

XI-084 - AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO DE UM REFLETOR LED ALIMENTADO POR ENERGIA SOLAR EM BELÉM-PARÁ

Leonardo Lincoln de Oliveira Rosa⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pelo Instituto de Estudos Superiores da Amazônia - IESAM. Mestrando

Pedro Ferreira Torres⁽²⁾

Graduando do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pará - UFPA.

Renato Luz Cavalcante⁽³⁾

Engenheiro Elétrico pela Universidade Federal do Pará - UFPA. Mestrando em Sistemas de Energia na UFPA.

Wilson Negrão Macêdo⁽⁴⁾

Engenheiro Elétrico pela Universidade Federal do Pará, Mestre em Energia Elétrica pela UFPA e Doutor em Energia pela Universidade de São Paulo –USP. Pesquisador do GEDAE/UFPA.

Endereço⁽¹⁾: Rua dos Pariquis, 1278 - Jurunas - Belém - PA - CEP: 66033-590 - Brasil - Tel: (91) 3272-8468 - e-mail: leonardorosa_engamb@hotmail.com

RESUMO

O atual modelo energético certas vezes se mostra defasado diante do aumento do consumo de energia elétrica. Frente à crescente demanda, o aproveitamento do recurso solar se insere como uma alternativa viável, podendo vir a ser uma das opções de diversificação de nossa matriz energética. O presente trabalho objetiva uma análise acerca das tecnologias com diodo emissor de luz (LED) e conversão fotovoltaica da energia solar por meio de um protótipo aplicado a iluminação. O trabalho busca comparar o cenário da iluminação pública vigente com o sistema alternativo proposto e mediante aos dados obtidos são apresentados resultados comparativos, como: condições energéticas, padrões luminosos, custos e um contexto ambiental. A comparação realizada em função dos custos indica certa equivalência para os sistemas, porém considera-se que a tecnologia atual apresenta vantagem no investimento, tida como temporária em função do avanço e investimento na tecnologia LED; O contexto ambiental ressaltou variáveis antes não consideradas que coloca o sistema proposto à frente do vigente, essas variáveis influenciam diretamente na qualidade do processo e indiretamente nos custos envolvidos. Outra fundamentação deste artigo é que o sistema sugerido pode substituir o padrão luminoso encontrado, pois se adequa aos requisitos legais e possui um consumo inferior aos valores convencionais, fato que influencia ainda no custo e potencial energético; Este último é analisado através de um sistema de monitoração usando micro-controladores, desenvolvidos especificamente para este protótipo, capazes de obterem dados de tensão e corrente, mostrando que o sistema proposto está à frente dos postes convencionais de iluminação pública, com uma redução de 224,4 kWh ao final de um ano, para um só sistema.

PALAVRAS-CHAVE: Energia Solar, LED, Iluminação.

INTRODUÇÃO

O crescente avanço da tecnologia abre portas para disseminação de novas técnicas que possam aumentar a eficiência de processos produtivos. Entende-se aqui por processo produtivo o sentido básico da expressão, matéria prima, beneficiamento dessa e fornecimento de um produto final. Aumentar a eficiência de um processo pode estar atrelado à diminuição de perdas, aproveitamento do máximo de matéria prima, diminuição de custos, e outras medidas mais propostas pela 'P + L'. Produção mais Limpa significa a aplicação contínua de uma estratégia econômica, ambiental e tecnológica integrada aos processos e produtos, a fim de aumentar a eficiência no uso das matérias-primas, água e energia através da não geração, minimização ou reciclagem de resíduos gerados em todos os setores produtivos. (FERNANDES, J.G.V. et al, 2001) Nesse sentido, o aproveitamento da energia solar, objeto de muitos novos estudos, atrelada à outra tecnologia, o LED, podem ser uma alternativa para a iluminação de postes públicos. Baseando-se no contexto apresentado, o presente trabalho estuda a viabilidade de um sistema de iluminação por um refletor alimentado por energia solar.

Os benefícios de uma iluminação pública eficiente podem ser explorados no sentido de melhorar a imagem de uma cidade, favorecendo o turismo, o comércio, o lazer noturno, melhorando a segurança pública no tráfego,

sendo inclusive um indicador de desenvolvimento da mesma, sendo esses fatores todos de interesse do Poder Público Municipal. (COPEL, 2014)

A conscientização de que a maioria dos recursos, sejam eles energéticos ou não, são finitos, tem aberto espaço para tentar equacionar a relação do homem com a natureza em termo de uma melhor e mais harmônica convivência. A tecnologia solar e mais particularmente as mudanças culturais que essa tecnologia promove, pode fazer uma importante contribuição na direção do que tem se dado em chamar desenvolvimento sustentável. (TIBA, et al 2000)

A cidade de Belém é privilegiada por sua localização favorável à aquisição de recursos naturais, principalmente hídricos, porém a disponibilidade de recursos energéticos como energia solar chama a atenção para a possibilidade de utilização da mesma como válvula de escape para sobrecargas do sistema de abastecimento de energia elétrica. Com valores significativos, a capital recebe nos meses de verão mais de 8 horas de sol pleno por dia. (ROSA, L. et al 2014)

