

EVOLUÇÃO DA APLICAÇÃO DA ILUMINAÇÃO LED*

Sergio Faco¹

Marcelo de Oliveira Lima²

Gustavo Queiroz de Souza³

Resumo

O cenário energético brasileiro nas últimas décadas apresenta períodos de escassez na oferta de energia elétrica. Essa realidade impacta o setor industrial por representar um risco operacional e fortalece a necessidade de aumentar a eficiência energética dos processos. Adicionalmente, a eficiência contribui para a melhoria nos resultados financeiros e minimiza impactos ambientais. Nesse contexto, o uso de iluminação LED se destacou nos últimos anos como alternativa às tecnologias tradicionais. No entanto, inicialmente os preços das lâmpadas e luminárias LED eram proibitivos. Esse trabalho apresenta um histórico do custo dessas lâmpadas em diferentes aplicações típicas à uma empresa siderúrgica e demonstra que atualmente o LED pode ser considerado atrativo em algumas delas. São apresentados também casos de sucesso implantados na AcelorMittal Tubarão, garantindo inclusive melhoria nos índices de iluminação. Por fim, é apresentado de forma sintetizada o Programa de Eficiência Energética da ANELL que disponibiliza recursos das concessionárias de energia para implantação de projetos, sendo ilustrados exemplos de projetos reais e suas economias de energia utilizando iluminação à LED.

Palavras-chave: Eficiência Energética; Iluminação LED;

EVOLUTION OF THE APPLICATION OF LED LIGHTING

Abstract

The Brazilian energy scenario in the last decades presents periods of scarcity in the supply of electric energy. This reality impacts the industrial sector as it represents an operational risk and strengthens the need to increase the energy efficiency of the processes. In addition, efficiency contributes to improving financial results and minimizes environmental impacts. In this context, the use of LED lighting has stood out in recent years as an alternative to traditional technologies. However, initially the prices of LED lamps and light fixtures were prohibitive. This paper presents a history of the cost of these lamps in different typical applications of a steel company and demonstrates that the LED can be considered attractive in some of them. Also presents success cases implanted in AcelorMittal Tubarão, guaranteeing also improvement in the illumination indexes. Finally, ANELL's Energy Efficiency Program is presented in a summarized form, which provides resources from energy concessionaires for the implementation of projects, showing examples of real projects and their energy savings using LED lighting..

Keywords: Energy efficiency; LED lightning;

¹ Engenheiro Eletricista, Especialista, Especialista de Engenharia Elétrica, Departamento de Projetos e Engenharia, ArcelorMittal Tubarão, Serra-ES.

² Engenheiro Eletricista, Mestre, Especialista de Engenharia Elétrica, Departamento de Projetos e Engenharia, ArcelorMittal Tubarão, Serra-ES.

³ Engenheiro Eletricista, Especialista, Especialista em Energia e Utilidades, Departamento de Produção de Gusa e Energia, ArcelorMittal Tubarão, Serra-ES..

1 INTRODUÇÃO

Reduzir o consumo de energia elétrica de maneira eficiente é um objetivo almejado tanto para consumidores quanto para o sistema nacional de produção. Para os consumidores, reduz-se o custo pago pelo consumo e, com a redução ou equilíbrio da demanda exigida, reduz-se a necessidade de novos investimentos para o sistema de produção. Assim sendo, o setor industrial, responsável por 32,9 % de toda a energia consumida no Brasil (MME, 2015), torna-se foco para aplicações de Ações de Eficiência Energética (EE).

As principais ações de EE que permitem a melhoria das instalações possuem foco nos seguintes setores: Iluminação, Sistemas Térmicos, Motores Elétricos, Aquecimento Solar de Água e Geração de Energia (PINTO; SOBRINHO, 2015). Na indústria, podem ser citadas as seguintes aplicações: Sistemas de Bombeamento, Sistemas de Ventilação/Exaustão, Sistemas de Ar Comprimido e Cogeração (MME, 2010).

