

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: Melhores Práticas em economia de energia em um setor industrial

Júnio Célio Pereira Acoroni¹

Arlete Viera da Silva²

Euzébio D. de Souza³

RESUMO:

A preocupação ambiental está presente nos dias atuais, já que os recursos naturais são limitados e as necessidades humanas tendendo a ser ilimitadas, sejam pelo aumento de população ou pela busca de melhores padrões de conforto, logo pode-se chegar num ponto crítico em breve, pois os ecossistemas estão sendo degradados em busca de novas fontes de energia para suprir necessidades da sociedade. Para que isso não ocorra busca-se diminuir o uso de recursos naturais minimizando o desperdício e aumentando a eficiência dos processos energéticos, um exemplo é caso da eficiência energética em eletricidade. Esta eficiência pode ser aplicada em vários segmentos e de varias formas, desde a geração de energia até a fonte consumidora. Este trabalho aborda o tema Eficiência Energética: Melhores práticas em economia de energia em um setor industrial. O objetivo proposto compreende na elaboração de um estudo de eficiência energética no galpão através da substituição de todo o sistema de iluminação que hoje é composto de lâmpadas de vapor de sódio por lâmpadas LEDs, de forma a se conseguir um uso seguro e sustentável da energia elétrica usada para iluminar os ambientes de trabalho e para produção de tubos sem costura.

¹ Graduando em Engenharia Elétrica. UNIBH, 2013, MG. Email: junio.cellio@yahoo.com.br

² Mestre em Geografia e Análise Ambiental. UFMG, 2002. Professora e coordenadora de Curso de tecnologia em manutenção do Centro Universitário de Belo Horizonte UNIBH. Belo Horizonte MG. Email: arlete.silva@prof.unibh.br

³ Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho.FEAMIG,1996. Professor e Coordenador do Curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário de Belo Horizonte UNIBH. Belo Horizonte, MG. Email: euzebio.souza@prof.unibh.br

Para isso será realizado um levantamento do consumo de energia elétrica com o atual sistema de iluminação de todo o galpão de uma empresa do setor siderúrgico produtora de tubos de aço sem costura.

Palavras-chave: Eficiência Energética, LED⁴, Economia.

ABSTRACT:

Environmental concern is present nowadays , since natural resources are limited and human needs tend to be limitless , whether by population increase or the quest for better standards of comfort , so you can reach a critical point soon because ecosystems are being degraded in search of new sources of energy to meet the needs of society. To avoid this we seek to reduce the use of natural resources by minimizing waste and increasing the efficiency of energy processes , one example is the case of energy efficiency in electricity. This efficiency can be applied in various segments and various forms, from power generation to the power consumer . This work addresses the topic Energy Efficiency : Best practices in energy savings in an industrial sector . The proposed objective consists in preparing a study of energy efficiency in the shed by replacing the entire lighting system which today consists of sodium vapor lamps bulbs with LEDs in order to achieve a safe and sustainable use of energy used to illuminate the work environments and production of seamless tubes. To this will be a survey of the electricity consumption with the current lighting system throughout the house from a company in the steel industry producing seamless steel tubes .

Keywords : Energy Efficiency , LED , Economics .

⁴ Light Emitting Diode.

1. INTRODUÇÃO

No decorrer das décadas pode-se perceber que o uso da energia elétrica foi primordial para o crescimento de diversos setores. Esse período foi marcado por uma grande demanda energética provocada pelo surto de desenvolvimento que se deu juntamente com uma falta de recursos para investimentos estruturais, o que colaborou para inúmeras alterações climáticas. A questão é que o modelo tradicional de desenvolvimento focava no aumento de oferta de energia para sustentar o crescimento da economia, fator que elevava os custos de produção, além de provocar um aproveitamento inadequado dos equipamentos, bem como, uma diminuição da vida útil dos mesmos.

Equipamentos e hábitos de consumo passaram a ser analisados em termos da conservação da energia tendo sido demonstrado que, de fato, muitas iniciativas que resultam em maior eficiência energética são economicamente viáveis, ou seja, o custo de sua implantação é menor do que o custo de produzir ou adquirir a energia cujo consumo é evitado. Mais recentemente, a busca pela eficiência energética ganhou nova motivação. Em adição à perspectiva de custos mais elevados da energia de origem fóssil, a preocupação com a questão das mudanças climáticas decorrentes do aquecimento global do planeta, aquecimento este atribuído, em grande medida, à produção e ao consumo de energia, trouxe argumentos novos e definitivos que justificam destacar a eficiência energética quando se analisa em perspectiva a oferta e o consumo de energia.

Este trabalho teve por intuito de descrever os parâmetros e dispositivos utilizados para realizar melhorias em relação à redução de consumo de energia no setor de rosqueamento de tubos petrolíferos, da empresa Vallourec do Brasil.

1.3. JUSTIFICATIVA

A conscientização de economia de energia pode ser analisada e implementada, visando ganhos e à transformação da energia em riqueza, através de aperfeiçoamento de equipamentos e processos. Utilizar racionalmente a energia pode se tornar um diferencial competitivo, onde as empresas estarão aplicando novas formas de economizar energia e assim aplicar em novos produtos e processos, ou seja, ações proativas no sentido de eficiência e capacitação de projetos para aumentar a competitividade dos produtos da empresa e assim contribuir para o desenvolvimento sustentável do país, permitindo um futuro melhor para todos. Esta consciência pela eficiência energética interessa também as concessionárias fornecedoras, pois a eficiência aumenta a competitividade e a permanência no mercado, garantindo recursos para melhorar seus serviços e atender toda a população, além de evitar em comprometer o meio ambiente reduzindo a degradação pela inundação de grandes áreas das barragens, para implementação de projetos de novas usinas geradoras. Sendo assim, este trabalho apontará mecanismos que possibilitem a economia de energia no setor industrial.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A Empresa de Pesquisa Energética. (EPE, 2007) identifica que a eficiência no uso de energia foi fundamental nessa conjuntura, principalmente a partir da crise do petróleo dos anos 70, época em que entrou na agenda mundial os paradigmas voltados a ações que viabilizassem o desenvolvimento do país diante da crescente demanda energética. Foi quando se verificou que o mesmo serviço poderia ser obtido com menor custo de energia e conseqüentemente com menores impactos ambientais, econômicos, sociais e culturais.

Nesse momento foi primordial agir no sentido de conscientizar os gestores a adquirirem projetos em que a eficiência energética fosse priorizada, almejando-se a construção de edificações eficientes no tocante à redução do consumo de energia elétrica e conseqüentemente ter um maior controle das alterações climáticas. EPE (2007).

De acordo com a EPE (2010), o termo eficiência energética é a relação entre a quantidade de energia final utilizada e de um bem produzido ou serviço realizado, em que a eficiência está associada à quantidade efetiva de energia utilizada e não à quantidade necessária para realizar um serviço. Para Hordeski (2005) o termo eficiência é a capacidade de equipamentos que operam em ciclos ou processos produzirem os resultados esperados.

Para a International Energy Agency (IEA, 2007), o conceito de eficiência energética está voltado à obtenção de serviços energéticos como produção, transporte e calor, por unidade de energia utilizada, como gás natural, carvão ou eletricidade.

Com o objetivo de promover o uso consciente de racionamento de energia foi criado o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, o PROCEL, por meio da Eletrobrás, visando combater o desperdício e tendo como principal símbolo o Selo PROCEL. De acordo com o PROCEL (2013), no Brasil, a energia elétrica é gerada em sua maior parte por meio de água de rios, portanto para que preservemos nossos recursos naturais e economizemos a conta de energia, é preciso utilizar conscientemente a energia elétrica.

