

CONTRIBUIÇÕES DE UM PRODUTO DE ILUMINAÇÃO LED PARA A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA – BRASIL

Contributions of a LED lighting product for Electrical Power Consumption Reduction - Brazil

Angélica Frederico¹

Cláudia Terezinha Kniess²

Franciane Freitas Silveira³

RESUMO

Atualmente a sociedade está preocupada com a sustentabilidade, ou seja, com a harmonia entre os objetivos econômicos, ambientais e sociais, e um dos fatores relacionados a isso é o alto consumo de recurso associado ao uso intensivo de energia elétrica, principalmente nas atividades industriais. Neste contexto, este artigo tem como objetivo analisar como é possível alcançar redução de consumo de energia elétrica por meio da substituição da iluminação convencional por um produto de iluminação de Led. A pesquisa se caracteriza como um estudo de caso único. Os resultados específicos do estudo concentram-se nos resultados econômicos relacionados ao período do retorno do capital e nos resultados socioambientais relacionados com a redução do consumo de energia elétrica para atingir a estratégia de eficiência energética. Foi possível concluir que a iluminação de Led, na empresa em questão, agrega valor sem comprometer os recursos naturais, princípio fundamental da inovação sustentável.

Palavras-chaves: inovação sustentável, sustentabilidade, iluminação de Led.

¹ Possui graduação em Análise de Sistemas pela Universidade de São Francisco - USF, Brasil e Pós-graduação lato sensu em Gestão de Projetos pela Fundação Carlos Alberto Vanzolini - FCAV, Brasil. Principais interesses e atuação em gestão de projetos, análise e controle de comportamento de pessoas e riscos de organizações privadas, e sistemas, tecnologia e processos de eficiência. E-mail: angelfrederico@hotmail.com

² Possui Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais de Santa Catarina – UFSC, Brasil com período de estágio de doutorando (sanduíche) no Departamento de Cerâmica e Vidro da Universidade de Aveiro, Portugal. Mestrado em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Brasil. Pesquisadora e Docente do Programa de Pós-graduação em Administração - PPGA-UNINOVE e no Programa de Mestrado Profissional em Administração - Gestão de Projetos - MPAGP-UNINOVE, da Universidade Nove de Julho, Brasil. Principais interesses de estudos em Gestão de Projetos, Gestão Ambiental e Sustentabilidade, Inovação Tecnológica, Valorização de Resíduos Industriais e Gestão da Tecnologia. E-mail: kniesscl@gmail.com

³ Possui Doutorado em Administração pela Universidade de São Paulo – USP, Brasil e Mestrado em Administração pela mesma universidade. Graduação em Ciências Contábeis pela Universidade Federal do Ceará – UFC, Brasil. Pesquisadora e docente do Programa de Mestrado Profissional em Administração - Gestão de Projetos - MPAGP-UNINOVE, da Universidade Nove de Julho, Brasil. Principais interesses de estudos em desenvolvimento de novos produtos em multinacionais brasileiras, gestão de projetos e gestão da inovação. E-mail: silveira.ane@gmail.com

ABSTRACT

Our society is currently concerned about sustainability, in other words, with the harmony between economic, environmental and social goals. And one of the factors related to this is the high resource consumption associated with the intensive use of electricity, mainly in industrial activities. In this context, this article seeks to explore how we can achieve a reduction of electricity consumption through the replacement of conventional lighting by a LED lighting product. The research is a single case study. The specific results of the study focus on the economic outcomes related to the return over investment period and the social and environmental outcomes related to the reduction of energy consumption to achieve an energy efficiency strategy. Authors found that the LED lighting systems, at the company in question, added value without compromising the natural resources, a fundamental principle of sustainable innovation.

Keywords: sustainable innovation, sustainability, LED lighting.