O sistema de iluminação pública tem seus requisitos fotométricos mínimos estipulados em normas, em especial a NBR (Norma Brasileira) 5101:2012. Os projetos de iluminação pública devem sempre atender a essas especificações, visando sempre eficiência energética, o uso de materiais voltados para a atividade e especialmente a redução de custos. (*Adaptado* COPEL, 2014)

Estimando a viabilidade de um sistema de abastecimento dos postes de iluminação pública, utilizando energia solar como fonte motriz de funcionamento do mesmo, o trabalho mostra estudos acerca do potencial de um protótipo instalado no laboratório do Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas – GEDAE, localizado na Universidade Federal do Pará – UFPA, em que foram analisados uma série de parâmetros, dentre eles: parâmetros elétricos, energéticos, luminosos, variáveis ambientais e custos, que pudessem retratar qual a viabilidade de instalação de um sistema similar, baseado nos dados obtidos no presente trabalho, comparando-os com o mesmo tipo de dados de um sistema convencional de iluminação pública.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

O trabalho foi realizado na Universidade Federal do Pará – UFPA, Rua Augusto Corrêa - 01, Bairro do Guamá, no prédio do Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas – GEDAE.

Coleta de Dados

A coleta de dados se baseou em pesquisa experimental caracterizando-se por monitorar diretamente as variáveis relacionadas ao projeto; Pesquisa exploratória na obtenção de valores para comparação de custo, com uma pesquisa pautada nos custos de mercado. As análises dos parâmetros elétricos e energéticos foram realizadas no Laboratório do GEDAE e juntamente aos parâmetros luminosos no local de instalação do protótipo.

Materiais e Método da Coleta

Os materiais utilizados na instalação do protótipo seguem especificados na tabela abaixo.

Tabela 01: Materiais utilizados na instalação do sistema F.V. FONTE: Autores, 2014.

Material	Especificações
Refletor LED DNI-6049	10 W
Bateria	66 A/h
Módulo fotovoltaico	Kyocera – KC80
Controlador de Carga	Phocos - CX10

Para o estudo foi utilizado refletor LED DNI 6049 branco, com potência de fábrica de 10W, com 96 LEDs. Alterou-se a entrada do refletor para que pudesse ser conectada diretamente à fonte de alimentação cc, proveniente do gerador fotovoltaico; Bateria BlueTop (OPTIMA BATTERIES) de 66Ah capaz de fornecer 4 dias de autonomia ao sistema; Módulo fotovoltaico Kyocera com potência nominal de 80Wp. Todos os equipamentos utilizados foram escolhidos conforme suas especificações e de acordo com os cálculos de dimensionamento de um sistema autônomo para geração de energia elétrica. A figura 02 mostra o esquema de funcionamento do sistema proposto.

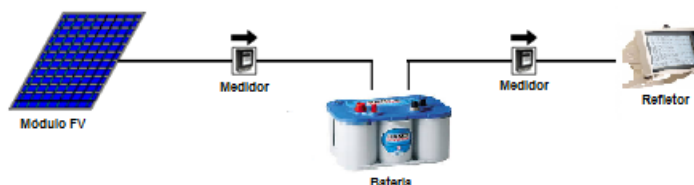


Figura 02. Diagrama unifilar do sistema. FONTE: Autores, 2014.

Na obtenção da altura ideal do sistema foram realizados 2 testes que verificaram uma maior eficiência em função do raio de iluminação e do número de lux produzidos. Nos métodos de coleta dos parâmetros luminosos do sistema já instalado com altura ideal, foram utilizados: um luxímetro (modelo LD-510) para medição da quantidade de lux produzidos pelo sistema e uma trena para medir o raio de iluminação.

Para a medição dos parâmetros elétricos, foi instalado um sistema de monitoramento e aquisição de dados, baseado na plataforma Arduino, capaz de gravar dados de tensão e corrente integrados em uma base horária de 5 minutos com cartão de memória. Tais dados são disponibilizados diretamente em forma de planilha, juntamente com o valor de potência calculado.

Para comparação de custos e variáveis ambientais do sistema FV e um sistema convencional de abastecimento de postes de iluminação pública, compararam-se custos dos equipamentos envolvidos, custo da utilização de energia, taxas de caráter diverso, produção limpa, maior utilização de matéria prima e poder impactante da matéria prima.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Segundo levantamento realizado pelo PROCEL/ELETRONBRAS em 2008, a iluminação pública no Brasil corresponde a aproximadamente 4,50% da demanda nacional e a 3,00% do consumo total de energia elétrica do país, ou seja, o equivalente a uma demanda de 2,2 GW e a um consumo de 9,7 bilhões de kWh/ano. Neste mesmo levantamento, constatou-se que havia aproximadamente 15 milhões de pontos de iluminação pública instalados no país, sendo que a região sudeste concentra a maior quantidade desses pontos de iluminação, cerca de 45% do total.