Tendo em vista que, a otimização no uso da energia em determinada atividade contribui para a redução dos gastos com a obtenção desse recurso e minimiza os riscos de um futuro racionamento de energia, o termo eficiência energética passou então a ser abordado por diversos autores, na busca de se encontrar ações que minimizem os desperdícios e os custos de energia e seus impactos

ambientais. Portanto, este trabalho partirá do pressuposto de que a eficiência energética, por meio da utilização racional de energia deve ser usada no intuito de promover benefícios através da implantação de políticas de utilização racional de energia, o que proporcionará melhorias na forma como a energia é usada na sociedade, mais precisamente no caso deste trabalho, no setor industrial.

Observa-se que o desenvolvimento econômico tem grande influência sobre o aumento de consumo de energia na atual conjuntura, visto que, o mesmo é resultado de setores em ascensão, que buscam maximizar lucros, tais como o industrial, o comercial, residencial e outros. Dentre esses, vale destacar que o industrial é o maior consumidor de energia, sendo o que mais usou a eletricidade como fonte energética, é o que mostra a figura 1.

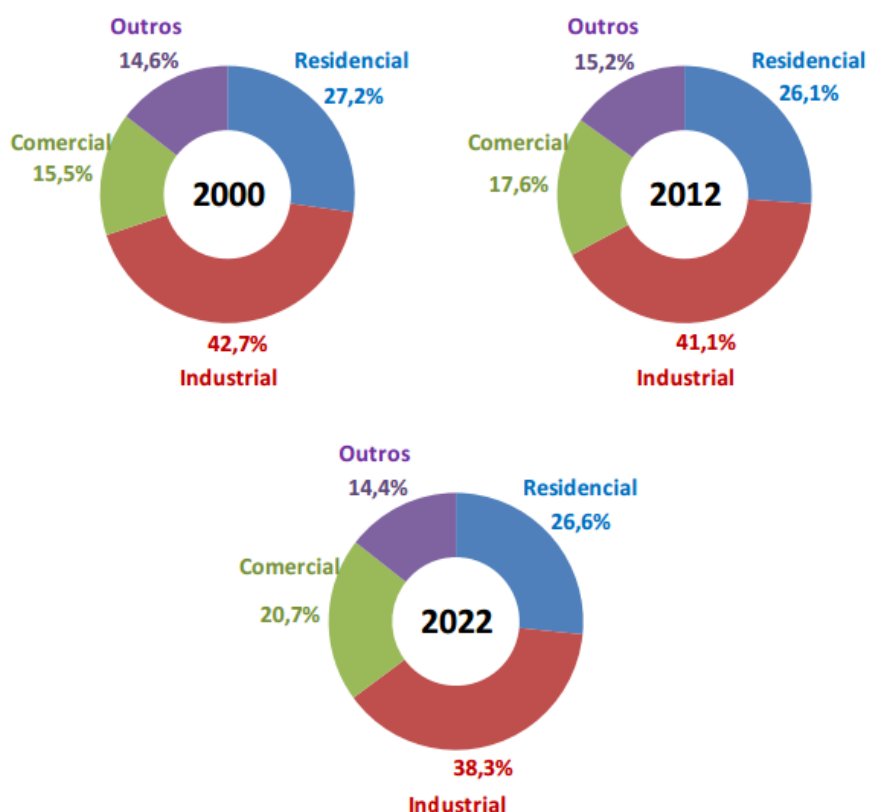


Figura 1 – Consumo de energia elétrica por setor

Fonte: EPE, 2012.

Apesar do alto custo da energia elétrica, nota-se que os diversos setores têm uma grande demanda por essa energia e que a sociedade brasileira está se tornando ainda mais dependente desse recurso, uma vez que a qualidade de vida das pessoas e o desenvolvimento das diversas áreas de produção e serviços estão proporcionalmente relacionados ao aumento do consumo energético, tendo como base a energia elétrica.

A ELETROBRÁS/PROCEL (2013) confirma a posição da INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), ao identificar que o setor industrial brasileiro consome cerca de 40% da energia elétrica do país em detrimento aos demais segmentos, tais como residencial e comercial e que 2/3 da energia utilizada pelas indústrias são empregadas em sistemas motrizes. Por esse motivo a força motriz tornou-se o principal foco de atuação dos programas de eficiência energética.

2.2 CONCEITOS DE ILUMINAÇÃO

Ao abordar o conceito de iluminação, é imprescindível tratarmos inicialmente o conceito de luz. Para Mamede Filho (2007), a luz: “[...] é uma fonte de radiação que emite ondas eletromagnéticas em diferentes comprimentos, sendo que apenas algumas ondas de comprimento de onda definido são visíveis ao olho humano.” (MAMEDE FILHO, 2007, p.40).

Entretanto, de acordo com o OSRAM (2008), a quantidade de luz não é o único requisito necessário, também é preciso ter uma boa distribuição de luz no ambiente e a ausência de contrastes excessivos, tais como, a incidência direta do sol no plano de trabalho e reflexos indesejáveis. Assim percebemos que esse fator é de extrema importância, pois, quanto melhores forem as condições oferecidas pelo ambiente, menor será o esforço físico que o olho terá de fazer para se adaptar às condições ambientais e desenvolver bem as atividades.

O projeto luminotécnico deve observar dois objetivos da iluminação propostos por OSRAM (2008) sendo:

- A obtenção de boas condições de visão associadas à visibilidade, segurança e orientação dentro de um determinado ambiente. Este objetivo está associado às atividades laborativas e produtivas;
- A utilização de luz como principal instrumento de ambientação do espaço na criação de efeitos especiais com a própria luz ou no destaque de objetos e superfícies ou do próprio espaço. Este objetivo está associado às atividades não laborativas, de lazer.

Mamede Filho (2007) também identifica a intensidade luminosa como sendo: “[...] a potência de radiação visível que uma determinada fonte de luz emite numa direção específica.” (MAMEDE FILHO, 2007, p.43).

Conforme Mamede Filho (2007) a luminância é entendida como: “[...] a medida da sensação de claridade provocada por uma fonte de luz ou superfície iluminada e avaliada pelo cérebro.” (MAMEDE FILHO, 2007, p.43). Pode ser determinada pela equação:

$$L = \frac{I}{S \times \cos\alpha}$$

S – superfície iluminada;

α – ângulo entre a superfície iluminada e a vertical, que é ortogonal à direção do fluxo luminoso;

I – intensidade luminosa.

Na verdade é a luminância que produz nos olhos a sensação de claridade, a percepção da luz é, portanto, a percepção de diferenças de luminância.

Vale ressaltar que o fluxo luminoso, a intensidade luminosa e a iluminância somente são visíveis se forem refletidos numa superfície, transmitindo a sensação de luz aos olhos, cujo fenômeno é determinado iluminância. Ou seja, os olhos percebem diferenças de luminâncias e não de iluminação.

2.2.3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA ILUMINAÇÃO

A eficiência energética pode ser aplicada em vários segmentos do setor industrial, de várias formas, desde a geração de energia até a fonte

consumidora. Uma indústria que tem como pilar a eficiência energética deve investir na sua manutenção, por meio de tecnologia moderna e adequada à estrutura, visto que, uma grande parte das perdas e dos desperdícios de energia pode ser diminuída por meio de ações adequadas em manutenção, não somente a corretiva, mas, sobretudo, a preventiva, evitando assim, o alto desperdício de energia elétrica na iluminação.

