes – no Estado de Minas Gerais, autorizada pela Coroa. Dessa forma, toda a circulação de riquezas, mercadorias e pessoas só poderiam ser feitas por esse trajeto e, por isso, passou a ser chamada de Estrada Real.

Para determinação do exato traçado dessa Estrada, o Instituto Estrada Real em parceria com o Departamento de Estradas e Rodagem de Minas Gerais – DER/MG, vêm realizando diversos trabalhos de campo com a utilização de sistemas geo-referenciados e ortofotocartas.

Para demarcação física dessa Estrada serão utilizados totens de concreto a cada quilometro. Nesse totem o viajante poderá identificar as coordenadas GPS do local, e demais informações necessárias para seu completo referenciamento.

A princípio serão instalados 800 unidades desses totens longo de um trecho da Estrada e sua iluminação abre uma imensa possibilidade de caminhadas noturnas, sem maiores riscos para os turistas.

2. ABRANGÊNCIA DA ESTRADA REAL

Por terem constituído, durante muito tempo, as únicas vias autorizadas de acesso à região das reservas auríferas e diamantíferas da capitania das Minas Gerais, os caminhos reais adquiriram, já a partir da sua abertura, natureza oficial. Toda a circulação pedras preciosas e da população era feita obrigatoriamente por eles, caso contrário o usuário poderia pagar caro pelo crime!

O interesse fiscal, base da política metropolitana para a região mineradora da colônia, prevalecia sobre qualquer outro: cumpria, antes de tudo, ter as rotas de comunicação com as minas devidamente controladas e fiscalizadas, para que nelas se pudesse extrair uma massa cada vez maior de tributos para o tesouro real. O nome *Estrada Real* passou a aludir, assim, àquelas vias que, pela sua antiguidade, importância e natureza oficial, eram propriedade da Coroa metropolitana. Durante todo o século XVIII, e também em parte do XIX, quando a era mineradora já se fora e os caminhos se tornaram livres e empobrecidos, as estradas reais foram os troncos viários principais do centro-sul do território.

As estradas reais foram, ainda, os eixos principais do intenso processo de urbanização do centro-sul brasileiro. Ao longo do seu leito ou nas suas margens se distribuíram as centenas de arraiais, povoados e vilas em que se organizou a massa populacional envolvida com a economia da mineração e com as economias a ela associadas. O povoado à beira do caminho, com o cruzeiro, a capela, o pelourinho, o rancho de tropas, a venda, a oficina e as casas de pau-a-pique simbolizou, durante longo tempo, o processo de nucleação urbana do centro-sul da colônia. Povoados e vilas típicos foram visitados e descritos pelos viajantes europeus do século XIX, que nos deixaram páginas e páginas de notas de viagem sobre as paisagens e os núcleos urbanos que encontraram nas suas jornadas pelos caminhos coloniais brasileiros.

A expansão originária dos primeiros grandes caminhos do centro-sul do território colonial conformou um dos mais significativos movimentos de apropriação do interior brasileiro e de sua integração com a faixa litorânea. Ampliando a base territorial da América portuguesa, as vias hoje reunidas sob o nome de Estrada Real foram, assim, fundamentais na história do povoamento e da colonização de vastas regiões do território brasileiro, tornando-se verdadeiros eixos histórico-culturais de construção de parte da nossa história ⁽¹⁾.

A Estrada Real - ER, e seus 1.400 quilômetros são oficialmente divididos em três caminhos: o Caminho Velho, o Caminho Novo e a Rota dos Diamantes. O Caminho Velho une a cidade de Parati a Ouro Preto, enquanto o Caminho Novo une a cidade do Rio de Janeiro a Ouro Preto. O Caminho Velho, aberto no século 17, une Ouro Preto a Diamantina.

3 A ILUMINAÇÃO DOS TOTENS DA ESTRADA REAL

3.1. A sinalização da Estrada Real

Os totens foram projetados e desenvolvidos para se tornarem elementos de sinalização integrados aos caminhos da ER. Construídos em concreto levemente colorido, os totens possuem uma altura de 2,20 m sendo que sua instalação o mesmo deverá ser engastado 60 cm no solo.

Em cada um desses elementos serão incluídas as seguinte informações básicas:

- coordenada GPS;
- nome e direção da cidade mais próxima;
- atrativos turísticos da região;
- telefones úteis;

A figura 2 apresenta os detalhes do projeto do Totem, enquanto as figuras 3 e 4 mostram um protótipo do totem utilizado na ER.