Em termos de viabilidade para implantação de projetos de EE, independente da origem dos recursos, existe uma relação custo-benefício que necessita ser avaliada com critério. Os mecanismos de incentivo disponíveis até o momento viabilizam somente o desenvolvimento dos bons projetos de EE. Neste contexto, um bom projeto seria aquele que possui relação custo-benefício atrativo. Dessa forma, não existe uma política ou mecanismo de incentivo que abone substancialmente os custos praticados no mercado para fornecimento de equipamentos e serviços. Cabe ressaltar que o custo inicial de sistemas e soluções eficientes, é normalmente superior ao de sistemas tradicionais (ELETROBRAS; UNIFEI, 2007).

Na ArcelorMittal Tubarão (AMT) nos últimos anos foram desenvolvidas várias análises técnico-econômicas para verificação da viabilidade para utilização da tecnologia LED em variadas aplicações. Ao longo do tempo, os custos dos materiais apresentam redução, de forma que a maioria das aplicações atualmente são atrativas.

A partir de 2015 a AMT iniciou a implantação da tecnologia LED em projetos pilotos que serão apresentados com enfoque técnico e econômico.

Existe uma variedade de fontes financeiras de incentivo ao estudo e pesquisa voltados para EE, no entanto, o efetivo incentivo à implantação de projetos, especialmente na indústria, ainda é modesto no Brasil. No presente trabalho, será dado destaque ao Programa de Eficiência Energética (PEE) das concessionárias nacionais. “O PEE recebe recursos pela destinação de 0,5% da Receita Operacional Líquida - ROL das concessionárias de eletricidade e devem ser aplicados em projetos aprovados pela ANEEL” (MME, 2010).

Desde 2016 a AMT alcançou essa modalidade de recursos financeiros para a implantação de projetos de EE, sobretudo projetos de iluminação. A empresa foi contemplada em dois editais do PEE para aplicação de luminárias/lâmpadas LED.

As seções seguintes demonstrarão o estudo realizado da seguinte maneira: a seção 2 apresenta a tecnologia de iluminação LED e uma metodologia macro para

implementação desse tipo de projeto, a seção 3 irá apresentar os dados obtidos pelos levantamentos históricos e vai detalhar os projetos implementados na AMT com recursos próprios e também através do PEE.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O LED (Diodo Emissor de Luz) configura-se uma fonte de luz extremamente eficiente do ponto de vista energético. Em comparação com outras tecnologias, ele possui vida extremamente longa, normalmente os fabricantes oferecem garantia total de 5 anos. Possuem fluxo luminoso estável ao longo da vida útil. Possui alta Qualidade de Reprodução de Cor - IRC > 70. É extremamente resistente à choque e vibração, além de não ser afetado pelo número de reacendimentos. Seu religamento é instantâneo, não contém mercúrio ou outros elementos agressores ao meio ambiente e pode ser dimerizado.

A figura 1 compara a eficiência luminosa de diferentes tipos de tecnologia. Pode-se verificar o ótimo posicionamento da tecnologia LED e sua recente evolução.

