



**GRUPO - XIV**

**XXI SNPTTE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0  
23 a 26 de Outubro de 2011  
Florianópolis - SC

**GRUPO DE ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E GESTÃO DA TECNOLOGIA, DA INOVAÇÃO E DA  
EDUCAÇÃO - GET**

**OS BENEFÍCIOS E IMPACTOS DA ILUMINAÇÃO A LED EM AMBIENTES  
EXTERNOS - ESTUDO DE CASO**

**Rafael Rabassa Morales  
ELETROSUL**

**Roniere Henrique de Oliveira  
ELETROSUL**

**Clóvis Nicoleit Carvalho  
ELETROSUL**

**RESUMO**

Este trabalho refere-se à proposta da Eletrosul Centrais Elétricas S.A. de realizar estudos com relação ao desempenho da tecnologia de iluminação com LED (Light Emitting Diode) para a iluminação externa levando em conta aspectos diversos dos pontos de vista da qualidade de energia, do desempenho luminotécnico e econômico num estudo piloto no pátio de estacionamento da sede da empresa em Florianópolis - SC.

Em virtude da popularização do LED, verificou-se o expressivo aumento desse tipo de dispositivo em ambientes residenciais, comerciais e industriais. Assim, o presente trabalho concentrou esforços para realizar estudos sobre o comportamento e desempenho da tecnologia LED na iluminação de ambientes externos no que diz respeito ao potencial de economia de energia. Além disso, buscou-se, por meio de estudos de caso, apresentar os benefícios e os impactos que essa tecnologia pode provocar na rede interna e ao sistema de distribuição ao qual está conectada.

A proposta deve-se ao fato de esta tecnologia, que já é usada com bastante eficácia para iluminação semafórica, ter ainda na iluminação pública algumas ressalvas.

Os produtos utilizados para este estudo foram luminárias de 21W com 18 LEDs cada, em comparação com um sistema de iluminação a VSHP (Vapor de Sódio de Alta Pressão) de 70W. O objetivo do estudo foi de avaliar a eficiência do sistema, tanto energética quanto de iluminação e levantar os dados técnicos da luminária relativos à qualidade da energia, como FP (Fator de Potência) e THD (Taxa de Distorção Harmônica).

Medições foram realizadas dentro do laboratório da equipe de manutenção da Eletrosul para comparação de cada tipo de tecnologia, que foram posteriormente aplicadas no pátio da sede da empresa, em um circuito de iluminação do estacionamento para a coleta de resultados, onde verificou-se a aceitação dos empregados com relação à iluminação no trecho testado e a diferença no índice de reprodução de cores da luminária LED para VSHP. Essa comparação se deve ao fato de o fabricante nos apresentar essa luminária com LED como alternativa mais eficiente.

Por fim, os resultados experimentais obtidos para o conjunto de luminárias trocadas no estacionamento resultou em ganhos de energia consideráveis, que ao longo dos anos possuem uma taxa de retorno bastante atrativa. Todavia, os aspectos de qualidade de energia mostraram uma preocupação quanto ao futuro dos sistemas de energia, tendo em vista a grande tendência desse tipo de iluminação.

**PALAVRAS-CHAVE**

Iluminação externa, LED, Eficiência Energética, Qualidade de Energia

## 1.0 - INTRODUÇÃO

A tecnologia de iluminação por LED é a que está mais em evidência no mercado devido à sua alta eficiência quando se tratando do consumo de energia elétrica. As perdas com calor, quando comparadas com as lâmpadas incandescentes são baixíssimas e sua iluminação tem um alto índice de reprodução de cores. A implantação dessa tecnologia em pequenos ambientes ou em mostras artísticas, como substituta das lâmpadas dicróicas, já estão consagradas. No caso proposto neste trabalho, como iluminação pública ou de exterior, no entanto, a iluminação a LED ainda está na fase de desenvolvimento. A relação lm/W e, principalmente, o preço praticado no mercado são barreiras quase intransponíveis mesmo considerando uma alta durabilidade e um baixo consumo ao fazer os cálculos mais comuns da matemática financeira para obter taxas de retorno atraentes.

O consumidor comum, ao se deparar com um valor que pode chegar aos R\$ 30,00/W não cogita o investimento e normalmente prefere destinar uma verba tão alta em outros bens de consumo. Para se dar um exemplo simples, uma luminária de 142W pode custar até R\$ 3.200,00, o que para um trabalhador de classe média, que ganhe 10 salários mínimos representaria 59% de seu rendimento mensal bruto.