Nesse contexto, percebe-se que o aporte de energia para sustentar tal demanda é de significativa magnitude. O trabalho é proposto como forma de contribuição para diminuição dessa demanda, apresentando por meio da tecnologia aqui estudada, os benefícios por essa promovidos.

Condições Energéticas

As modificações realizadas no refletor de LED tiveram como objetivo aumentar a eficiência do mesmo para melhores resultados na sua aplicação. Modificou-se o circuito para que esse funcionasse em corrente contínua, para eliminar custos com inversor de corrente. No primeiro teste aplicou-se uma tensão de 12 V a uma fileira de 3 LEDs com resistor de 100Ω, que apresentou uma corrente de 35 mA, alterando desta maneira a potência do refletor de 10 W para 13,440 W. Já no segundo teste aplicaram-se as mesmas condições, porém com 4 fileiras de LEDs obtendo como resultado 25mA de corrente, reduzindo assim a potência do refletor para 7,2W. Ao final de um dia baseado nos resultados do segundo teste, o consumo do refletor seria de 101,65Wh segundo os cálculos de dimensionamento utilizando 0,85% para eficiência da bateria, já para o primeiro teste o consumo seria 189,74Wh.

Os testes mostraram que o brilho do refletor foi maior durante o primeiro teste, porém o funcionamento do LED para a corrente encontrada não é recomendado, pois diminui sua vida útil correndo o risco de queimar as lâmpadas. Foi visto ainda que um sistema ao final de um dia consome quase 90 W a mais que outro, tendo como referência 12 horas de funcionamento em um dia.

O sistema de armazenagem de energia (bateria) com capacidade de 66Ah e dimensões de (l x b x h) 308.86mm, 171.75mm, 220.98mm, fornece até 4 dias de autonomia ao sistema em caso da ocorrência de 0 horas de sol, porém adotando-se 3 dias, a capacidade necessária a bateria diminuiria (49,82 Ah) junto com suas dimensões o que facilitaria sua alocação em postes, reduziria custos e não prejudicaria o sistema.

Segundo o manual de iluminação pública – COPEL, 2014, um dos parâmetros básicos para medir o desempenho elétrico de um sistema é o fator de potência - FP, que não deve ser inferior a 0,92 conforme resolução normativa nº414 – ANEEL.

Avaliando o sistema, entende-se que por operar em corrente contínua não há ângulo de defasagem entre corrente e tensão, portanto o sistema apresenta fator de potência igual a 1.

Os dados obtidos pelo sistema de monitoramento, que se deu entre as 10h:30min do dia 19/07/2014 às 15:25 do dia 28/07/2014, sendo utilizados 7 dias de amostragem (20 – 27), revelaram uma ótica real do consumo do protótipo e o comportamento da geração de energia. O pico de consumo do refletor atingiu 8,76W dentro do intervalo em que o refletor estava alimentado pelo módulo, isso se deve basicamente aos valores de corrente e tensão mais elevados encontrados no período da manhã, que refletiu também maiores índices de geração de energia. Durante a noite, levando-se em conta o funcionamento das 18h:00min as 06h:00min, o refletor teve como média 5,41W consumindo no total de 7 dias 423,38Wh.

Os valores encontrados durante o dia não têm influência direta sobre os testes dos parâmetros luminosos, tendo em vista que esses foram executados com o sistema fotovoltaico desligado, com alimentação somente da bateria, o que denota que os picos são irrelevantes para tal e especula-se a possibilidade de níveis mais satisfatórios quando do aumento da potência do refletor. Comparando-se a um sistema convencional de iluminação, que utiliza lâmpadas de potência nominal entre 50-70W de potência, do tipo vapor de mercúrio e estão conectados a tensão de 110-127 pode-se deduzir uma economia de pelo menos 224,4kWh durante um ano, utilizando para base de cálculo o maior pico de funcionamento do refletor, 12 horas de uso diário e 365 dias do ano.