O uso adequado da iluminação natural é de fundamental importância, tendo em vista os custos com iluminação artificial de uma indústria. Conforme a EPE (2007) em seu Plano Nacional de Energia 2030, a iluminação artificial é responsável por 17% do consumo final de energia elétrica no Brasil. É o que ilustra a tabela 1 a seguir, que combina dados do BEN (Balanço Energético Nacional). (EPE,2005) e com os dados do BEU (Balanço de Energia Útil) (Ministério de Minas e Energia,2005):

Tabela 1 – Uso de iluminação no Brasil

Setores	En. total	Destinação	En. Final	Coef. EE	Coef. Ref.	En. útil	Potencial
	GWh/a	[1]	GWh/a	[1]	[1]	GWh/a	GWh/a
Setor Energético	12.818,0	0,068	871,6	0,245	0,290	213,5	135,3
Setor Residencial	78.577,0	0,240	18.858,5	0,090	0,172	1.697,3	8.990,7
Setor Comercial	50.082,0	0,418	20.949,8	0,240	0,280	5.028,0	2.992,8
Setor Público	30.092,0	0,497	14.961,7	0,250	0,300	3.740,4	2.493,6
Setor Agropecuário	14.895,0	0,037	551,1	0,090	0,172	49,6	262,7
Setor de Transportes	1.039,0	0,000	0,0	-	-	0,0	0,0
Setor Industrial	172.061,0	0,021	3.594,4	0,243	0,286	873,6	540,6
Total	359.564,0	0,166	59.787,2	0,194	0,261	11.602,4	15.415,7

Fonte: EPE 2007, a partir dos dados do BEN 2005 e BEU 2005, Ministério de Minas e Energia,2005

De acordo com a EPE (2007) pode-se observar o potencial de conservação é grande, embora uma pequena parte esteja na indústria, onde o uso tem uma importância relativa reduzida. A partir desse contexto percebe-se a importância de se implementar um sistema de iluminação energeticamente eficiente no setor industrial, tendo como princípio maior o potencial de conservação da energia elétrica existente, a partir do aprimoramento da viabilidade técnica e econômica.

2.3. EQUIPAMENTOS DE ILUMINAÇÃO

No setor industrial, parte do consumo final de eletricidade é para o sistema de iluminação, pois, os postos de trabalho devem ser iluminados o suficiente para garantir que se tenha o melhor rendimento possível na atividade executada, uma vez que o processo produtivo exige um iluminamento adequado para se obter uma percepção visual mais apurada. Assim sendo, é interessante o investimento em ações de eficiência energética nesse campo, no intuito de se reduzir a capacidade instalada de sistemas de iluminação utilizando-se outras tecnologias, tais como luminárias e lâmpada eficientes.

Galani e Cavalcanti (2012) explicitam que os reatores devem ser escolhidos pelo seu rendimento, fator de fluxo luminoso e serem preferencialmente de alto fator de potência de forma a contribuírem para a elevação do fator de potência geral do sistema elétrico. O uso de reatores com melhores rendimentos energéticos, como os do tipo eletrônico, é outro fator preponderante na minimização da densidade de potência instalada, pois de acordo com Mesquita e Franco (2007) esse equipamento limita a corrente elétrica que circula pela lâmpada e eleva, quando necessário à tensão de alimentação para níveis adequados à operação do conjunto.

Segundo Goeking (2009) as lâmpadas à vapor de sódio foram desenvolvidas em 1930, no intuito de superar o rendimento das lâmpadas até então utilizadas e para melhorar a iluminação. E é nessa conjuntura que a EPE (2007) esclarece que a busca por equipamentos que proporcionassem o mesmo ou maior índice luminotécnico, com menor gasto de energia elétrica, acelerou nas últimas décadas, o desenvolvimento de técnicas de iluminação voltadas à eficiência energética, principalmente no quesito: lâmpadas mais eficientes. Apresentadas na figura 2.

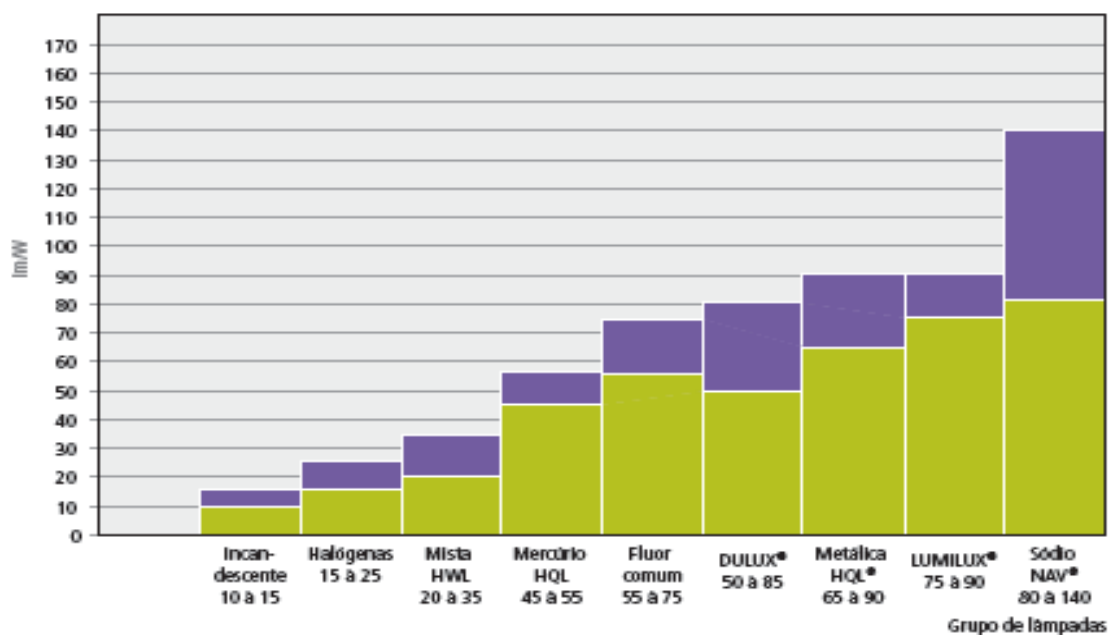


Figura 2 – Eficiência de lâmpadas
 Fonte: Baseado no OSRAM 2005, EPE 2007

Observa-se que a eficiência luminosa das fontes de radiação pode ser um fator preponderante na elaboração de projetos de mais eficientes. A figura 3 a seguir ilustra as lâmpadas e suas respectivas eficiências luminosas:

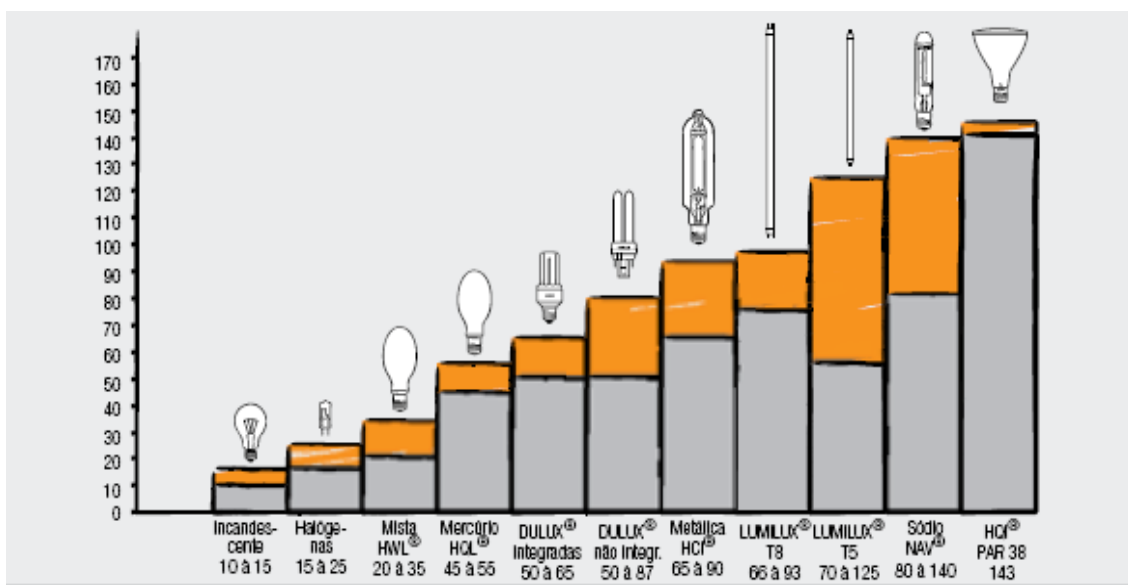


Figura 3 – Eficiência luminosa das lâmpadas (lm/W)
 Fonte: Manual luminotécnico – OSRAM, 2008, p. 20.