O objetivo do estudo foi avaliar a eficiência, tanto energética quanto de iluminação do sistema e levantar os dados técnicos da luminária relativos à qualidade da energia, como FP (Fator de Potência) e THD (Taxa de Distorção Harmônica). O potencial de economia, os benefícios e os impactos que essa tecnologia pode provocar nos sistemas de distribuição e transmissão de energia elétrica, bem como a aceitação do novo tipo de iluminação pelos usuários do estacionamento, visto que o LED apresenta um IRC (Índice de Reprodução de Cores) e uma temperatura de cor diferente da lâmpada VSHP, foram fatores também avaliados.

## 2.0 - QUALIDADE DE ENERGIA

Como se sabe, cargas não-lineares promovem inserção de correntes harmônicas na rede de alimentação a qual estão conectadas. Isto vem sendo motivo de extrema preocupação para os profissionais da área de qualidade de energia, pois tais correntes podem provocar diversos problemas nos demais equipamentos interligados à rede, bem como, levá-los a operar inadequadamente.

Os distúrbios provocados pela distorção harmônica de corrente são sentidos por todos os equipamentos conectados à rede, inclusive pelos próprios equipamentos geradores de tais perturbações. Como exemplos destes efeitos, citam-se [1-4]:

Efeitos em máquinas elétricas: A presença de harmônicas de corrente em máquinas elétricas de corrente alternada, como geradores e motores elétricos, provoca um campo girante, no interior da máquina, resultante das diversas frequências que compõem a corrente. Sendo assim, estas componentes harmônicas podem criar campos que giram no mesmo sentido, ou em sentido contrário ao do campo criado pela corrente fundamental. Com isso, as componentes harmônicas afetam o torque da máquina, acarretando batimentos de torque e vibrações nos mancais e eixos, que por sua vez afetam a qualidade dos produtos de um processo industrial, além da geração de ruídos audíveis. Outro ponto importante é o aumento da temperatura de operação, provocado pela elevação das perdas no ferro e, principalmente, no cobre.

Efeitos em condutores: Além do mais conhecido efeito sobre os condutores, referente ao aumento das perdas em regime permanente devido à circulação de reativos de distorção, existe a elevação da resistência de corrente alternada ( ), nos condutores submetidos à tensão alternada; consequentemente, há o aumento das perdas Joule nos cabos do sistema. Além disso, outro fator de muita preocupação advém da ocorrência de ressonância, onde condutores podem ficar submetidos a grandes esforços de tensão e efeito corona, acarretando falhas nos isolamentos da rede de distribuição e transmissão de energia elétrica.

Efeitos em transformadores: É muito comum em sistemas elétricos de transmissão e distribuição a utilização de transformadores com um dos enrolamentos conectados em delta para impedir a propagação de harmônicas triplens a montante do sistema. Estas harmônicas ficam por sua vez aprisionadas no enrolamento delta do transformador, levando-o a trabalhar sobrecarregado. Adicionalmente, as harmônicas de corrente são responsáveis pelo aumento do aquecimento do transformador, ocasionado pelo aumento das perdas no cobre e perdas no fluxo de dispersão, enquanto que as harmônicas de tensão são responsáveis pelo aumento das perdas no núcleo. Outro efeito bem conhecido por parte dos responsáveis da área de manutenção de transformadores é a geração de ruídos audíveis e vibrações mecânicas da estrutura do transformador.

Efeito em proteções do sistema: Equipamentos utilizados na proteção dos sistemas elétricos tais como: fusíveis, relés, chaves seccionadoras, religadores automáticos, entre outros, não respondem a parâmetros facilmente identificáveis na frequência fundamental, quando imersos em meio poluído por correntes harmônicas. Torna-se muito complexo, ou às vezes impossível, determinar as causas e a natureza das distorções devido à sua variedade, prejudicando a coordenação e seletividade da proteção.

Efeito em equipamentos eletrônicos: A maioria dos equipamentos eletrônicos tem seu funcionamento baseado na passagem por zero da tensão de entrada. Sendo assim, um sistema elétrico com conteúdo elevado de harmônicas provocará a má atuação de alguns componentes e operação irregular dos equipamentos eletrônicos conectados a este sistema. Além disso, a presença de correntes harmônicas nas trilhas de neutro pode provocar uma diferença de potencial em relação à referência, fazendo com que circuitos de comando operem de maneira indevida.