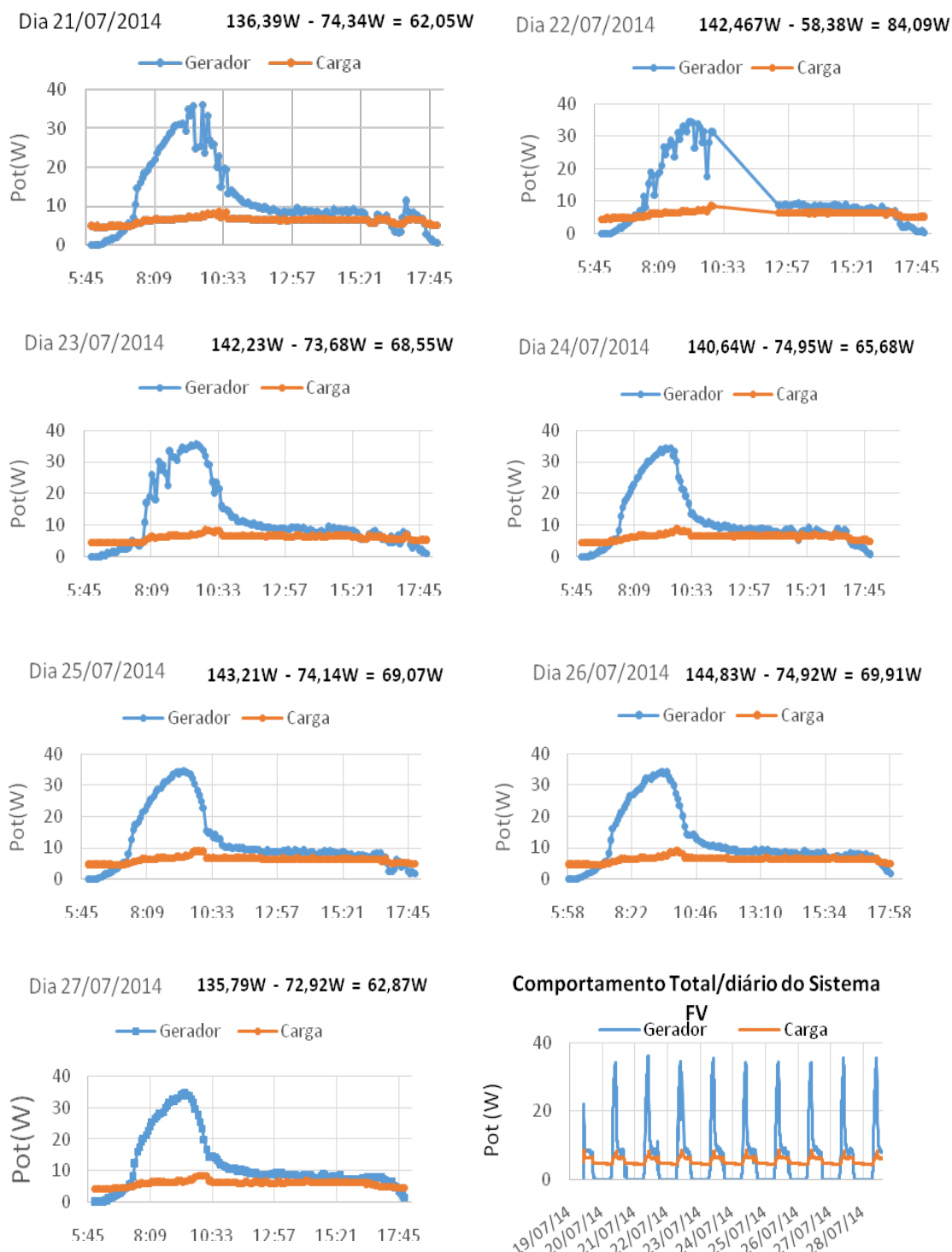


Figura 03 - Gráficos do funcionamento do protótipo pelo sistema de monitoramento durante o dia (06h:00min as 18h:00min). FONTE: Autores 2014.

*A equação no canto superior direito dos gráficos significa a variação de energia durante o dia.

$$\Delta E_{\text{dia}} = E_{\text{ger}} - E_{\text{con}}$$

Foram analisadas 12 horas durante o dia, para evidenciar a capacidade de carregamento do sistema, sendo notada a capacidade significativa de reposição, contudo o fato de o sistema se manter ligado 24 horas possibilitou cálculos de consumo integral do refletor em contrapartida a geração.

Percebe-se pela análise dos dados que o sistema está sobre dimensionado, visto que a capacidade de geração fotovoltaica é superior ao demandado pela carga. Isto pode ser observado na limitação de potência promovida pelo controlador de carga, verificável graficamente por volta das 9h diariamente. Tal sobre dimensionamento pode ser resolvido inserindo uma carga de maior consumo ao sistema, permitindo maiores padrões fotométricos, o que elevaria o custo total do protótipo em contrapartida.

Padrões Luminosos

Para análise dos padrões luminosos duas grandezas devem ser observadas, a área iluminada e a iluminância. Foram realizados 2 testes, utilizando diferentes alturas, para encontrar uma ideal mediante observação.

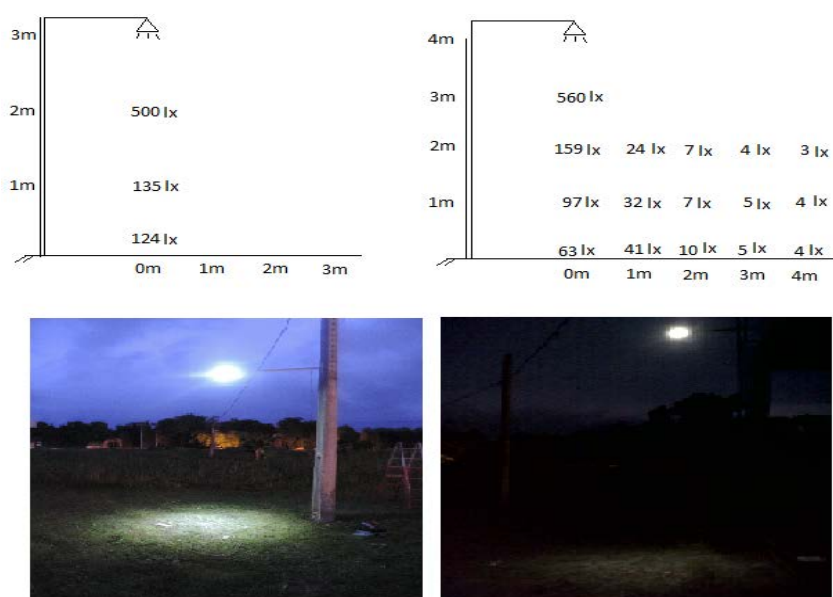


Figura 04- Medições de iluminância. FONTE: Autoria própria.