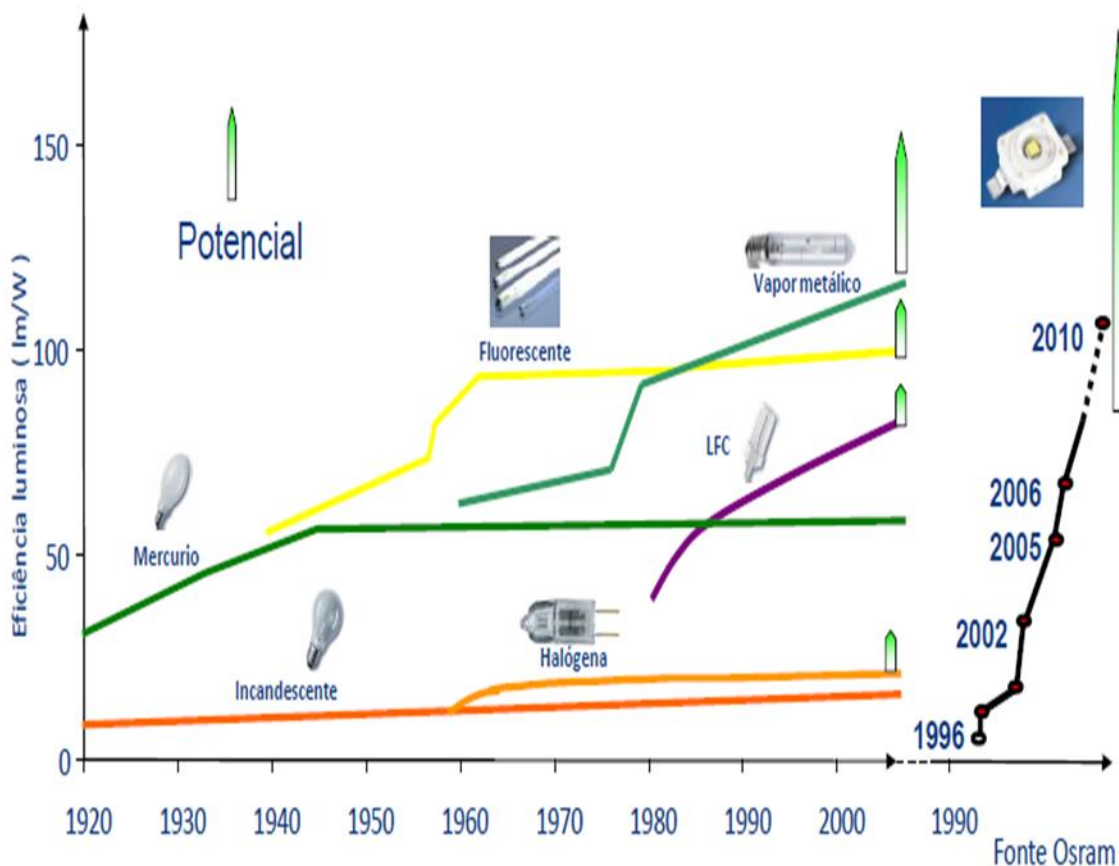


Figura 1. Eficiência luminosa de diferentes tipos de tecnologia

Em comparação com outras tecnologias, a iluminação LED possui custo de aquisição elevado. Dessa forma, é necessária uma avaliação custo-benefício para cada variedade de aplicação.

Com a popularização que essa tecnologia alcançou nos últimos anos, apareceram vários fabricantes no mercado. Isso culminou com o a disponibilização de muitos produtos com qualidade questionável. É sempre recomendável a realização de testes de desempenho para aprovação de marcas e modelos ofertados.

É importante definir um procedimento para substituição de lâmpadas ou luminárias para tornar o sistema de iluminação mais eficiente. Em geral, a qualidade do sistema de iluminação está relacionada não tanto com a lâmpada que está sendo usada, mas com a luminária e o posicionamento da mesma. Na AMT, para o desenvolvimento de projetos de iluminação, é adotado um procedimento separado em etapas:

- 1º Passo - Diagnóstico do sistema de iluminação existente. Luminárias, lâmpadas, potência instalada e tempo de uso;
- 2º Passo - Medição dos níveis de Iluminância dos ambientes e comparação com os níveis recomendados pela norma;
- 3º Passo - Avaliação custo-benefício;
- 4º Passo - Projeto do novo sistema de iluminação mais eficiente, sempre que viável;
- 5º Passo - Elaboração de um plano de manutenção do novo sistema de iluminação.

É importante salientar que durante a análise econômica dos projetos, deve-se considerar o custo de manutenção. No caso das lâmpadas LED, sua elevada vida útil contribui para redução dessa mão-de-obra.

A literatura técnica que embasa esses estudos é basicamente:

- Norma NBRISO/CIE 8995-1(2013): Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior;
- Norma NBR5461- Iluminação-Terminologia;
- Norma NBR15129 - Iluminação pública.
- NR 17 – Ergonomia

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente será apresentado um breve histórico do comportamento dos preços da tecnologia LED no mercado nacional. Em seguida serão apresentados alguns casos de projetos implementados na AMT. Por fim, serão citados projetos em desenvolvimento com recursos do PEE.