Nas instalações industriais, é mais frequente o uso de luminárias de fecho de abertura média para lâmpadas de descarga, preferentemente lâmpadas a

vapor de mercúrio ou lâmpadas a vapor de sódio. Este tipo de luminária é aplicável em galpões industriais com pé direito superior a 6 metros. A figura 4 mostra um modelo de projetor industrial muito utilizado em instalações industriais:



Figura 4 – Modelo de um projetor industrial
Fonte: Mamede Filho, 2007

A figura 5 abaixo mostra o reator e a luminária utilizados que são do modelo HDK472(PHILIPS):

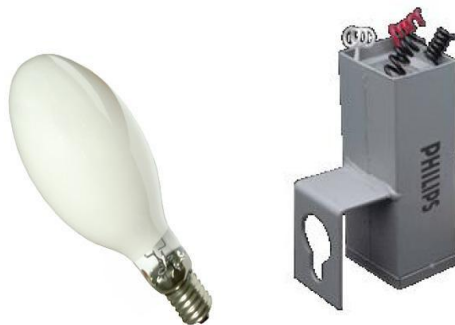


Figura 5- Modelo de lâmpada e reator utilizados atualmente
Fonte: Philips, 2013.

O conceito de Mamede Filho (2007) aponta a classificação das luminárias de acordo com as suas propriedades em modificar o fluxo luminoso:

- Absorção: característica da luminária de absorver parte do fluxo luminoso incidente na sua superfície. Quanto mais escura for a superfície interna da luminária, maior será o índice de absorção;
- Refração: característica das luminárias de direcionar o fluxo luminoso da fonte, que é composta pela lâmpada e refletor, através de um vidro

transparente de construção específica, podendo ser plano (não há modificação da direção do fluxo) ou prismático;

- Reflexão: característica das luminárias de modificar a distribuição do fluxo luminoso através de sua superfície interna e segundo a sua forma geométrica de construção;
- Difusão: característica das luminárias de reduzir a sua luminância, diminuindo, conseqüentemente, os efeitos inconvenientes do ofuscamento através de uma placa de acrílico ou de vidro;

A figura 6 ilustra o percentual de direcionamento do fluxo luminoso para cada classificação das luminárias:

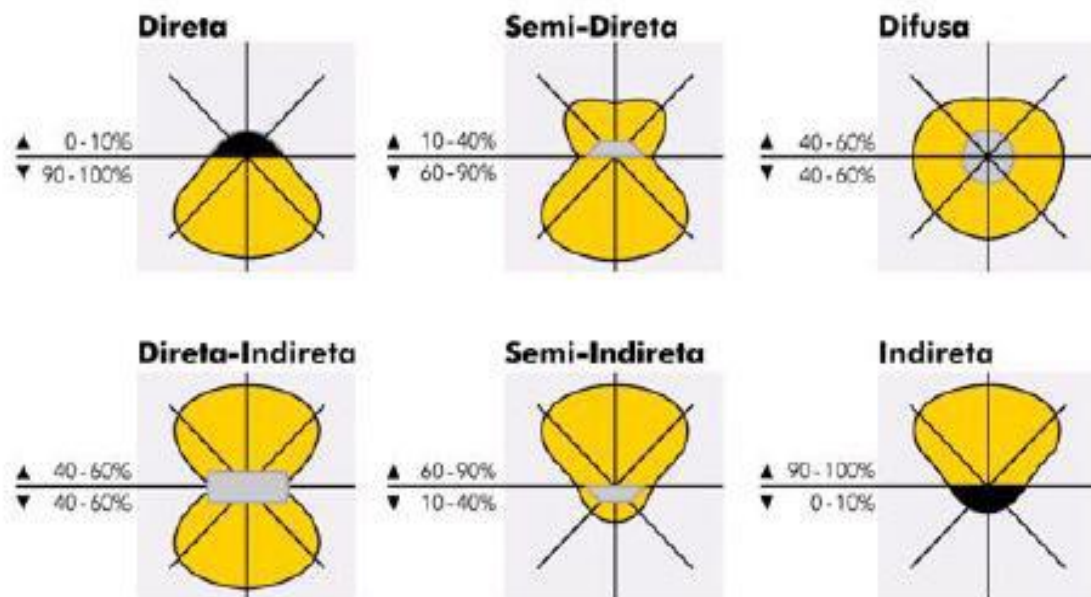


Figura 6 – Esboço dos tipos de luminárias
Fonte: ITAIM, 2008

Ainda segundo o Mamede Filho (2007), um projeto de iluminação industrial requer um estudo apurado para indicar a solução mais conveniente em função das atividades desenvolvidas, da arquitetura do prédio, dos riscos de explosão, ou de outros detalhes peculiares a cada ambiente. Ainda segundo Mamede Filho (2007) alguns pontos são relevantes na orientação do profissional em um projeto luminotécnico industrial, sendo eles:

- Não utilizar lâmpadas incandescentes na iluminação principal;
- Tornar a iluminação o mais uniforme possível;

- A relação entre iluminâncias de pontos de menor e maior iluminamento, não deve ser menor que 0,70;
- Em prédios com pé-direito igual ou inferior a 6 m é conveniente utilizar lâmpadas fluorescentes em linhas contínuas ou não;
- Ao utilizar projetores, utilizar lâmpadas a vapor de mercúrio ou vapor de sódio;
- Em ambientes onde operam ponte-rolantes, atentar-se com o posicionamento das luminárias.

2.4 LÂMPADAS LED

O significativo papel da luz na vida e no desenvolvimento do ser humano é inquestionável, por esse motivo há uma grande importância de se desenvolver mecanismos que busquem a minimização de perdas de energia. Ressaltamos essa questão, pois ainda encontramos no Brasil um sistema de iluminação ineficiente, para tanto, faz-se necessário investir na implantação de projetos que visem a troca de lâmpadas tais como a incandescente, fluorescente, dentre outras mais, por lâmpadas de LED, no intuito de otimizar o uso da energia. Essa substituição pode maximizar a eficiência energética, tendo como principal resultado uma redução da potência instalada e conseqüentemente do consumo de energia.

Os projetos luminotécnicos com lâmpadas de LED tiveram início nos anos 60 e vêm crescendo cada dia mais o seu uso, por se tratar de uma tecnologia bastante eficiente no que diz respeito à iluminação, uma vez que tem a capacidade de emitir quase todos os espectros de luz. Segundo Galani e Cavalcanti (2012) o LED é uma fonte de luz ecologicamente correta, por ser 100% reciclável, portanto, é um meio de solução para a crise energética atual, pois não são utilizados dentro dele substâncias perigosas e nocivas ao meio ambiente.

Para se entender o funcionamento de um LED, primeiramente é necessário compreender o conceito de diodo. Segundo Harris (2013), o diodo é composto por uma seção de material tipo-N ligado a uma seção de material tipo-P, com eletrodos em cada extremidade. Essa combinação conduz eletricidade apenas em um sentido.

Ainda de acordo com Harris (2013), quando os terminais do diodo não estão energizados, os elétrons do material tipo-N preenchem os buracos do material tipo-P ao longo da junção entre camadas, formando uma zona vazia, que volta ao seu estado isolante original, como representado na figura 7.