Efeitos em medidores: Os dispositivos eletromecânicos utilizados para medição do consumo e demanda de energia elétrica são influenciados por parte das harmônicas. Contudo, os erros podem ser tanto a maiores quanto menores, dependendo do tipo de medidor e das harmônicas presentes, acarretando prejuízos a consumidores e/ou à própria concessionária.

Efeitos na impedância do sistema: Além de todos os problemas indicados anteriormente, os efeitos das harmônicas sobre a impedância do sistema podem ser considerados como os principais e mais preocupantes entre todos os demais. Um fenômeno bastante conhecido e temido por partes de especialistas responsáveis pela segurança do sistema é a ressonância, podendo ser do tipo série ou paralela.

### 3.0 - ASPECTOS REGULATÓRIOS

Preocupado com os problemas na qualidade da energia, órgãos responsáveis pela regulação e fiscalização da geração, transmissão, distribuição e comercialização da energia elétrica, entre eles a ANEEL, estão em fase de desenvolvimento de uma legislação a respeito do tema abordado. O intuito é conferir uma melhoria nos padrões da qualidade do fornecimento, de forma a assegurar o bom funcionamento dos sistemas elétricos, a qual prevê sanções aos supridores que não adequarem seus serviços aos índices estabelecidos [5].

Já instituições conceituadas e respeitadas internacionalmente, tais como: IEC (International Electrotechnical Commission) e IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), buscando limitar os níveis de emissões de harmônicas e, além disso, garantir uma tensão de alimentação próxima ao sinusoidal, nos sistemas elétricos de corrente alternada, estabeleceram normas e práticas recomendadas que tratam e quantificam o presente problema.

O IEC e o IEEE, apesar de discutirem o mesmo assunto, deram enfoques diferentes aos elementos que compõem o sistema. Enquanto que o IEEE, em IEEE 519-1992 (Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems), apresenta suas atenções voltadas para a instalação elétrica, mais especificamente o PCC (Ponto de Conexão Comum), o IEC, em IEC 61000-3-2, tem o enfoque nos equipamentos poluidores, ou seja, nas cargas eletrônicas [6].

Como o objetivo desse trabalho refere-se ao estudo da tecnologia utilizada para a iluminação, a prática recomendada IEC 61000-3-2 é a mais indicada para o fim almejado.

A prática recomendada IEEE 519-1992 foi elaborada com intuito de estabelecer limites para as componentes harmônicas tanto para consumidores quanto para as concessionárias de energia elétrica. São limites baseados em grande parte na experiência de seus elaboradores e colaboradores.

Os conceitos mais importantes envolvem a avaliação das correntes harmônicas para consumidores individuais e limites de distorção harmônica de tensão para todo o sistema. Estes limites podem ser visualizados nas tabelas 1 e 2. Sendo que a tabela-1 define os limites de distorção harmônica de tensão para todo o sistema, enquanto que a tabela-2 define os limites de distorção harmônica de corrente para consumidores individuais.

Já a IEC 61000-3-2 estabelece a equipamentos com corrente menor que 16 A os limites para as componentes harmônicas de acordo com a tabela-3.

Tabela-1: Limites de Distorção Harmônica de tensão recomendados pela IEEE 519-1992.

<b>Distorção Harmônica Máxima de Tensão</b>		
<b>V<sub>b</sub>(kV)</b>	<b>DH<sub>v</sub>(%)</b>	<b>THD<sub>v</sub>(%)</b>
V <sub>b</sub> ≤ 69	3,0	5,0
69 < V <sub>b</sub> ≤ 161	1,5	2,5
V <sub>b</sub> > 161	1,0	1,5
V <sub>b</sub> : Tensão nominal, na frequência fundamental, no PCC (RMS Volts)		
DH <sub>v</sub> : Distorção Harmônica Individual de Tensão		
THD <sub>v</sub> : Distorção Harmônica Total de Tensão		

Tabela-2: Limites de Distorção Harmônica de corrente recomendados pela IEEE 519-1992.