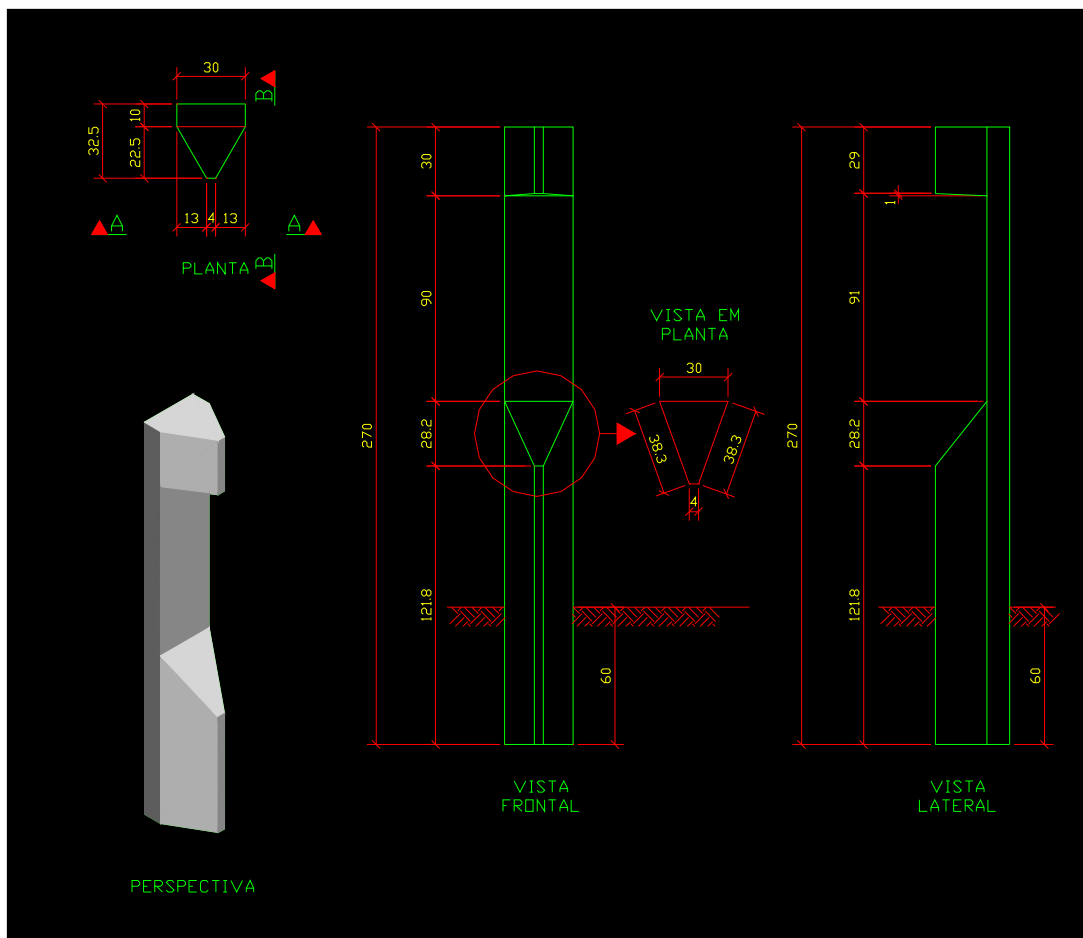


Figura 2 – Projeto do totem



Figura 3 – Detalhe do totem



Figura 4 – Vista de um totem

3.2 *Análise de alternativas*

Por estarem, na maioria das vezes, instalados distantes das redes elétricas a alternativa natural para produção da energia elétrica necessária para iluminação dos totens foi a utilização da energia solar, através dos painéis fotovoltaicos e de baterias. Assim a tensão de 12 V tornou-se um pré-requisito para a escolha da lâmpada.

Outra característica importante do totem que balizou a escolha da lâmpada é que ele, por ser muito fino e comprido deveria ser iluminado por uma lâmpada de fecho concentrado, fonte de luz pontual, e que aproveita-se ao máximo o fluxo luminoso produzido pela mesma. As lâmpadas também deveriam ser compactas, não ocupando muito espaço.

O nível de iluminância nos planos horizontal e vertical também não precisaria ser grande, uma vez que os totens são instalados em áreas remotas, longe da iluminação artificial.