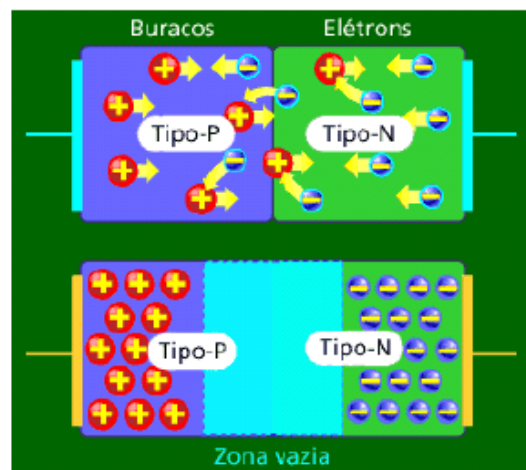


Figura 7 – Funcionamento do Diodo
Fonte: HARRIS, 2013

Segundo Harris (2013), quando o lado tipo-N do diodo é conectado ao terminal negativo do circuito e o lado tipo-P ao terminal positivo, polarização direta, os elétrons livres no material tipo-N são repelidos pelo eletrodo negativo e atraídos para o eletrodo positivo. Os buracos no material tipo-P se movem no sentido contrário. Quando a diferença de potencial entre os eletrodos é alta o suficiente, os elétrons na zona vazia são retirados de seus buracos e começam a se mover livremente novamente. A zona vazia desaparece e a carga se move através do diodo e tem-se a circulação de corrente elétrica no diodo. (Harris, 2013, p.2). Percebe-se o que foi afirmado por Harris (2013) na figura 8:

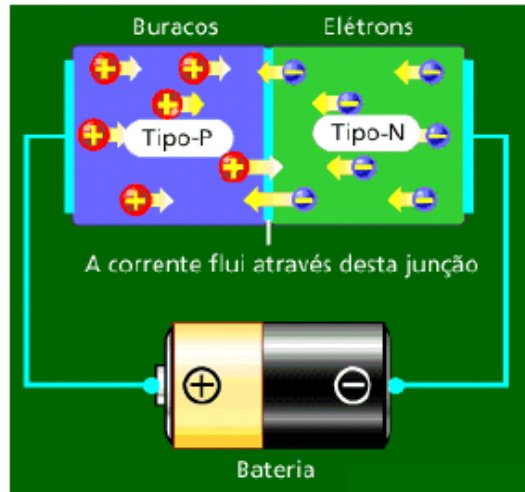


Figura 8 – Polarização Direta do Diodo

Fonte: HARRIS, 2013

Boylestad e Nashelsky (1998), ainda expõe que idealmente, um diodo irá conduzir corrente no sentido definido pela seta no símbolo e age como um circuito aberto para qualquer tentativa de estabelecer corrente no sentido contrário.

De acordo com Pinto (2008) assim como os diodos tradicionais o LED representa um tipo de semicondutor que emite luz quando conduz corrente, permitindo a passagem de corrente elétrica em apenas um sentido. Essa polarização direta resulta na emissão de luz. Na figura 9 pode-se ver a curva característica do diodo.

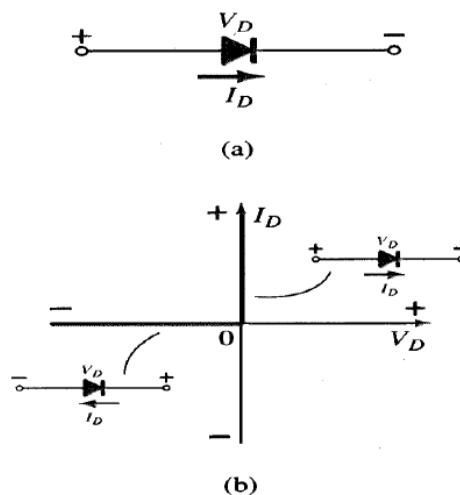


Figura 9 – Diodo ideal: (a) símbolo; (b) curva característica

Boylestad e Nashelsky, 1998

Conforme diz Harris (2013), os LED's são fabricados especialmente para liberar um grande número de fótons para fora. Além disso, eles são montados em bulbos de plásticos que concentram a luz em uma direção específica, conforme a necessidade, dispensando o uso de luminárias e evitando as perdas que esta representaria, conforme figura 10:

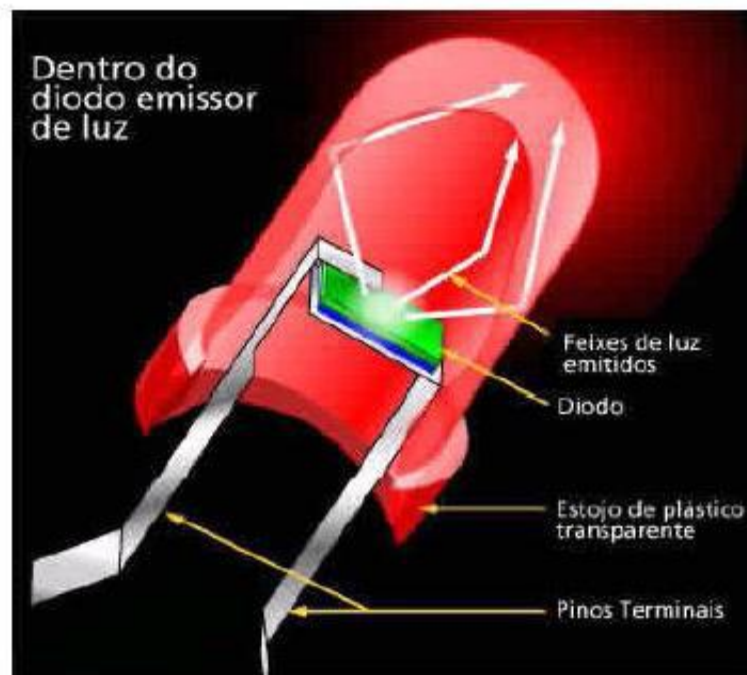


Figura 10 – Estrutura do LED
Fonte: Harris, 2013

O uso das lâmpadas de LED possui uma série de vantagens sobre as lâmpadas tradicionais. Alper (2012) pontua as características do LED através de algumas de suas vantagens:

- Maior tempo de vida útil;
- Baixo consumo de energia;
- Não emite UV (Radiação Ultravioleta);
- Baixo custo de manutenção;
- Maior eficiência do que as fontes de luz tradicionais;
- Alta resistência mecânica;
- Menor geração de calor;

Além destas vantagens, Alper (2012) também cita algumas vantagens ambientais das lâmpadas de LED, são elas:

- Ausência de mercúrio;
- Ausência de radiação IV (Radiação Infravermelha) ou UV(Radiação Ultravioleta) na luz visível.
- Baixo consumo de energia;
- Menor emissão de carbono;
- Uso de reciclados e materiais recicláveis resistentes à corrosão.

Vale ressaltar que há uma crescente expansão dos LED's no mercado de iluminação, apesar dos preços ainda continuarem elevados se comparados às demais tecnologias, tais como a lâmpada de vapor de sódio, o que dificulta o acesso dos consumidores a esse produto. Entretanto, essa dificuldade está sendo superada devido ao grande desenvolvimento tecnológico nessa área. Goeking (2009) confirma essa teoria ao expor que atualmente os LED's podem

ser aplicados em qualquer tipo de ambiente, sendo difundidos inclusive testes em iluminação pública, com resultados satisfatórios, apesar do custo elevado comparado com outras tecnologias.

Devido a sua longa durabilidade, percebemos que o LED é uma ótima alternativa para locais onde a manutenção da instalação se torna onerosa devido ao difícil acesso do mantenedor ao conjunto de luminárias, como iluminação de ruas e avenidas, galpões de grande porte e postes de considerável altura demandando plataformas, andaimes, carros apropriados. Desta forma com a economia gerada pela mão de obra para manutenção e baixo consumo, o LED se torna uma excelente opção de iluminação a ser utilizado.