O desenvolvimento econômico e social tende sempre a criar demanda por mais energia elétrica. Com a aspiração pelo desenvolvimento na indústria brasileira, surge a necessidade crescente de eficiência no uso de energia elétrica. Por conseguinte, pode acelerar o crescimento por meio de soluções e produtos de iluminação inovadores e sustentáveis atrelados à economia, à sociedade e ao meio ambiente, ou seja, conforme os pilares da sustentabilidade do *Triple Bottom Line*. Para ampliar a temática com base nesses pilares, surge o conceito da inovação sustentável, que “não se refere apenas à introdução de novidades de qualquer tipo, mas que atendam às múltiplas dimensões da sustentabilidade em bases sistemáticas e que geram resultados positivos para as organizações, para a sociedade e para o meio ambiente” (Barbieri, 2007). Entretanto, o pilar da sustentabilidade do *Triple Bottom Line* explorado neste artigo, será o pilar econômico, possibilitando observar a viabilidade econômica de investir em produtos de iluminação inovadores.

Entre agentes das ações sustentáveis, como forma de inovação, pode-se citar a indústria brasileira, que tem grande interesse econômico e societário no desenvolvimento de novas soluções e produtos dentro da estratégia da eficiência energética. Vale ressaltar que o Brasil passa por uma crise de energia elétrica desde 2001, que deu um caráter emergencial ao assunto e serviu de estímulo às ações em prol da eficiência energética. O projeto de lei que tratava da Eficiência Energética 96 e passou onze anos tramitando pelo Congresso Nacional, por exemplo, ganhou prioridade absoluta. A Lei 10.295/2001 foi aprovada em outubro de 2001 e ressalta a criação de uma Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. O Decreto nº 4059/2001, que regulamenta a Lei, foi aprovado em dezembro do mesmo ano.

No âmbito das organizações privadas, a indústria brasileira, mesmo que não em sua totalidade, vê uma oportunidade de combater a crise por meio da eficiência energética como fator de competitividade, dando destaque à redução de consumo de energia elétrica por meio

da substituição da iluminação convencional por iluminação cujo principal componente é o Led (*Light Emission Diode*), desenvolvido na década de 60 por Nick Holonyak Jr., transformando-se no precursor de uma nova era tecnológica na área de iluminação.

O Led oferece diversas vantagens em relação às fontes de iluminação convencionais, tais como redução de consumo, tamanho e formas reduzidas, maior eficácia luminosa agregada à longa vida útil se comparada às lâmpadas fluorescentes, conforme Cervi (2005), possibilidade de controle dinâmico de cor e intensidade, indicando assim uma alternativa para o mercado da iluminação. O Led foi projetado como um dispositivo semicondutor, que tem como princípio de funcionamento a eletroluminescência, emitindo luz através da combinação de elétrons e lacunas em um material sólido (Sá Junior, 2007). O Led é ecologicamente correto, pois não contém metais pesados, podendo ser descartado sem nenhum tipo de tratamento ao final de sua vida útil.

Fontes de energia estão cada vez mais raras e o consumo está cada vez maior, levando nossas atuais fontes de energia à sua carga quase máxima. Para minimizar o impacto ambiental e social causado pela construção de novas usinas hidrelétricas e termelétricas, uma alternativa seria um melhor aproveitamento da capacidade já instalada. A maneira de se atingir isso é melhorar a eficiência energética, por meio da substituição das lâmpadas convencionais por lâmpadas de Led, utilizando uma tecnologia que não impacte o modo de trabalho das empresas e que diminua o desperdício de energia elétrica a um custo parcimonioso.

O problema de pesquisa deste estudo está centralizado nas contribuições de um produto de iluminação de Led para a redução do consumo de energia elétrica que fora implementado em uma empresa brasileira do ramo automobilístico, possibilitando assim responder a seguinte questão-chave: Como a iluminação Led pode reduzir o consumo de energia elétrica em uma indústria brasileira do setor automotivo? Adicionalmente, pretende-se identificar

patentes existentes, selecionando uma solução compatível a fim de compará-la com a solução de iluminação de Led descrita no estudo de caso deste trabalho.