Assim, para a iluminação dos totens apenas duas se mostraram razoáveis:

- uso de lâmpada halógena, tipo MR-16, 12 V;
- uso do LED, 12 V.

3.3 *Utilização de lâmpadas halógenas – MR-16*

A evolução da lâmpada incandescente se deu, principalmente, pela substituição dos gases inertes por gases halógenos, bem como pela elevação da corrente em seu filamento. Essas medidas provocaram uma considerável melhoria nas lâmpadas, que passaram a se chamar lâmpadas halógenas.

A evaporação do filamento de tungstênio passou a ser monitorada pelos gases halógenos que têm como principal objetivo retornar com as partículas de tungstênio que se evaporaram, re introduzindo-as no filamento (ciclo do halogênio).

Suas principais características são:

- eficiência luminosa maior que a incandescente comum (entre 17 e 22 lm/W);
- vida mediana de 2.000 horas;
- baixo custo de investimento inicial;
- baixa resistência a choques e vibrações
- ótimo IRC (entre 90 a 100%).

As lâmpadas halógenas MR (ou dicróicas) são constituídas de uma lâmpada de quartzo-halógena de 12 volts, cimentada no centro de um refletor espelhado multifacetado, de vidro prensado, tendo apenas 50

ou 22 mm de diâmetro (16 ou 11 oitavas de polegada) Suas características de funcionamento a torna recomendável para iluminar de forma dirigida e com muito brilho ambientes residenciais, galerias e exposições de jóias e alimentos, podendo ser utilizadas em mini spots (embutidas ou aparentes) ou em varais eletrificados.

Para as lâmpadas halógenas (tipo lapiseira ou MR), devido ao seu bulbo de quartzo, deve-se tomar o cuidado de não tocar o mesmo com as mãos, porém, se necessário, limpar as manchas com álcool. Caso contrário a lâmpada poderá se danificar no momento em que a mesma for energizada⁽²⁾.

3.4 Utilização de lâmpadas LED

A Os LEDs são dispositivos que usam semicondutores sólidos para transformar a energia elétrica diretamente em luz. A geração de luz “fria” pelos LEDs resulta em grande eficácia porque a maior parte da energia irradia dentro da faixa visível do espectro. A figura 5 apresenta um diagrama simplificado de uma led.

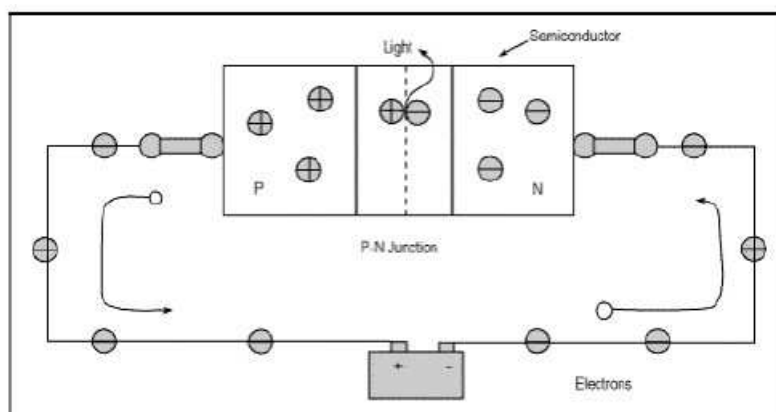


Figura 5 – Diagrama simplificado de um led

Os LEDs podem ser extremamente duráveis e pequenos; eles também aumentam muito a duração de uma vida da lâmpada, mais que qualquer outra fonte.

Quase todo o mundo está familiarizado com os LEDs a partir de sua utilização como indicadores luminosos ou numéricos em aparelhos eletrônicos de consumo corrente. A baixa saída de luz e a falta de maior número de opções de cor dos LEDs limitaram a utilização de sua tecnologia a apenas tal campo⁽²⁾.

Apesar de sua descoberta ter sido anunciada por volta dos anos 60, apenas na década passada os LEDs conseguiram alcançar uma eficiência suficiente para uso em aplicações diferentes daquelas que até então vinham sendo utilizados.

3.4.1 De indicadores a iluminadores

Indicação refere a uma fonte de luz que é recomendada para ser vista diretamente como um objeto com luz própria, um luz indicadora de um equipamento eletrônico, por exemplo. Exemplos de sucesso do uso dos leds como indicadores são os semáforos de trânsito e sinais de indicação de saída. Iluminação refere ao uso de uma fonte de luz para iluminar outros objetos através da reflexão dessa mesma luz, como a iluminação artificial existente na maioria dos ambientes.