3.1 Resultados médios calculados por aplicação em 2016

Para contextualizar a atratividade dos projetos de iluminação com lâmpadas ou luminárias LED em diferentes tipos de aplicação e a sua evolução ao longo dos anos, seguem alguns dados reais considerando as principais aplicações.

- **Escritórios** – Economia Energia: 63% / *Payback* simples dos projetos: 2,2 anos;
- **Galpões** – Economia Energia: 58% / *Payback* simples dos projetos: 3,0 anos;

- **Ruas e Avenidas** – Economia Energia: 50% / *Payback* simples dos projetos: 2,5 anos.

Cabe um destaque com relação ao valor do MWh de energia elétrica que varia entre empresas, portanto, os resultados de *payback* acima podem variar consideravelmente.

Os valores citados acima representam uma realidade recente para os resultados econômicos. A tabela 1 mostra que nos últimos anos observa-se uma queda acentuada no preço da tecnologia LED.

Tabela 1. Histórico de Custos de Materiais

Queda no preço das lâmpadas/luminárias LED nos últimos 2 anos			
Aplicação	2014 -> 2015	2015 -> 2016	Total
Escritórios	-24%	-17%	-37%
Galpões	-28%	-33%	-52%
Ruas e Avenidas	-57%	-20%	-66%

Fonte: cotação com fornecedores.

A atratividade dos projetos tem melhorado em função desta queda nos preços. Com isso, a AMT tem intensificado o uso de LED nas aplicações citadas.

3.2 Projetos Implantados na AMT

Nos últimos anos a AMT implantou alguns projetos com utilização de LED. A seguir serão descritos de acordo com a aplicação.

ESCRITÓRIO FABRIL

Realizado projeto piloto em 2015 para sistema de iluminação interna com tecnologia LED em escritório fabril, em substituição as lâmpadas fluorescentes tubulares, sendo reaproveitadas as luminárias existentes. O local escolhido para o projeto foi o prédio fabril da Engenharia de investimentos, nos pavimentos térreo e superior.

Foi realizada simulação no software luminotécnico Dialux utilizando os dados fotométricos das lâmpadas tubulares LED nos diversos ambientes do prédio fabril obtendo os resultados apresentados na figura 2.