<b>Distorção Harmônica Máxima de Corrente</b>						
<b>h: Ordem das Harmônicas Ímpares</b>						
$I_{sc}/I_L$	$h < 11$ (%)	$11 < h < 17$ (%)	$17 < h < 23$ (%)	$23 < h < 35$ (%)	$35 < h$ (%)	THD <sub>i</sub> (%)
<20*	4,0	2,0	1,5	0,6	0,3	5,0
20-50	7,0	3,5	2,5	1,0	0,5	8,0
50-100	10,0	4,5	4,0	1,5	0,7	12,0
100-1000	12,0	5,5	5,0	2,0	1,0	15,0
>1000	15,0	7,0	6,0	2,5	1,4	20,0
As harmônicas pares são limitadas a 25% do limite da harmônica ímpar imediatamente superior						
Não é permitido componente contínua						
*Todos os equipamentos de geração de energia elétrica são limitados pelos valores desta linha, independente de sua capacidade de curto circuito						
$I_{sc}$ : Corrente de curto circuito máxima no PCC						
$I_L$ : Corrente máxima solicitada pela carga, na frequência fundamental, no PCC						

Tabela-3: Limites para emissão de harmônicas de corrente para cargas com  $I < 16$  A de acordo com a IEC 61000-3-2.

<b>Ordem do Harmônico</b>	<b>Classe A</b>	<b>Classe B</b>	<b>Classe C</b>
<b>n</b>	<b>Máxima corrente [A]</b>	<b>Máxima corrente [A]</b>	<b>% da fundamental</b>
3	2,3	3,45	30
5	1,14	1,71	10
7	0,77	1,115	7
9	0,4	0,6	5
11	0,33	0,495	3
13	0,21	0,315	3
$15 \leq n \leq 39$	$0.15 = 15/n$	$0.225 = 15/n$	3

Onde a classe C contempla os dispositivos de iluminação.

#### 4.0 - CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

A proposta do trabalho de substituição das lâmpadas do estacionamento do prédio sede da Eletrosul partiu de reclamações dos empregados a respeito da iluminação no local. O setor de infra-estrutura da Eletrosul solicitou à equipe de eficiência energética a busca pela melhor opção para atender aos usuários do estacionamento.

A equipe de eficiência energética já tinha então um contato com uma empresa que estava desenvolvendo suas próprias luminárias de LED de alta potência para iluminação pública. A idéia inicial era de receber alguns equipamentos através de empréstimo, realizar a substituição para posterior comparação de economia e iluminação. A empresa aceitou o desafio com a benesse de ajudar no desenvolvimento de seu equipamento através dos relatos que seriam fornecidos pela equipe da Eletrosul.

O estacionamento da Eletrosul tem a característica de várias ferraduras e a proposta foi a troca das lâmpadas de apenas uma delas. O desafio para a mudança das luminárias foi de não poder utilizar uma altura adequada para o espalhamento do fecho de luz devido à grande quantidade de árvores no entorno do prédio Sede, conforme podemos observar na Figura 1.



Figura 1 – Visão noturna do estacionamento



Figura 2 – Modelo da luminária LED



Figura 3 – Modelo da luminária VSHP

#### 4.1 - Metodologia

A metodologia proposta foi a de realizar medições de iluminação, potência e energia (qualidade e consumo) antes da troca e compará-las com as novas medições.

O projeto aplicado no estacionamento do prédio da Eletrosul consistiu na troca das 16 luminárias existentes (Vapor de Sódio 70W) por luminárias de LED (aproximadamente 21W). O que foi planejado para o projeto foi a comparação direta entre as tecnologias com a verificação de valores como o fator de potência, a taxa de distorção harmônica, o consumo de energia, a potência instalada, e, como não poderia deixar de ser, a iluminância. Outros fatores como a aceitação do tipo de luz que o LED emite, a sensação das pessoas que transitam pelo local, foram também verificados.

Os níveis de iluminância foram tirados logo abaixo das lâmpadas e entre dois postes com dois tipos de amostragem, uma na altura de 1,20m (aproximadamente a altura da fechadura do carro) e outra no nível do solo. Cabe ressaltar que a altura das luminárias é de 3m.

A metodologia de comparação econômica financeira foi realizada através dos tradicionais *payback* simples, descontado e o RCB (Relação Custo Benefício), com formulário utilizado pelo manual de eficiência energética de 2008 da ANEEL[7].

##### 4.1.1 - Equipamentos

Os equipamentos utilizados para a medição foram um luxímetro digital da marca ICEL modelo LD-550 e analisadores de qualidade de energia da marca Fluke, modelo 434 e da marca AEMC Instruments, modelo 8335.