Para exemplificar, enquanto uma luminária LED com uma vida média de 60.000 horas se mantém acesa, uma similar de vapor de sódio terá que ser trocada no mínimo três vezes, gerando custos adicionais com reposição de materiais e mão de obra sendo este último o mais oneroso.

3. METODOLOGIA

Neste capítulo será desenvolvido um estudo de caso sobre a eficiência energética em um galpão industrial, através da reforma do sistema de iluminação, para isso será colhido todas as informações cabíveis, tais como as dimensões do galpão, dados da atual instalação, consumo atual de energia, dentre outros.

Em seguida, baseado nas informações adquiridas, iniciará ao estudo proposto, redimensionando o mesmo, com a substituição do atual sistema de iluminação, até então composto por lâmpadas à vapor de sódio de 400Watts, por lâmpadas de LED. E finalmente, será mostrado um comparativo entre os dois sistemas estudados e verificar a viabilidade da troca das lâmpadas.

- Avaliação dos atuais índices de iluminamento das instalações;
- Levantamento do atual sistema de Iluminação (nível de adequação e custos de manutenção);
 - Medição dos espaços de todos dos ambientes e suas características físicas;
 - Levantamento da atual instalação de condutores para aproveitamento dos pontos existentes de conexão.
- Classificação dos ambientes – Necessidade de iluminação;
- Identificação dos pontos de medição;
- Identificação objeto iluminado - Altura da iluminação, distância do objeto iluminado do solo, outros;
- Elaboração de projeto de iluminação;
- Identificação e especificação de novo sistema de iluminação a LED;
- Especificação dos modelos de placas a serem adotados;
- Emissão de estudo de viabilidade econômica financeira de cada ambiente e também global;
- Emissão de projeto final de iluminação contemplando o uso das tecnologias eleitas para cada ambiente.

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área a ser estudada corresponde a um galpão industrial de uma empresa do setor siderúrgico, onde o seu principal foco é a produção de tubos petrolíferos, no galpão há várias rosqueadeiras, tornos CNC's (Controle Numérico Computadorizado), ou seja, a principal atividade é a usinagem, por isso a atividade no galpão exige um alto nível de luminosidade. Segundo dados fornecidos pela empresa onde é localizado o galpão em estudo, o mesmo possui 240 metros x 28 metros de dimensão, sendo que o atual sistema de iluminação possui 72 lâmpadas do tipo vapor de sódio de 400 Watts de potência distribuídas ao longo do galpão como mostrado na figura 11 abaixo:

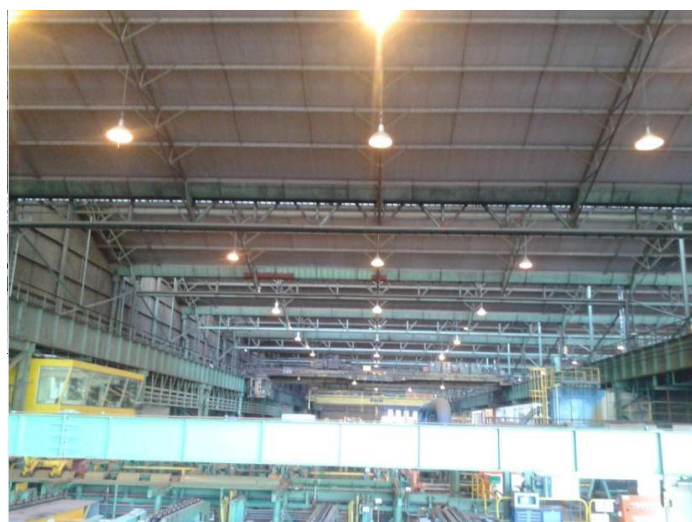


Figura 11 - Foto do galpão estudado

A potência instalada nestas condições é de 32,00 kW, já que temos 72 lâmpadas de 400 Watts cada, resultando em uma Potência total de 28,8 kW mais as perdas nos reatores que foram consideradas 44,5 Watts em cada, de acordo com o catálogo do fabricante, totalizando um total de 3,2 kW de perdas. Para melhor visualização, segue o layout na figura 12.

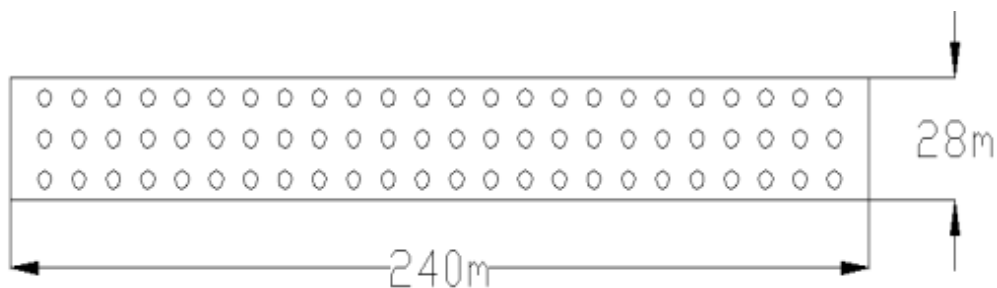


Figura 12 – Lay out de distribuição de lâmpadas do atual sistema no galpão

Com base nas informações colhidas e na fundamentação teórica, será feita uma análise geral do projeto atual, levantando dados como: consumo, valor a ser pago, eficiência, dentre outros.

Para calcular a eficiência luminosa no sistema atual, divide o fluxo luminoso emitido em lumens (lm), pela potência consumida em watts (W), ou seja:

$$E = \frac{\text{Fluxo Luminoso}(lm)}{\text{Potência}(W)} = \frac{21500lm}{444W} = 48,42 \text{ lm/W}$$

Para um consumo diário de 24 horas por dia, sendo que destas 24 horas deve-se considerar 3 horas devido ao horário de pico. Foi utilizado este horário, pois de acordo com ANEEL (2013), o horário de ponta ou de pico corresponde a 3 horas do dia no intervalo entre 17:00 horas e 22:00 horas, com exceção de sábados, domingos e feriados.

Considerando que 3 horas de ponta por dia em cinco dias da semana ou 22 dias no mês aproximadamente, obtém o total em horas que as lâmpadas funcionam no horário de ponta no ano:

- Total em horas= 3 horas X 22 dias X 12 meses = 72 horas.

Fora do horário de ponta temos:

- Total em horas= 21 horas X 365 dias = 7665 horas.

O consumo total da potência do atual sistema é a somatória das potências individuais de cada lâmpada juntamente com as perdas dos reatores, dando um total de 32 kW.

Sabendo-se a potência total instalada e a quantidade total de horas por ano, poderemos assim calcular o consumo total de quilowatts por ano conforme a equação abaixo:

- Consumo total = Potência total X tempo (horas/ ano).

Substituindo dados na equação temos:

- Consumo horário de ponta= 32 kW X 792/ ano = 25,35MWh/ ano.
- Consumo fora ponta = 32 kW X 7665 horas/ ano = 245,28MW h/ano.