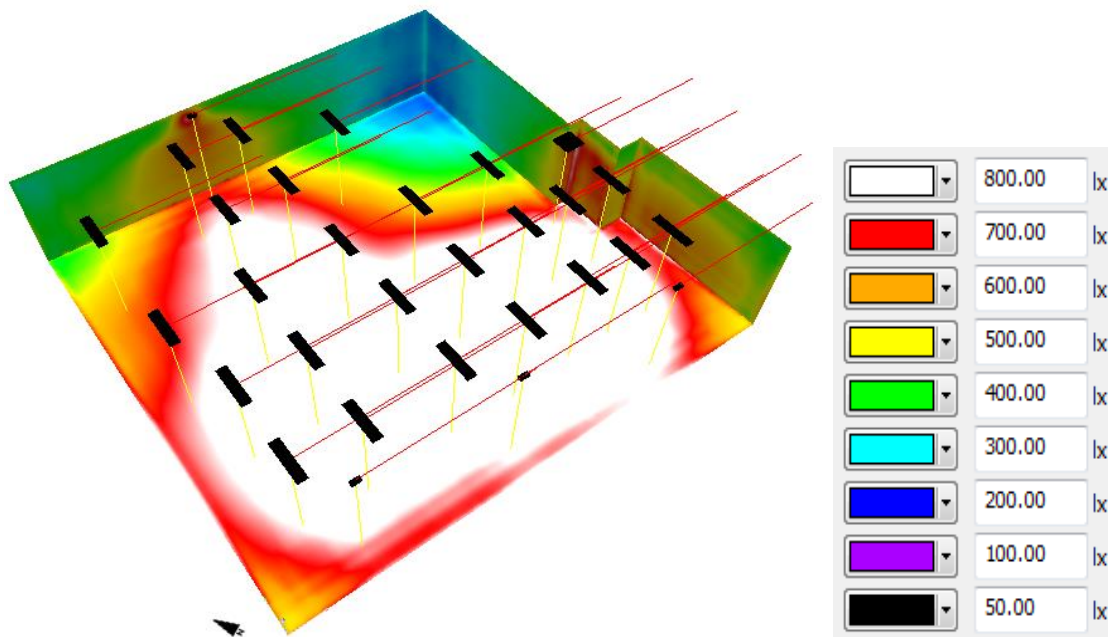


Figura 2. Resultado simulação no software luminotécnico Dialux - Fabril

Os reatores de partida foram desconectados e removidos, gerando sobressalentes. Algumas luminárias foram reposicionadas para melhorar a qualidade da iluminação dos ambientes. A mão-de-obra utilizada foi a própria equipe de manutenção, aproveitando lacunas no planejamento de atividades.

Na figura 3 estão representados os comparativos dos níveis de iluminação médio em Lux dos principais recintos antes e após a implantação das lâmpadas LED.

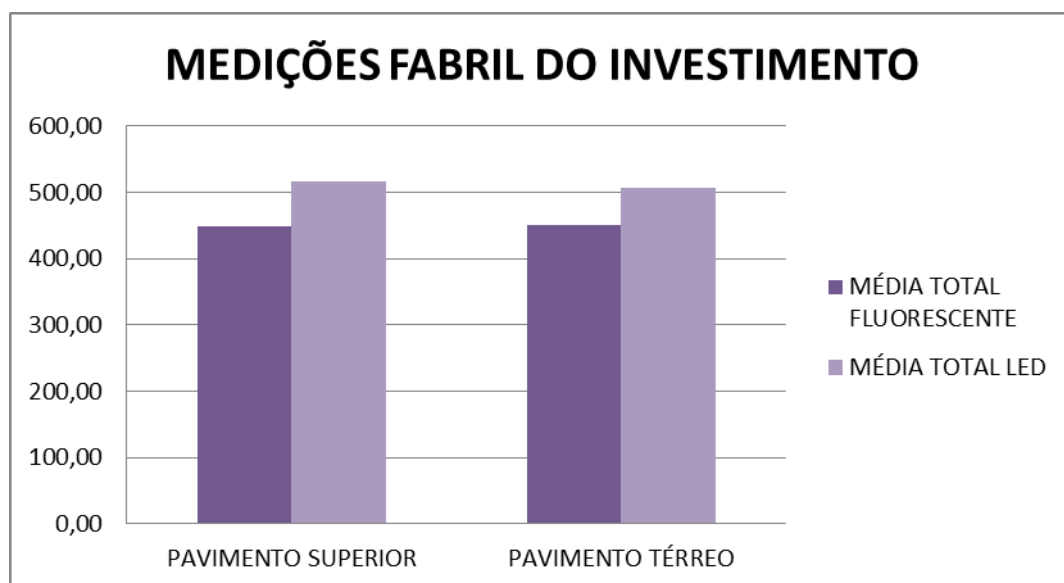


Figura 3. Níveis de iluminação médio em Lux antes e após o projeto

O nível de iluminação médio previsto na NBR 8995-1 para salas de escritórios é de 500 Lux portanto o objetivo foi alcançado.

Abaixo segue resumo do projeto:

- Lâmpadas fluorescentes substituídas: 414 unid. de 40 W e 140 unid. de 20 W
- Lâmpadas LED instaladas: 414 unid. de 16 W e 140 unid. de 10 W
- Economia energia anual: 43,6 MWh/ano
- *Payback* simples: 1,5 anos

GALPÃO INDUSTRIAL

Realizado projeto piloto em 2016 do sistema iluminação do galpão da Oficina de Calderaria. O procedimento para implantação consistiu na remoção gradual das luminárias existentes com suas lâmpadas de vapor metálico e Instalação das novas luminárias LED.

Foi realizada simulação no software luminotécnico Dialux utilizando os dados fotométricos das luminárias LED, obtendo os resultados apresentados na figura 4.