#### 4.2 - Resultados

As medições foram realizadas em laboratório, com luminárias individuais e no barramento do circuito de iluminação da Eletrosul, onde foi possível calcular o resultado da troca dos tipos de iluminação no universo de toda a instalação de iluminação.

A instalação do sistema de iluminação do pátio foi feita em função da potência instalada e não em função do trecho a ser iluminado, dificultando o isolamento do trecho específico para medições individuais.

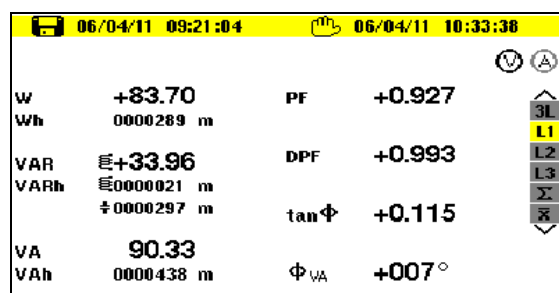


Figura 4 – Medição do circuito de iluminação - VSHP

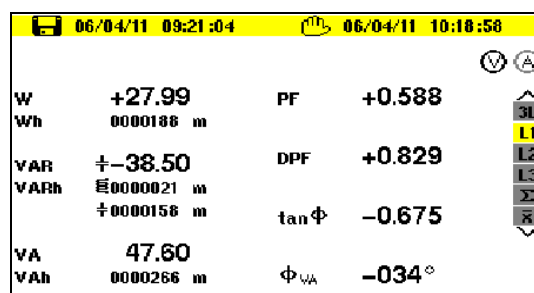


Figura 5 – Medição do circuito de iluminação - LED

Com a instalação das luminárias de LED foi possível projetar uma economia de energia de 6,64 MWh por ano apenas nesse trecho.

O RCB obtido foi de 0,46 e *payback* simples e descontado (juros= 12,0% a.a.), respectivamente de 4,39 e 6,59 anos. Para os cálculos foram utilizados o custo das luminárias R\$ 457,70, vida útil dada pelo fabricante de 50.000

horas e um custo de instalação de R\$ 10,00 o ponto. Por outro lado, chama-se a atenção para o valor dos reativos. Verificou-se que as luminárias a LED possuem Fator de Potência (FP) muito abaixo do FP das Luminárias a Vapor de Sódio. No caso das lâmpadas de vapor de sódio, o FP encontrado foi de 0,92, já para as lâmpadas a LED o FP foi reduzido para 0,58, muito abaixo do exigido por Norma que é 0,92. Pode-se perceber que o motivo principal desse reduzido FP da iluminação a LED deve-se ao baixo Fator de Distorção da corrente (FDISTi), bem como do Fator de Deslocamento (FD). A tabela-4 apresenta os valores dos FP, FD, Fdist, THDv e THDi encontrados durante as medições.

Tabela-4 – Fator de Potência

TIPO DE LÂMPADA	THDv (%)	THDi (%)	FDISTi	FD	FP
LED	1,33	98,42	0,71	0,82 cap.	<b>0,58</b>
Vapor de Sódio	1,51	37,20	0,94	0,99 ind.	<b>0,92</b>

Além disso, pode-se verificar nas figuras 4 e 5 que a potência reativa que circula pelo sistema provocada pela inserção das lâmpadas a vapor de sódio é indutiva, enquanto que a das lâmpadas a LED é capacitiva. Este último caso poderia ser interessante para períodos do dia, compreendidos entre 06:30h e 23:30h, por outro lado, para períodos entre 23:30h e 06:30h, sabe-se que a circulação de reativos capacitivos é prejudicial ao sistema.

Para as análises de qualidade de energia, foram realizadas medições com intuito de mensurar a quantidade de harmônicas inseridas no sistema por parte das cargas de iluminação. Os resultados dessas medições são apresentadas nas figuras 6 a 7 a seguir.

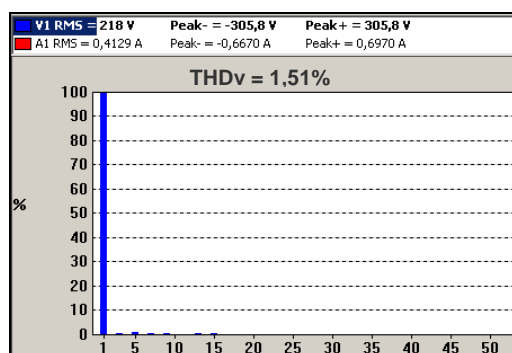


Fig. 6 - Amplitudes das harmônicas de corrente em porcentagem da fundamental para luminárias providas de lâmpadas do tipo Vapor de Sódio.