Dentro dos resultados verificados acima, nota-se que os valores obtidos estão aceitáveis, tendo por base a NBR 5101:1992, que define segundo a tabela abaixo os padrões de iluminância. Há que se levar em conta que a altura de montagem do refletor influenciou nos altos valores encontrados na linha central de iluminação, ainda a área de iluminação não foi quantificada em sua totalidade, devido a uma falta de precisão de onde seria seu término.

Tabela 02. Padrões de iluminância por via. FONTE: adaptado NBR 5101:2012.

Descrição da via.	Vol. tráfego	E _{mín.} (lux)
Vias expressas; Vias de alta velocidade de tráfego, com separação de pistas, sem cruzamentos em nível e com controle de acesso; Vias de trânsito rápido em geral; Auto-estradas.	Intenso	30
	Médio	20
Vias arteriais; Vias de alta velocidade de tráfego com separação de pistas; Vias de mão dupla, com cruzamentos e travessias de pedestres eventuais em pontos bem definidos; Vias rurais de mão dupla com separação por canteiro ou obstáculo.	Intenso	30
	Médio	20
Vias coletoras; Vias de tráfego importante; Vias radiais e urbanas de interligação entre bairros.	Intenso	20
	Médio	15
	Leve	10
Vias locais; Vias de conexão menos importante; Vias de acesso residencial.	Médio	10
	Leve	5

Ao comparar-se com um sistema convencional de iluminação pública, nota-se que a luz alcança dimensões maiores, porém com menos eficiência, já refletor em LED apresenta uma distorção lateral que faz com que a luz seja dissipada e atinja as áreas periféricas com menos intensidade, porém a luz emitida pelo refletor apresenta maior brilho. Segundo T. Whitaker 2006, ocorre um processo de espalhamento da luz, por conta das lâmpadas convencionais empregadas na iluminação pública, causando uma poluição luminosa.

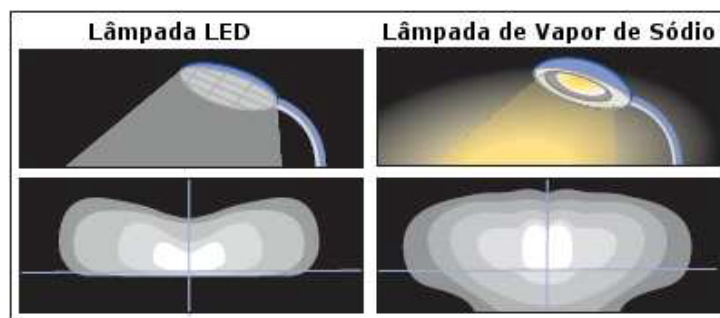


Figura 04 – ‘Poluição luminosa’. FONTE: T. WHITAKER, 2006.

Considera-se ainda que as luminárias de LED sejam projetadas de forma a dispersar a luz de forma dirigida diretamente para onde se quer iluminar. Outro fator favorável à luz do LED seria a sensibilidade visual humana aos comprimentos de onda de luz emitidos. Existem dois componentes sensíveis à luz no olho humano: os bastonetes e os cones. Os bastonetes são sensíveis aos comprimentos de onda menores e responsáveis pela visão noturna, com pico a 507 nm (nanômetro, unidade utilizada para medir comprimento de ondas de luz visível, equivalente a um bilionésimo de metro), enquanto os cones são sensíveis aos comprimentos de onda maiores responsáveis pela visão diurna, com pico a 555nm.

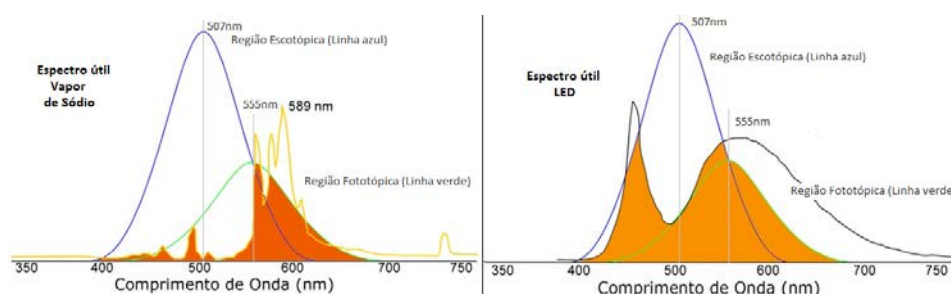


Figura 05- Espectro visível. FONTE: adaptado LED DEPOT, 2011.