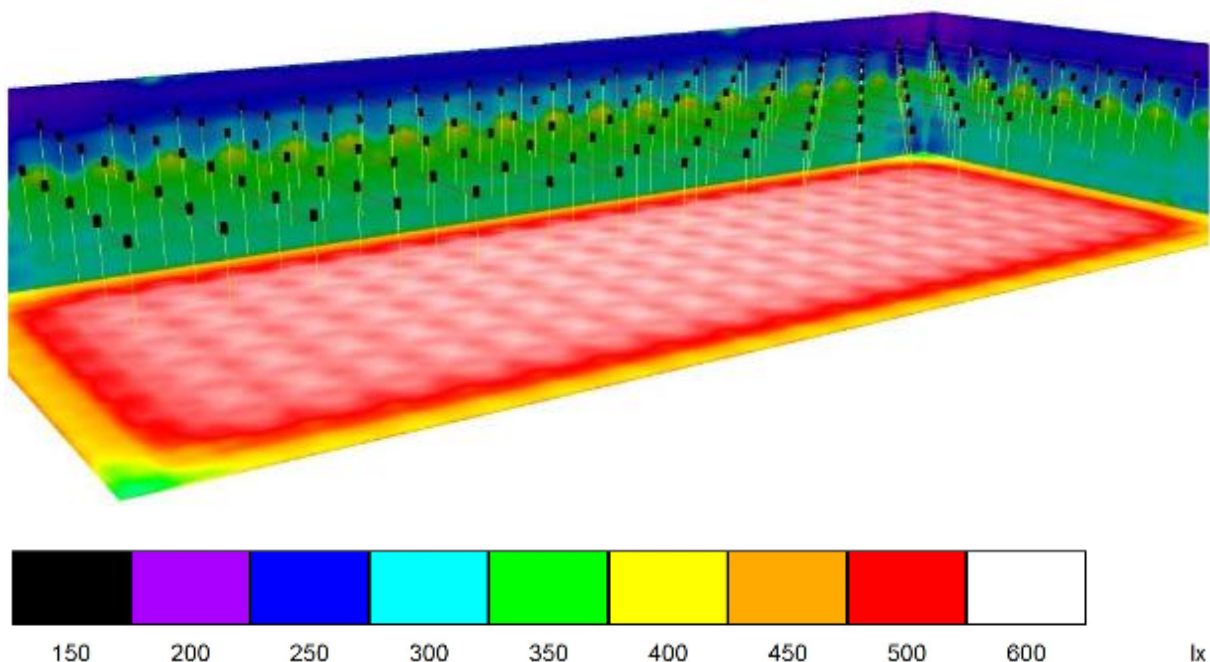


Figura 4. Resultado simulação no software luminotécnico Dialux - Galpão

O nível de iluminamento médio na oficina originalmente estava abaixo de 300 Lux e após a implantação do projeto apresentou resultado superior a 500 Lux.

Abaixo segue resumo do projeto:

- Luminárias/lâmpadas vapor metálico substituídas: 232 unid. de 400 W
- Luminárias/lâmpadas LED instaladas: 232 unid. de 163 W
- Economia Energia anual: 73,55 MWh/ano
- *Payback* simples: 3,2 anos

3.3 Projetos com recursos do Programa de Eficiência Energética - ANEEL

As diretrizes legais do PEE são definidas na Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, bem como nas resoluções da ANEEL específicas para EE. As informações e regras

relativas ao PEE estão disponíveis no documento chamado PROPEE - Procedimentos do Programa de Eficiência Energética (ANEEL, 2013), em sua versão aprovada pela Resolução Normativa Nº 556, de 02/07/2013, com aviso de retificação publicado em 27/09/2013.