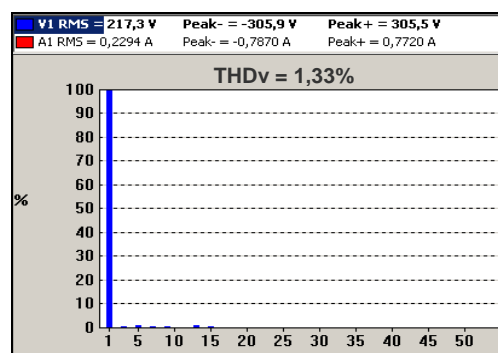


Fig. 7 - Amplitudes das harmônicas de corrente em porcentagem da fundamental para luminárias providas de lâmpadas do tipo LED.

Pode-se perceber que o conteúdo harmônico de tensão para as luminárias antigas (VSHP) é levemente maior que o das luminárias a LED. Todavia as harmônicas de tensão são de amplitudes bem reduzidas, o que resultou em uma Distorção Harmônica Total na ordem de 1,51 % para as luminárias que possuem lâmpadas de vapor de sódio e de 1,33% para as luminárias que possuem LED.

Dessa forma, pode se afirmar que a substituição das lâmpadas de vapor de sódio por LEDs não acarretam prejuízos na qualidade da tensão.

Já para as harmônicas de corrente, a situação é bem diferente e até preocupante. As figuras 8 e 9 apresentam as medições realizadas.

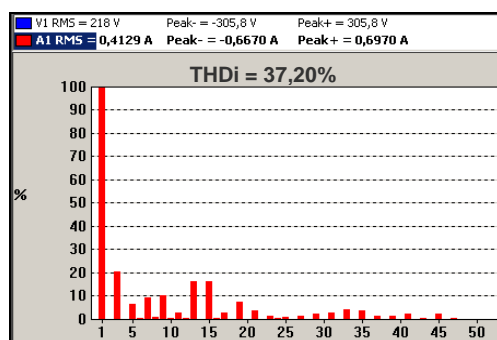


Fig. 8 - Amplitudes das harmônicas de tensão em porcentagem da fundamental para luminárias providas de lâmpadas do tipo Vapor de Sódio.

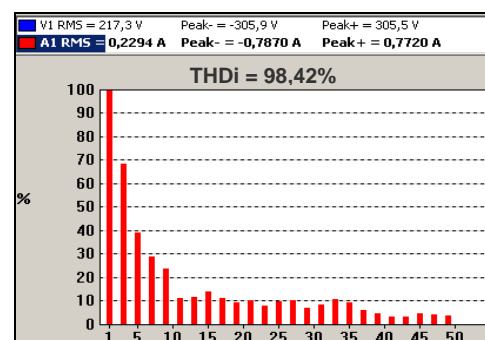


Fig. 9 - Amplitudes das harmônicas de tensão em porcentagem da fundamental para luminárias providas de lâmpadas do tipo LED.

Verifica-se que, para as harmônicas de corrente, as luminárias providas de LEDs inserem uma quantidade significativa de harmônicas no sistema. A THDi para a primeira situação (somente lâmpadas de vapor de sódio) é da ordem de 37,20%, sendo que após a substituição das mesmas por lâmpadas LEDs, a THDi passou a ser 98,42%, um aumento da ordem de 61 p.p. Esta situação chama a atenção, pois como é de conhecimento, THDi acima de 10% em sistemas como do caso em estudo pode provocar inúmeros prejuízos como os já citados anteriormente.

Além disso, para a luminária contendo LEDs verifica-se que os valores encontrados para as harmônicas individuais estão bem acima dos valores permitidos pela IEC 61000-3-2. Como exemplo, pode-se verificar que as harmônicas de 3ª ordem apresentam amplitude maior que 60% da fundamental, enquanto que a IEC 61000-3-2 estabelece no máximo 30%.