Os gráficos mostram o comprimento de onda emitido por uma lâmpada a vapor de sódio e outra por LED, denotando assim que a onda de luz emitida pelo LED representa cerca de 75% do espectro útil, contra 20 a 25% do vapor de sódio. LED DEPOT, 2011.

Custos

A análise feita compara alguns componentes dos 2 sistemas estudados e elenca pontos importantes que influenciam no custo das tecnologias. O preço das luminárias inclui todo o conjunto utilizado para fornecer iluminação, logo, lâmpadas, luminárias e outros componentes elétricos quando necessários.

A tecnologia LED apresenta um decaimento quanto aos preços encontrados no passado, sua alta disseminação favorece para maior quantidade de fabricantes e fornecedores, barateando dessa forma o custo. O preço do refletor utilizado no protótipo segue em conta, pois em si não é utilizado para tal finalidade, porém as modificações feitas nesse, ajustam-no para a aplicação e mostram a qualidade da iluminação LED. Os custos de uma luminária de LED a padrões estéticos para iluminação pública podem ser um fator contribuinte para o aumento do seu valor junto ao tipo do LED de alta potência. As análises de custo basearam-se na comparação dos dados mostrados na Tabela 03 abaixo.

Tabela 03. Custos dos Sistemas Estudados. FONTE: Autores, 2014.

Produtos / Bens	Protótipo	Marca 1	Marca 2
Luminária	110,00	148,00	80,18
Bateria	160,00	-	-
Placa fotovoltaica	350,00 - 400,00	-	-
Controlador de carga	209,00	-	-
Reator / Ignitor	Não	Sim	Sim
Encargos / tributos	-	36,35	36,35
Preço pelo Kw/h em 50.000h	0,00	0,1305 x 50.000 x 70 = 456,75	0,1305 x 50.000 x 70 = 456,75
Trocas em 50.000h	0	3	3
Preço pelas trocas	-	33,3	33,3
Total R\$	829,00	674,40	606,58

Os encargos e tributos expostos estão divididos em: PIS R\$ 00,24; CONFIS R\$ 1,10; ICMS R\$ 4,46 e CIP R\$ 30,55. Para a obtenção dos valores, utilizou-se a resolução nº 456/2000 da ANEEL que estipula o valor mínimo para cobrança segundo perfil de unidade consumidora, nesse caso utilizou-se 50 kWh, referente a uma unidade bifásica. Os valores significam que mesmo sem interruptor algum ligado pela unidade consumidora o valor cobrado será de no mínimo R\$ 36,35, valor esse que está longe do cobrado efetivamente pela operadora.

Os valores referentes à cobrança de contribuição para custeio de serviços de iluminação pública - CIP são os cobrados no Pará e podem variar segundo localidade e alguns outros fatores desconhecidos. A CIP é um tributo definido no Art. 149-A da Constituição Federal de 1988 com a finalidade de custear a operação, manutenção, expansão e o consumo de energia elétrica dos serviços de iluminação pública prestados pela prefeitura local. As taxas cobradas representam um valor disforme do que realmente deveria ser cobrado por um serviço de caráter básico, com saídas tecnológicas que podem baratear o mesmo, nota-se que durante o período de um ano de arrecadação de apenas um usuário o valor chega a R\$ 366,6.

A concessionária fornecedora de energia não é responsável pela geração, comprando a energia e repassando aos usuários, ou seja, a energia consumida pelos postes deve ser paga por alguém. O preço unicamente da tarifa de energia, sem taxa de distribuição, multiplicado pelo número de horas e a potência da lâmpada é analisado levando em conta a vida útil do LED de 50.000 horas ficando com um preço de R\$ 456,74, enquanto a energia utilizada pelo protótipo tem custo 0.

Ao levar-se em conta ainda a vida útil das lâmpadas utilizadas na iluminação pública, nota-se que seriam necessárias pelo menos 3 trocas. Segundo L. MAGHE, 2007, o tempo de vida útil do LED é de 50.000 horas, contra 18.000 horas das lâmpadas de vapor de sódio e vapor de mercúrio, essa troca reflete um custo de R\$ 33,33 pelas 3 trocas efetuadas.

Uma condição não mensurável em nível de valores, mas que refletiria custos indiretos é de que a iluminação de LED não emite radiação infravermelha, essa radiação aquece o local aumentando custos do ar condicionado, diminuindo o conforto ambiental e quando reflete na superfície de leitura aumenta a fadiga visual. O ponto positivo de usar a iluminação de LED aliada à energia solar é que o consumo não simboliza custo ao longo do tempo. Um fator desfavorável seria que se trata de uma tecnologia cara, em nível de implementação, devido principalmente a essa ir de encontra a base da matriz energética, não possuindo assim significativo desenvolvimento de mercado.

Contexto Ambiental

Para a análise quanto ao melhor processo do ponto de vista ambiental analisou-se a produção limpa durante os processos, maior utilização de matéria prima e poder impactante da matéria prima.