A empresa objeto deste estudo é uma empresa brasileira atuante há dois anos no mercado brasileiro que está focada no desenvolvimento e fornecimento de soluções de iluminação Led que oferecem valor agregado conforme período de retorno do capital. Como unidade de análise foi escolhido um caso de implementação da iluminação de Led para reduzir o consumo de energia elétrica em um dos clientes da empresa-alvo, uma empresa brasileira do ramo automotivo. Este caso compreende a elaboração de um estudo de eficiência energética em galpão industrial através da substituição de todo o sistema de iluminação, que era composto de lâmpadas de vapor metálico, por iluminação Led, que ilumina ambiente gerais, com exceção dos postos de trabalho.

Breve definição da Inovação

Inicialmente faz-se necessário conceituar individualmente a inovação, que, segundo o Manual de Oslo, é a implementação de um produto (bem ou serviço) novo ou significativamente melhorado, ou um processo, ou um novo método de marketing, ou um novo método organizacional nas práticas de negócios, nas organizações do local de trabalho ou nas relações externas (OECD, 1997). Conforme definição da Organisation for Economic Co-operation and Development - OECD (2005), há quatro grandes categorias de inovação, demonstrado na Tabela 1:

Categorização da Inovação

Tipo de Inovação	Definição
Inovação de Produtos	É a introdução de um bem ou serviço novo ou significativamente melhorado com relação aos produtos existentes, tanto de características funcionais, como de usos previstos.

Inovação de Processos	É a implantação de um método de produção ou distribuição novo ou significativamente melhorado. Os métodos de produção envolvem técnicas, equipamentos e/ou <i>software</i> utilizados para produzir bens e serviços. Já os melhorados de distribuição dizem respeito à logística da empresa.
Inovação Organizacional	É a implementação de um novo método organizacional, que pode ser uma nova prática de negócio da empresa, uma nova organização do local de trabalho ou nas relações externas.
Inovação de Marketing	Implementação de novos métodos de marketing, como mudanças no <i>design</i> do produto e na embalagem, na promoção do produto e sua colocação no mercado, e de métodos de estabelecimento de preços de bens e de serviços.

Tabela 1: Categorias de inovação.

Fonte: Adaptado pelo autor de OECD (2005).

No contexto deste artigo será explorada a relação entre inovação do produto e a sustentabilidade, que vem ganhando relevância, por isso o termo “inovação sustentável”, ou seja, um tipo de inovação que contribua para o alcance do “desenvolvimento sustentável”. Para tanto, faz-se necessário explicar o conceito de desenvolvimento sustentável que, no contexto macro ambiental, é tido como o processo de mudanças em que a exploração de recursos, direção dos investimentos, orientação do desenvolvimento tecnológico e alterações institucionais é realizada de maneira consistente com as necessidades atuais e futuras (Brundtland, 1987).

Inovação Sustentável

Antes de conceituar o termo inovação sustentável, faz-se necessário explicar os termos desenvolvimento sustentável e sustentabilidade, esclarecendo suas diferenças.

O termo desenvolvimento sustentável tem sido utilizado de forma intercambiável com o termo sustentabilidade. Contudo, os dois termos não significam a mesma coisa.

Desenvolvimento sustentável “representa a aquisição de bens e serviços provenientes da

natureza para atendimento das necessidades econômicas, ambientais e sociais da sociedade humana – sem comprometer o direito das gerações futuras de disporem de bens e serviços naturais para atenderem a suas próprias necessidades”. Já a Sustentabilidade é qualidade de algo (adjetivo de algo), coisa ou sistema a ser mantido por tempo indeterminado, e, portanto, “representa um processo contínuo, de longo prazo, capaz de impedir a ruína de determinado sistema ou de conjunto de bens e meios, pela garantia de acesso e de reposição de bens e serviços”. Em outros termos, o desenvolvimento sustentável é sistema e processo, ao passo que a sustentabilidade é qualidade; o desenvolvimento sustentável é o meio para se atingir o fim, ou seja, a sustentabilidade (Furtado, 2005, p. 15).