Os resultados obtidos foram satisfatórios, no sentido de que houve uma real economia de energia, apesar de os níveis de iluminação da luminária testada não serem tão bons quanto os da luminária de Vapor de Sódio. No que diz respeito à qualidade de energia, o LED não apresentou desempenho satisfatório devido ao fator de potência ser capacitivo, o que no período noturno não é desejável, e também por inserir na rede uma distorção harmônica bem maior que a da luminária tradicional.

A luminária de LED apresentou piores resultados em locais imediatamente abaixo dela, mas devido ao formato da luminária, melhorou a iluminação no entorno por ter um cone mais aberto. Como podemos perceber através das figuras 10, 11 e 12, apesar de as luminárias testadas apresentarem uma iluminação um pouco mais uniforme com relação às de vapor de sódio utilizadas anteriormente, houve um decréscimo de potência de iluminação no período monitorado (prazo de 6 meses). As figuras abaixo apresentam em lúmens, legenda em azul indica medições na altura de 1,20 m e legendas em verde no nível do solo, os níveis de iluminância do trecho em estudo.

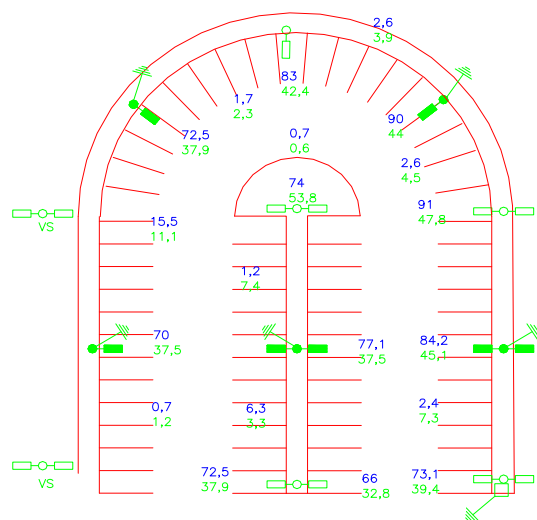


Figura 10 – Primeira medição LED

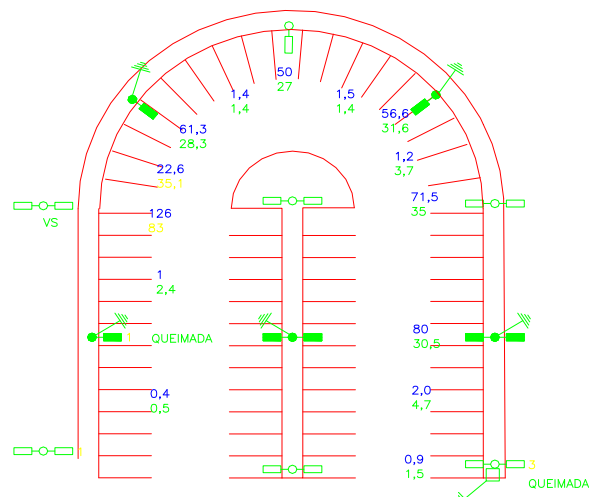


Figura 11 – Segunda medição LED

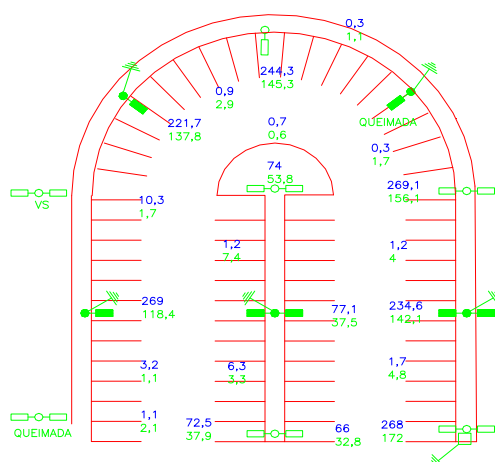




Figura 12 – Sistema iluminado por Lâmpada à Vapor de Sódio

#### 4.3 - Problemas encontrados

As dificuldades encontradas no processo começaram na tentativa de prever o resultado, visto que, assim como os materiais que tem à disposição no mercado, quando se tratando de LED, não existe a curva fotométrica da luminária e, portanto foi impossível definir a iluminação esperada através de uma simples simulação luminotécnica.