Recentes avanços como a descoberta de novos materiais e a melhoria dos processos de produção resultaram no aparecimento de LEDs de cores brilhantes em todo o espectro visível e de eficácia maior que a das lâmpadas incandescentes. Esses LEDs mais brilhantes, mais eficazes e de cores mais variadas podem conduzir sua tecnologia para uma gama mais ampla de aplicações em iluminação⁽³⁾.

Atualmente os leds do tipo indicador possuem eficiência que variam da ordem de 10 a 40 lw/W. A Tabela 1 a seguir apresenta a eficiência de alguns leds de alto fluxo fabricados atualmente.

Tabela 1 – Comparação entre alternativas

Leds de Alto Fluxo	Produtos Típicos	
Cor	Fluxo	Eficiência [lm/W]
Vermelho	43	44
Laranja	54	55
Amarelo	36	36
Verde	30	25
Azul	14	11
Branco	22	18

3.5 *Comparação entre alternativas*

Para a elaboração do estudo comparativo entre alternativas foi considerado uma utilização mensal da iluminação de 360 horas, ou seja 12 horas por dia e 30 dias por mês. A potência da lâmpada halógena considerada foi de 35 W enquanto a do led foi de apenas 1 W. O valor da tarifa foi de R\$ 0,50 kWh/mês.

A lâmpada halógena de 35 W possui uma vida mediana de 2.000 horas, enquanto o LED possui uma vida de 100.000 horas. A bateria para os dois sistemas dura, em média, 3 anos. O custo médio para a manutenção de um ponto foi considerado igual a R\$ 50,00.

Os dois sistemas são compostos de placa fotovoltaica, baterias, drives, fiação e a fonte de luz (led de alta potência ou lâmpada halógena). Para o sistema com lâmpadas halógenas é de se esperar uma substituição da lâmpada a cada 6 meses. Entretanto para o sistema a led, é de se esperar uma manutenção para troca das baterias a cada 3 anos.

A Tabela 2 a seguir apresenta o comparativo entre os custos para implantação de sistemas com lâmpadas halógenas e com leds. Foi considerado um período de 21 anos para cálculo dos custos de manutenção.

Tabela 2 – Comparação entre alternativas

Tipo de Sistema	Custo Inicial [R\$]	Consumo [kWh/mês]	Custo Operação [R\$/ano]	Custo Manutenção no período [R\$]
LED	500,00	0,36	2,16	1.050,00
Convencional	400,00	12,6	75,60	3.600,00

As Figuras 6 e 7 apresentam o totem iluminado com tecnologia leds, opção considerada a mais vantajosa para esse caso.

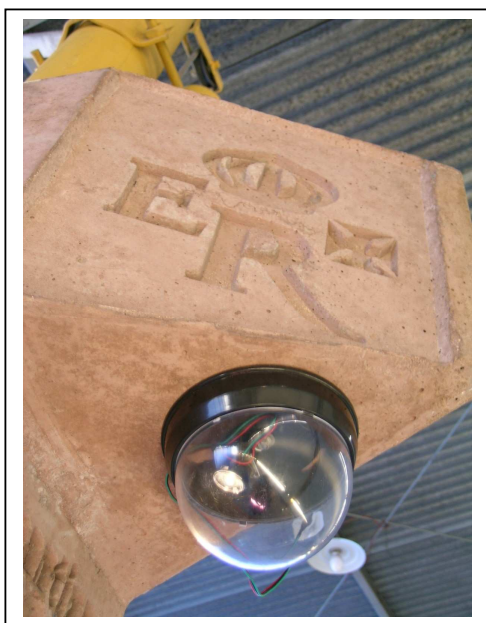


Figura 6 – Detalhe da iluminação com led



Figura 7 – Protótipo iluminado com led

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

.....(1) SANTOS, Márcio. Estradas Reais: introdução ao estudo dos caminhos do ouro e do diamante no Brasil. Editora Estrada Real, 2001.

.....(2) CEILUX: Centro de Excelência em Iluminação – Módulo 1 – Iluminação de Interiores e Exteriores. Belo Horizonte / MG, agosto/2002.

.....(3) NLPIP: Lighting Answers – Volume 7 – Issue 3. Troy/EUA, maio/2003.