Sabendo-se do consumo anual de energia elétrica do galpão, será calculado o valor a ser pago por ano em reais pelo atual sistema de iluminação. De acordo com dados levantados, a concessionária local fornece uma tensão de entrada à indústria estudada de 138kV, portanto a presente indústria enquadra-se no grupo A2, conforme tabela 2 em destaque:

Tabela 2: Tarifa atual de kWh pago pela empresa

Tarifa	ENERGIA (R\$/kWh)			
	PONTA		F. PONTA	
	SECA	UMIDA	SECA	UMIDA
A1 (230 kV ou mais)	R\$ 0,00000	R\$ 0,00000	R\$ 0,00000	R\$ 0,00000
A2 (88 a 138 kV)	R\$ 0,26914	R\$ 0,26914	R\$ 0,17093	R\$ 0,17093
A3 (69 kV)	R\$ 0,027851	R\$ 0,27851	R\$ 0,18030	R\$ 0,18030
A3a (30 a 44 kV)	R\$ 0,27873	R\$ 0,27873	R\$ 0,18052	R\$ 0,18052
A4 (2, 3 a 25 kV)	R\$ 0,27873	R\$ 0,27873	R\$ 0,18052	R\$ 0,18052
AS (Subterrâneo)	R\$ 0,29446	R\$ 0,29446	R\$ 0,19625	R\$ 0,19625

Fonte: Resolução Homologatória Aneel 1.507 de 05/04/2013

Para calcular o valor pago, dividem-se os cálculos em duas partes, uma parte se trata do consumo no horário de ponta, a segunda parte no consumo fora do horário de ponta ou pico.

De acordo com a tabela 2 a taxa da concessionária local é de R\$ 0,17093 por kW fora do horário de ponta e R\$ 0,26914 no horário de ponta. Podemos então encontrar o valor a ser pago por ano em reais para o atual sistema de iluminação da seguinte maneira:

- Valor a ser pago horário de ponta = 25,35 MW X R\$ 0,268142 = R\$ 6.823,00;
- Valor a ser pago fora de ponta = 245,28 MW X R\$ 0,17093 = R\$ 41.925,00
- Valor total a ser pago anualmente = R\$ 48.748,00.

Outro fator importante a ser mencionado é o tempo de vida útil da lâmpada, de acordo com a Philips (2013), a vida útil da lâmpada de vapor de sódio está em torno de 24000 horas. Diante disto, somente para efeito comparativo foi

calculado o quantitativo de meses de utilização para o conjunto luminoso em questão, conforme equação:

- Iluminação atual= $24000\text{horas}/720(\text{horas/mês}) = 33,3$ meses.

Isso significa que o atual sistema garante uma vida útil da sua instalação de aproximadamente dois anos e nove meses. Total de 8640 hora/ano em um período de cinco anos, um total de 43200 horas, portanto em cinco anos a projeção de trocas de cada lâmpada é de aproximadamente duas trocas.

3.2. Metodologia proposta

A princípio será mostrado numericamente, a viabilidade da substituição do atual sistema de iluminação do galpão em estudo que é composto por lâmpadas à vapor de sódio de 400 Watts, por um novo sistema de iluminação composto por lâmpadas de LED e mais adiante faremos o comparativo de ambos, a fim de comprovar a eficácia da metodologia proposta.

Primeiramente, para a substituição das luminárias das lâmpadas a vapor de sódio, foi proposto um conjunto de luminária e lâmpada do modelo High bay LED SMD, cujo sua potência é de 120 W e seu fluxo luminoso é de 12000 lm, apresentado na tabela 3 de dados técnicos a seguir.

Tabela 3: Dados Técnicos do modelo proposto

Nome:	120W High Bay LED SMD
Modelo:	UPS-HBL-120W-SMD
Lumens	7822-8000 LM
Equivalente	400W
Tensão Alimentação	AC 85- 265W
Ângulo	120°
Cor (Temperatura)	2700K- 7000K
Dimensão	Diâmetro 475 X A 590mm
Proteção	IP65 (Índex of Protection)
Peso	7Kg
Vida Útil	+50 0000 horas
Garantia	3 anos

Fonte: Mundosol, 2013

A figura 13 apresenta o modelo da luminária a ser instalada:



Figura 13: Modelo de luminária LED proposto
Fonte: Mundosol, 2013

3.3 Projeto Luminotécnico

Baseado nestas informações, a eficiência luminosa do sistema proposto é de:

$$E = \frac{12000 \text{ lm}}{120 \text{ W}} = 100 \text{ lm/W}$$

Levando em consideração o mesmo consumo diário do atual sistema, temos um consumo de 8.640 horas por ano. O novo consumo total da potência do sistema é a somatória das potências individuais de cada lâmpada, ou seja:

Potência Total = 120W X 72 lâmpadas= 8,64kW.

Sabendo-se a potência total instalada e a quantidade total de horas por ano, podemos assim calcular o novo consumo total de quilowatts por ano, separando-o em consumo no horário de ponta e fora do horário de ponta:

- Consumo horário ponta = 8,64kW X 792 horas/ anos= 6,84 MWh/ ano.
- Consumo horário ponta= 8,64 kW X 792 horas/ ano = 6,84 MWh/ ano.
- Consumo horário ponta= 8,64 kW X 7665 horas/ ano= 66,23 MWh/ ano.

Da mesma forma calculada, pode-se encontrar o valor a ser pago por ano em reais para o atual sistema de iluminação:

- Valor a ser pago horário de ponta= 6,84 MW X R\$ 0,269141= R\$1.841,00;
- Valor a ser pago fora horário de ponta= 6,84 MW X R\$ 0,269141= R\$ 11.320,00
- Valor total a ser pago anualmente= R\$ 13.161,00.

Vale ressaltar que o tempo de vida útil da nova lâmpada, de acordo com Mundosol (2013) é de 50.000 horas. Nessa nova proposta também foi calculado o quantitativo de meses de utilização para o conjunto luminoso referido, conforme equação:

$$\text{Iluminação proposta} = 50.000\text{horas}/720\text{horas/mês} = 69 \text{ meses}$$

Considerando a utilização de 8640 horas por ano em um período de cinco anos, tem-se um total de 43.200 horas, como a vida útil da lâmpada é de 50.000 horas, neste período provavelmente não haverá troca de lâmpadas. A tabela 4 demonstra os dados acima mencionados:

Tabela 4: Dados obtidos no sistema de iluminação LED

Dados Obtidos do sistema proposto	
Eficiência	100 lm/W
Potência total	8,64 kW
Consumo horário de ponta	8,84 MWh/ ano
Consumo fora de ponta	66,23 MWh/ ano
Consumo total no ano	73,07 MWh/ ano
Valor pago horário de ponta	R\$ 1.841,00
Valor pago fora de ponta	R\$ 11.320,00
Valor pago no ano	R\$ 13.161,00/ ano
Vida útil	50.000 horas
Tempo de utilização em meses	69 meses
Quantidade de troca de lâmpadas em 5 anos	0

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Cálculos

As lâmpadas utilizadas em todas as luminárias são da Philips, lâmpadas de vapor de sódio de 400 W de potência e fluxo luminoso de 48000 lumens aproximadamente. De acordo com LED Depot (2011), outro ponto negativo das lâmpadas de vapor de sódio é o fato de que nas luminárias usadas ocorre de saída o efeito conhecido como “perda de reflexão”, na ordem de 30 a 50%, além das perdas nos reatores que também influenciam no fluxo luminoso final.

Com base na eficiência da luminária, o conjunto possui fluxo luminoso próximo de 24000 lm, considerando ainda as perdas no reator este fluxo luminoso pode ser estimado em 21500 lm.

Tabela 5: Dados obtidos para o atual sistema de iluminação.

Dados do sistema atual	
Eficiência	120 lm/ W
Potência total	32 kW
Consumo horário de ponta	25,35 MWh/ ano
Consumo fora de ponta	245,28 MWh/ ano
Consumo total no ano	270,63 MW h/ ano
Valor pago horário de ponta	R\$ 6.823,00
Valor pago fora de ponta	R\$ 41.925, 00
Valor pago no ano	R\$ 48.748,00
Vida útil	24.000 horas
Tempo de utilização em meses	33 meses
Quantidade de troca de lâmpadas em 5 anos	2

A princípio, a escolha desta lâmpada se torna uma excelente opção devido à sua eficiência e por não demonstrar nenhuma restrição ao tipo de atividade realizada, porém não é recomendável a exposição prolongada a este tipo de tonalidade, pois causa um grande desconforto visual.