Dados como fator de potência, taxa de distorção harmônica, e até mesmo a potência real do equipamento não foram apresentadas no produto e tiveram que ser medidas. As luminárias de LED não apresentaram também um sistema de fixação adequado, fazendo com que as luminárias girassem com a incidência de ventos e, assim, focalizassem seu fecho de luz para outra direção que não a proposta. Além disso, a potência declarada pelo fabricante, de 21W, não representa a realidade demonstrada nas medições, que foi de aproximadamente 28W.

#### 5.0 - CONCLUSÃO

A partir das medições realizadas em um estacionamento, verificou-se que pode-se conseguir com a Iluminação a LED níveis aceitáveis de iluminância de ambientes externos. Além disso, é possível reduzir o consumo e promover economia de energia, utilizando luminárias a LED em substituição as tradicionais lâmpadas de vapor de sódio. Foi constatado que é possível economizar mais de 70% de energia, com praticamente o mesmo nível de iluminação, fazendo a simples troca de uma luminária a vapor de sódio por uma equivalente a LED.

Com isso, considerando os elevados custos da troca deste tipo de iluminação, foi encontrado que os benefícios gerados na redução do consumo permitem reverter os investimentos, após 4,39 anos, caso a iluminação seja utilizada somente em períodos noturnos. Assim como recomendação a profissionais da área, aconselha-se a busca de equipamentos com garantia assegurada pelo fabricante maior que cinco anos, para que os projetos tornem-se vantajosos.

Porém, verificou-se que a lâmpadas a LED favorecem a circulação de reativos capacitivos, que para períodos do dia compreendido entre 23:30h e 06:30h (períodos de carga leve) é prejudicial ao sistema. Com isso, a utilização da iluminação a LED para iluminação pública pode ficar comprometida, caso os fabricantes não se preocupem com o FP, haja vista que a norma estabelece FP superior a 0,92.

Outro fator relevante encontrado durante as medições trata-se dos níveis de poluição harmônica. Pois é fato constatado que a tecnologia a LED utilizada apresenta níveis de distorção harmônica de corrente bastante preocupante, sendo para algumas harmônicas, emissões superiores ao dobro do tolerado por normas internacionais. Dessa forma, chama-se a atenção aos profissionais da área de qualidade de energia, para exigir dos fabricantes tecnologias que reduzam os atuais índices encontrados, pois caso isso permaneça, atingiremos os ganhos de eficiência energética, em detrimento dos índices de qualidade.

#### 6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] KASSICK VALMOR, Enio. Harmônicas em Sistemas Industriais de Baixa Tensão. Florianópolis, 2005. Publicação Interna do INEP.
- [2] KASSICK VALMOR, Enio; OLIVEIRA HENRIQUE, Roniere; EICHELBERGER, Rafael. Cargas Lineares e Não-Lineares e Fator de Potência. Olinda, XVIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica - SENDI, 2008.
- [3] OLIVEIRA HENRIQUE, Roniere; KASSICK VALMOR, Enio; EICHELBERGER, Rafael. Chuveiros Elétricos com Controle Eletrônico de Temperatura: Impactos no Sistema. VIII Conferência Brasileira Sobre Qualidade de Energia Elétrica - CBQEE. Blumenau, 2009.
- [4] SCHWARZ, J. Estudo de Proposta pra Redução de Conteúdo Harmônico em Uma Planta Industrial. Florianópolis, 2006. Trabalho de Especialização, Universidade Federal de Santa Catarina.
- [5] NUNES BELCHIOR, Fernando. "Uma nova abordagem à filtragem de harmônicos através de dispositivos eletromagnéticos". Uberlândia, 2006. Tese de doutorado, Universidade Federal de Uberlândia.
- [6] HENRIQUE DE OLIVEIRA, Roniere. "Estudo da viabilidade da utilização de filtros passivos na filtragem de 3ª harmônica de corrente em transformadores de distribuição". Florianópolis, 2010. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina.
- [7] Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, Manual do Programa de Eficiência Energética 2008



## 7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Rafael Rabassa Morales – Técnico em eletrotécnica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Pelotas (CEFET-RS), engenheiro eletrícista pela Eletrosul, formado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e especialista em Uso Racional da Energia pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI).



Roniere Henrique de Oliveira – Engenheiro eletrícista da Eletrosul formado pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e Mestre em Engenharia pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC),



Clóvis Nicoleit Carvalho – Técnico em Eletrotécnica pela Escola Técnica Federal de Santa Catarina (ETFSC), Engenheiro Eletrícista pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e mestrando da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).