A inovação sustentável envolve a estratégia competitiva de organizações que visualizam, na necessidade por sustentabilidade, novas oportunidades para a inovação. Conceitualmente, a adoção de estratégias de ação que vinculem sustentabilidade à inovação representa uma possibilidade real para ampliar o diferencial competitivo das organizações, que, no entanto, é pouco explorada. A partir da junção dos conceitos ora apresentados surge o termo “inovação sustentável” (Barbieri, 2007), que conduz à reflexão sobre a possibilidade de redução de custos ambientais envolvidos em toda e qualquer cadeia produtiva, ao passo que torna os negócios mais rentáveis financeiramente, com distribuição dos ganhos de modo mais equilibrado. O autor complementa que não se trata da simples articulação de ações isoladas, mas de uma ação ampla que leve em consideração as três dimensões da sustentabilidade: social, ambiental e econômica.

Uma forma de analisar a inovação sustentável é a partir da ótica do *Triple bottom line*, que aborda os eixos econômico, social e ambiental da sustentabilidade, pois não basta, para as organizações, apenas inovar constantemente, mas inovar considerando as três dimensões da sustentabilidade (Elkington, 1998), assim definidas:

- Dimensão social – preocupação com os impactos sociais das inovações nas comunidades humanas dentro e fora da organização (desemprego, exclusão social, pobreza, diversidade organizacional etc.);

- Dimensão ambiental – preocupação com os impactos ambientais pelo uso de recursos naturais e pelas emissões de poluentes;

- Dimensão econômica – preocupação com a eficiência econômica, sem a qual as organizações privadas não se perpetuariam. Para elas, essa dimensão significa obtenção de lucro e geração de vantagens competitivas nos mercados onde atuam.

A fim de ampliar a visão sobre inovação sustentável, são apresentados, no Quadro 1, os conceitos de inovação sustentável, a saber:

Autor	Conceito	Ênfase
Rycroft e Kash (2000)	A inovação sustentável vai além da inovação convencional, pois deve integrar os pilares econômico, ambiental e social. Geralmente é radical ou transformacional por natureza. Desse modo, nem toda inovação pode ser considerada como uma inovação sustentável.	Inovação radical e transformacional; integração dos três pilares da sustentabilidade.
Wheeler e Elkington (2001)	Inovação sustentável se refere às atividades de inovação que contribuam para o <i>triple bottom line</i> da sustentabilidade gerando benefícios econômico, ambiental e social.	Benefícios econômico, ambiental e social.
Charter e Clark (2007)	Inovação sustentável é um processo no qual os pilares econômico, ambiental e social estão integrados nas estratégias empresariais, desde a geração de ideias através do P&D até a comercialização do produto final. Aplicam-se aos produtos, serviços, novas tecnologias, estrutura e novos negócios.	Processo; integração dos três pilares da sustentabilidade.

<p>Hansen, Grosse-Dunker e Reichwald (2009)</p>	<p>A inovação orientada para a sustentabilidade permite abranger tanto as questões de sustentabilidade como também conquistar novos segmentos de clientes e mercados, consistindo na inovação percebida por agregar valor positivo para empresa.</p>	<p>Contempla os três pilares da sustentabilidade; geração de valor; novos clientes e mercados.</p>
<p>Yoon e Tello (2009)</p>	<p>Inovação sustentável é definida como o desenvolvimento de novos produtos, processos, serviços e tecnologias que contribuam para o desenvolvimento e o bem-estar das necessidades humanas, respeitando os recursos naturais e a capacidade regenerativa.</p>	<p>Bem-estar das pessoas e capacidade regenerativa dos recursos.</p>
<p>Bos-Brouwers (2010)</p>	<p>Inovação sustentável é uma inovação em que a renovação ou melhoria de produtos, serviços, processos tecnológicos ou organizacionais não só proporciona um desempenho econômico (sustentar o crescimento econômico) melhor, mas também um desempenho ambiental (preservação do meio ambiente, redução do impacto ambiental e proteção do meio natural) e social (melhoria da qualidade de vida e da qualidade do emprego), tanto no curto e longo prazo.</p>	<p>Benefícios econômico, ambiental e social.</p>
<p>Hautamäki (2010)</p>	<p>Inovação sustentável significa a inovação que equilibra as influências de longo prazo do processo de inovação e o resultado inovador real com as necessidades e os impactos sobre as pessoas, as sociedades, a economia e o meio ambiente.</p>	<p>Equilíbrio dos impactos das inovações no longo prazo.</p>
<p>Szekely (2012)</p>	<p>Inovação sustentável se refere à criação de algo novo que melhora o desempenho nos três pilares econômico, ambiental e social da sustentabilidade.</p>	<p>Melhoria do desempenho dos pilares da sustentabilidade.</p>