4.2. Resultados

Pela própria característica das luminárias, segundo LED Depot (2013) uma luminária em LED é projetada para dispersar a luz de forma dirigida diretamente para onde se quer iluminar. Já em uma luminária padrão para lâmpadas de vapor de sódio, ocorre de saída o efeito conhecido como “perda de reflexão”, na ordem de 30 a 50%. Este é um ponto, mas não o suficiente ainda para explicar o porquê de uma luminária em LED com quatro a cinco vezes menos entrega de lumens seja mais efetiva que o vapor de sódio.

Analisando a questão energética, a instalação atual com iluminação a vapor de sódio possui 32 kW de carga instalada, enquanto que na proposta de iluminação a LED teremos um total de 8,64 kW, gerando uma economia de

73% no consumo de energia elétrica. Em termos de consumo anual de energia, no atual sistema tem um consumo de 270,63 MWh, enquanto que no sistema proposto teríamos um consumo de 73,07 MWh, o que proporcionaria uma redução de 197,56 MWh no consumo de energia anual, é o que mostra a tabela 6:

Tabela 6 - Gráfico comparativo de Potência e Consumo de energia

	Iluminação Atual	Iluminação LED	Economia
Potência Instalada	32 kW	8,64 kW	73 %
Consumo de Energia	270,63 MWh	73,07 MWh	197,56 MWh

Analisando financeiramente, em um primeiro momento tem-se a impressão de que os custos com a requisição das lâmpadas a LED, não valeria a pena devido o seu custo elevado, porém este custo elevado é compensado pela redução considerável com o valor a ser pago com o consumo de energia, como mostra a tabela 7:

Tabela 7 - Comparativo de valores pagos: LED X Sódio

	Iluminação Atual	Iluminação LED	Economia
Valor a ser pago com consumo de energia no ano	R\$ 48.748,00/ ano	R\$13.161,00/ ano	R\$35.587,00/ ano

5. CONCLUSÃO

Diante das informações adquiridas neste estudo percebemos que o mercado para a tecnologia LED é muito promissor para os próximos anos, visto que as lâmpadas LED estão em uma fase ascendente de crescimento, pois atualmente são poucas as tecnologias que são capazes de proporcionar uma economia com retorno do investimento em menos de cinco anos. Pode-se considerar que em matéria de retorno do investimento, essa tecnologia tem retorno em curto prazo.

Atualmente o desperdício de energia devido à iluminação ineficiente é muito grande. Uma boa iluminação ainda é fator primordial para o bem estar do homem, podendo esta ser proporcionada com a conscientização de todos sobre o custo de energia, além disso, com o uso da tecnologia LED contribui-se diretamente para a preservação do meio ambiente.

A adoção de lâmpadas LED na iluminação irá estabelecer um novo patamar no que se refere à qualidade e eficiência energética nesse setor, pois uma lâmpada LED possui uma maior eficiência energética se comparadas às tecnologias atuais, como comprovado em neste estudo.

Os resultados obtidos demonstram que a substituição de lâmpadas de vapor de sódio por lâmpadas de LED no sistema de iluminação, não geram impactos negativos no modo de vida da população consumidora, no quesito financeiro. Já para as indústrias há uma redução do desperdício e conseqüentemente, uma diminuição com gastos devido a um custo benefício promissor. Além de ser mais viável, é muito vantajoso para os consumidores de modo geral, implementar a tecnologia LED em seu sistema de iluminação. Diante disso, pode-se verificar que o aumento da demanda de tal tecnologia, torna o mercado mais competitivo no campo da iluminação, contribuindo para o aperfeiçoamento da tecnologia LED e reduzindo custos com a produção dos mesmos, tornado assim as lâmpadas LED cada vez mais acessíveis aos consumidores de modo geral.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALPER. **Iluminação Industrial**- Iluminação a LED para áreas industriais e comerciais. 2012.

ALVES, S.S. **Tipificação dos instrumentos de políticas de apoio à eficiência energética**: a experiência mundial e o cenário nacional. 2007, 187 p. Dissertação (Mestrado) Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

ALVES, D. C. **Economia de Energia em reformas no sistema de iluminação** Trabalho Conclusão de Curso (Graduação) Pontifca Univeridade Católica de Minas Grerais PUC, Belo Horizonte, 2013.

ANEEL - **Resolução Homologatória** Nº 1.507, DE 5 DE ABRIL DE 2013. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/cedoc/reh20131507.pdf>. Acesso em: 02 de setembro de 2013.

BOYLESTAD,Robert; NASHELSKY,Louis. **Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos**. Tradução de Alberto Gaspar Guimarães; Luiz Alves de Oliveira. Rio de Janeiro: LTC, 1998.
: de 5 de outubro de 1988. 20.ed. São Paulo: Editora NDJ, 2003.

COSTA, G.J.C. **Iluminação econômica: cálculo e avaliação**. 4. Ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2006, 576 p.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE – **Balanco Energético Nacional 2012** – Eficiência Energética. Disponível em: https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2012.pdf . 2012. Acesso em: 17 de setembro de 2013.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE – **Plano Nacional de Energia 2030** – Eficiência Energética. Disponível em: http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/SerieEstudosdeEnergia/2010_0809_4.pdf.2010 . Acesso em: 10 de julho de 2013.

FERREIRA, João de Jesus. **Economia e Gestão da Energia**. Disponível em: http://www.jesusferreirapt.giganet1.yespt.com/ficheiros_artigos/economia_egest%C3%A3odaenergia.pdf . Acesso em: 10 de julho de 2013.

GALINA, Rodrigo; CAVALCANTI, Tiago Mansur. **Análise de Eficiência Energética em Hospitais Públicos**. 2012, 89, p. Monografia (Conclusão

do curso) Universidade Federal do Paraná, Escola de Engenharia Elétrica, Paraná.

GOEKING, Weruska. **Lâmpadas e Leds**. Disponível em: <http://www.osestoreletrico.com.br/web/component/content/article/58-artigos-e-materias-relacionadas/176-lampadas-e-leds.html>. Acesso em: 05 de maio de 2013.

HARRIS, Tom, **Como Funcionam os LED's**. Traduzido por HowStuffWorksBrasil. Disponível em <http://eletronicos.hsw.uol.com.br/led.htm> Acesso em 16 de julho de 2013

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Key world energy statistics 2010**. Disponível em: <http://www.iea.org> Acesso em 17/03/2013

LED DEPOT – **Led ou Vapor de Sódio?** Disponível em: <http://leddepot.com.br/duvidas/led-ou-vapor-de-sodio.html> Acesso em: 06 de agosto de 2013.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações Elétricas Industriais**. Rio de Janeiro: LTC, 2007. 914p.

MARTINS, Maria Paula de Souza. **Inovação Tecnológica e Eficiência Energética**. 1999, 43 p. Monografia (Pós-Graduação). Instituto de Economia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999.

MESQUITA, André Luiz Martins; FRANCO, Fernando Melo. **Eficiência Energética e uso Racional de Energia** – Estudo de Caso. 2004, 84 p. Monografia (Conclusão do curso) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Elétrica, Goiânia.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Plano Nacional de Eficiência Energética: Premissas e Diretrizes Básicas**, Brasília, 2011.

MUNDOSOL - **Linha UPS – Innovation**. Disponível em: http://www.mundosol.com.br/refletores_industriais_smd.html. Acesso em: 01 de agosto de 2013.

OSRAM – **Manual Luminotécnico** – Iluminação: Conceitos e Projetos. Disponível em: http://www.osram.com.br/osram_br/Ferramentas_&_Catlogos/Downloads/Iluminacao_Geral/Manual_do_Curso_Iluminacao_Conceitos_e_Projetos_796562/index.html . Acesso em: 27 de março de 2013.