Em relação aos tipos e quantidades de lâmpadas instaladas no Brasil, destinadas à iluminação pública, um estudo da Eletrobrás, 2013, denota que as de vapor de sódio de alta pressão (VSAP) e as de vapor de mercúrio (VM) nas potências de 80, 125, 250 e 400 Watts são as mais empregadas, principalmente em trevos rodoviários, cruzamentos de vias, grandes avenidas e acessos a rodovias.

A Associação Brasileira da Indústria de Iluminação (ABILUX), informa que anualmente são retiradas de uso no mundo um total de 49 milhões de lâmpadas, adotando-se como base uma média de 21 mg de mercúrio por lâmpada, possui-se um potencial poluidor de aproximadamente 1.000 kg de mercúrio L. L. F. da Silva, 2006.

Os dois elementos citados possuem características perigosas quando dispostos de forma inadequada, ocasionando comprometimento de ecossistemas, no caso do mercúrio, podendo também comprometer de forma nociva o homem quando inalado, ingerido ou em contato. O sódio possui diversas características, algumas benéficas, porém pode reagir violentamente com a água e outros elementos, tornando-se tóxico, além de ser corrosivo quando em contato com a pele.

Segundo a InterLED, 2009, o LED possui a vantagem de ser reciclável e não se mostra nocivo a curtas distâncias, como o caso de fluorescentes utilizadas em escritórios e cabeceiras. Outro fator importante é que a iluminação a LED não emite luz ultravioleta, W. Braber, 2007. Usada também para iluminar prédios históricos e vegetação, sem danos. LED DEPOT, 2014.

De acordo com BERNARDES, 2013, as luminárias de VM afetam ainda podendo favorecer doenças como a leishmaniose e doença de chagas, pois as mesmas atraem o mosquito transmissor que parasita cachorros e galinhas, levando assim a doença para o homem, utilizando para base de estudo, o caso ocorrido em Santa Catarina em 2005.

O tempo de vida útil do LED é um aspecto a ser levado em conta, essa tecnologia por vezes, excede 50.000 horas de vida útil, contra 2.000 horas da lâmpada incandescente, 18.000 horas das lâmpadas VSAP e VM e 20.000 horas da lâmpada fluorescente. Isso implica na redução do custo de manutenção e quantidade de resíduos gerados. L. MAGHE, 2007.

Baseado no estudo aqui apresentado, fazendo uma comparação da tecnologia proposta e um sistema convencional utilizando lâmpada a vapor de sódio, o consumo de energia reduziria em 88%. Enquanto o sistema proposto, ao final de um ano apresenta consumo de pouco mais de 37 kWh, o sistema convencional com uma lâmpada de potência igual a 70W, apresenta 306,6 kWh (os cálculos apresentados referenciam o funcionamento de apenas um poste, com funcionamento de 12 horas por dia durante 365 dias do ano). Uma mudança de sistema implicaria na redução do consumo de energia que reduziria a necessidade da construção de usinas hidro e termoelétricas, poupando recursos não renováveis.

Estudos sugerem que a conversão completa para a tecnologia LED diminuiria em pelo menos 50% as emissões de CO₂ a partir do uso de energia elétrica para iluminação pública em pouco mais de 20 anos. GIANELLI B F, et al, 2014.

Segundo um recente relatório da consultoria Mc.Kinsey&Company, a iluminação pública por lâmpada LED é o mais rentável de uma série de métodos simples para combater o aquecimento global dentre as tecnologias existentes, como exemplo podemos citar a cidade de Austin, nos Estados Unidos, que com a instalação de luminárias a LED, para uso na iluminação pública, deixará de emitir 4.600 t de dióxido de carbono. K. ORTH, 2008.

CONCLUSÕES

Os avanços que a comunidade científica tem apresentado despertam cada vez mais a atenção da sociedade para soluções de problemas cotidianos, o que indiretamente fomenta uma pressão sobre as diversas esferas governamentais responsáveis por sanar tais problemáticas e proporcionar qualidade de vida as pessoas. A evolução tecnológica e o aprimoramento de conhecimentos têm possibilitado grandes conquistas, o aprendizado com sistemas já empregues em outras localidades é uma saída amplamente viável para se conseguir êxito em modelos promissores.

O que se percebe é que em determinadas regiões alguns países saíram na frente, com projetos fundamentados em estudo inovadores e que vieram a prosperar por serem aplicados. A tecnologia solar e mais particularmente as mudanças culturais que essa tecnologia promove, pode fazer uma importante contribuição na direção do que tem se dado em chamar desenvolvimento sustentável. (TIBA, et al 2000). Nesse sentido o investimento na tecnologia LED, juntamente com a energia solar se faz necessário, principalmente em Belém, onde foi percebido um déficit muito grande quanto à tecnologia.

Conclui-se com o trabalho que embora com um custo de investimento ainda superior ao sistema de iluminação pública vigente, para tal levando-se em conta apenas os custos de 'instalação', o sistema proposto transmite viabilidade, pois não necessita de tanta manutenção, o que reduziria os encargos referente a CIP. O fator ambiental seria também determinante, haja vista o conforto, a produção mais limpa e o consumo, que diminuiria o aporte de energia, o que indiretamente influencia nos custos e põem em dúvida a questão financeira.