As concessionárias de distribuição promovem chamadas públicas e os projetos inscritos são avaliados segundo os critérios do PROPEE. Para implantar projetos em unidades consumidoras com fins lucrativos devem ser estabelecidos Contratos de Desempenho, os quais estabelecem que o financiamento seja feito com garantia de resultado na economia de energia e deve ser aferido segundo regras claras de medição (EVO,2012). Basicamente, após a chamada pública e a aprovação do projeto, a concessionária irá financiar o valor de investimento do projeto e, após implantado, a empresa beneficiada pelo PEE irá pagar a concessionária com parcelas proporcionais à economia obtida mensalmente. Em resumo, o fluxo de caixa do projeto, na visão do consumidor, é sempre positivo.

Na AMT foi iniciada a implementação de projetos com recursos do PEE em 2016. O primeiro projeto aprovado junto à concessionária local EDP ESCELSA, foi para substituição de lâmpadas tubulares fluorescentes que fazem a iluminação do prédio fabril da área de Utilidades.

Esse primeiro projeto está em fase de finalização e abaixo segue o seu resumo:

- Lâmpadas fluorescentes a serem substituídas: 1958 unid. de 40 W
- Lâmpadas LED a serem instaladas: 1958 unid. de 18 W
- Economia Energia anual estimada: 116,11 MWh/ano

Em 2017 a AMT foi contemplada com a aprovação de um segundo projeto. Este ainda encontra-se em fase de formalização de contrato. Seu escopo será a substituição das luminárias e lâmpadas de vapor metálico de parte dos postes de uma avenida interna à empresa. A seguir está o seu resumo:

- Luminárias/lâmpadas vapor de sódio a serem substituídas: 150 unid. de 400 W
- Luminárias/lâmpadas LED a serem instaladas: 150 unid. de 125 W
- Economia Energia anual estimada: 201,70 MWh/ano

4 CONCLUSÃO

O resultado obtido com os projetos implantados superou as expectativas de qualidade de iluminação, com redução significativa no consumo de energia e na frequência de manutenção.

A burocracia inicial para contratação de projeto através do PEE é a principal dificuldade para a utilização dessa fonte de recursos. No entanto, pode-se afirmar que é uma ótima alternativa para viabilizar projetos de EE num cenário de competição por verba frente a projetos prioritários do ponto de vista operacional.

Algumas restrições ainda persistem para a aplicação do LED. Pode ser citado o uso em ambientes com temperatura ambiente superior a 60°C. Outro desafio é a

aplicação em áreas abertas muito amplas, como pátios de matérias primas, pois ainda existem poucas opções de refletores com capacidade luminosa adequada, isso faz com que o preço ainda seja uma barreira.

O uso de tecnologia LED na Siderurgia pode ser considerado uma realidade que com a redução observada ao longo dos últimos anos no custo dos materiais vem tornando essa tecnologia mais atrativa que as tradicionais.

Agradecimentos

A ArcelorMittal Tubarão agradece o apoio e parceria da EDP ESCELSA que através da implementação do PEE na sua área de concessão contribuiu para o alcance de parte dos resultados apresentados nesse trabalho.



REFERÊNCIAS

- 1 MME – Ministério das Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço Energético Nacional 2015**: Relatório Síntese. Rio de Janeiro: 2015. 291 p.
- 2 PINTO, L. M.; SOBRINHO, P. M. **Eficiência Energética na Indústria Siderúrgica**. REVISTA SODEBRAS, vol. 10, nº 111, mar. 2015. < <http://www.sodebras.com.br/edicoes/N111.pdf> >. Acesso em 8 de jul. 2015.
- 3 MME – Ministério das Minas e Energia. **PNEf - Plano Nacional de Eficiência Energética** - Premissas e Diretrizes Básicas na Elaboração do Plano. Brasília – DF: MME, 2010.
- 4 ELETROBRAS; UNIVERSIDADE FEDERALE DE ITAJUBÁ – UNIFEI. **Eficiência Energética**: teoria & prática. Itajubá, FUPAI, 2007. 224p.
- 5 ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Procedimentos do Programa de Eficiência Energética** – PROPEE. Brasília, 2013.
- 6 EVO – EFFICIENCY VALUATION ORGANIZATION. **Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance** – Conceitos e Opções para a Determinação de Economias de Energia e de Água - vol. 1 - EVO 10000 – 1:2012 (Br). Sofia: EVO, 2012.