Os padrões luminosos do protótipo se mostraram aceitáveis, ainda que utilizando um tipo de refletor não adequado ao uso, porém essa escolha criou a possibilidade de dar continuidade ao estudo, duplicando a capacidade do mesmo, atingindo padrões luminosos mais eficientes e fazendo análises futuras a respeito do comportamento do sistema em nível de acréscimo energético e de custos.

O cenário energético encontrado durante o trabalho foi bastante satisfatório, no decorrer dos 7 dias utilizados para análise foi notado uma economia de pelo menos 4kW, ainda que com padrões luminosos que possam estar abaixo do esperado, porém uma duplicação da capacidade de iluminação do sistema que juntamente a isso hipoteticamente duplicasse o consumo e somente 2kW de redução de consumo fossem alcançados durante sete dias, seria um ganho considerável ampliando os resultados ao período de 1 ano.

Os resultados encontrados nas diferentes esferas estudadas sugerem uma maior atenção ao setor e principalmente aos benefícios que esse pode trazer, faz-se necessário maior investimento, com intuito de fomentar o mercado e consequentemente proporcionar maior desenvolvimento dessa tecnologia, para que seja possível atingir padrões de sustentabilidade até então tidos mais em projetos teóricos a práticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. NBR 5101 – Iluminação pública. 2012
2. Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. Resoluções nº 456 de 29 de novembro de 2000 e nº 414 de 9 de setembro de 2010.
3. Companhia Paranaense de Energia – COPEL. Disponível em: < [http://www.copel.com/hocopel/root/pagcopel2.nsf/0/F5F8DB1E97503339032574F1005C8FF9/\\$FILE/MANUAL_IP_20120816.pdf](http://www.copel.com/hocopel/root/pagcopel2.nsf/0/F5F8DB1E97503339032574F1005C8FF9/$FILE/MANUAL_IP_20120816.pdf) >
4. Eletrobrás–Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, “Iluminação Pública no Brasil”. Disponível em: < <http://www.eletrobras.com/elb/procel/main.asp?TeamID={E4B36D24-00F0-4534-8F61-06F1051363F3}> > Data do acesso 04/08/2013.
5. FERNANDES, J. V. G *et al.* Introduzindo práticas de produção mais limpa em sistemas de gestão ambiental certificáveis: uma proposta prática. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 06, n. 03, jul/dez. Rio de Janeiro, 2001. p. 157-164.
6. GIANELLI B F, Mestre Unesp; Silveira M C F, Mestranda Unesp; Thaumaturgo L R Y, Doutoranda Unesp; Astorga O A M, Livre Docente Unesp; Filho M B M, Sisvoo.O Emprego de Tecnologia LED na Iluminação Pública – Seus Impactos na Qualidade de Energia e no Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/Ilumina%E7%E3o%20P%FAblica/Artigos/o_emprego_de_tecnologia_led_na_iluminacao_publica_seus_impactos_na_qualidade_de_energia_e_no_meio_ambiente.pdf. > Data do acesso: 07/01/2014.
7. InterLED Light Company, 2009. Site comercial. Disponível em:< <http://www.interledlight.com/pt/> /vantagens-led/ > data do acesso: 04/08/2013
8. J. BERNARDES “Controle de iluminação reduz contato com insetos transmissores de doenças”. Disponível em < <http://www4.usp.br/index.php/meio-ambiente/16506-controle-de-iluminacaoreduz-contato-com-insetos-transmissores-de-doencas> > Data de acesso 31/01/2013.
9. K. ORTH, "Cities realize the advantages of LEDs", LEDs Magazine Technology and applications of light emitting diodes, issue 21, pp. 46-48, Jun. 2008.
10. L. L. F. da Silva, "Iluminação Pública no Brasil: Aspectos Energéticos e Institucionais" dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.
11. L. MAGHE, "Practical experience using LED for lighting and signage products apresentado no LED4Europe Event 2007, Brussels, Belgium, 2007.
12. LED DEPOT – iluminação responsável. 2011. Site comercial da empresa, disponível em < <http://leddepot.com.br/duvidas/led-ou-vapor-de-sodio.html> > acesso em: 10/04/2014.

13. ROSA, L. *et al* Avaliação Do Potencial Energético Solar Na Avenida João Paulo II, Para Troca Do Sistema Convencional De Abastecimento De Postes Públicos. XII Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental - SIBESA, 2014.
14. T. WHITAKER, " On the verge: LEDs are ready to challenge incumbent light sources in the street lighting market," LEDs Magazine Review, issue 9, pp. 11-13, Out. 2006.
15. Tiba, C. *et al*. Atlas solarimétrico do Brasil: banco de dados terrestres. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2000.
16. W. BRABER, "LED working principles, electric, thermal and optical characteristics " apresentado no LED4Europe Event 2007, Brussels, Belgium, 2007.