Quadro 1: Definições de inovação sustentável.

Fonte: Froehlich (2014).

O Quadro 1 representa as diversas visões a respeito da inovação sustentável, que podem variar desde o aspecto da integração dos três pilares da sustentabilidade até o equilíbrio e desempenho desses pilares. Neste artigo se utilizou dos conceitos de inovação sustentável que, segundo Szekely (2012), se referem à criação de algo novo que melhora o desempenho nos três pilares da sustentabilidade econômico, ambiental e social, com ênfase no pilar econômico.

A fim de medir a energia economizada em relação ao investimento no projeto de substituição de lâmpadas convencionais por luminárias Led, será enfatizada a relação da redução de custos e o período de retorno do capital (PRC), para se atingir a sustentabilidade do ponto de vista econômico. A sustentabilidade econômica pode ser medida por meio de indicadores que, segundo Valenti (2002, 2008), são baseados na renda anual, no lucro, na taxa interna de retorno e na relação benefício custo. O período de retorno do capital (PRC), também conhecido como *payback*, pode ser traduzido em uma fórmula que auxiliará a empresa na aferição desse indicador econômico se comparado, entre outros fatores, com a inovação sustentável. O objetivo do período de retorno do capital (PRC) é medir a quantidade de tempo em que a empresa consegue recuperar o capital investido, conforme fórmula abaixo:

$$\text{PRC} = I / (S1 + S2)$$

Onde:

I = valor do investimento

S1 = redução energia

S2 = redução manutenção

A fórmula acima será utilizada para demonstrar, nos resultados deste estudo, o tempo em que a empresa consegue recuperar o capital investido através da redução de energia e de manutenção (troca de lâmpadas, troca de reatores, mão de obra etc.).

A relação da inovação sustentável com a eficiência energética através da iluminação Led pode estar atrelada a vários fatores, tais como: a preocupação com o meio ambiente, consequências econômico-sociais advindas de ações passadas relacionadas ao racionamento de energia elétrica, impactos na competitividade e permanência do mercado do setor industrial refletida através do uso eficiente da energia elétrica etc.

As contribuições para o desenvolvimento sustentável podem ser atribuídas, entre elas, ao uso racional da energia elétrica, aplicando novas formas de economizar energia elétrica aos novos produtos e processos, ou seja, ações proativas, tais como a substituição de lâmpadas convencionais por luminárias Led, que maximizam a eficiência energética, tendo como principal resultado uma redução da potência instalada e conseqüentemente do consumo de energia elétrica. Para complementar esse referencial serão tratados a seguir os conceitos de eficiência energética atrelados à redução de consumo de energia com iluminação de Led.

Eficiência energética: redução de consumo de energia elétrica com iluminação Led

A partir da crise do petróleo nos anos 70 e da crescente demanda por energia elétrica, entram em pauta as abordagens sobre a eficiência energética por meio da otimização da iluminação, a fim de proporcionar redução no consumo de energia elétrica, menores custos, conseqüentemente, menores impactos sociais, econômicos e socioambientais. Segundo o *Jornal do Comércio*, o consumo de energia elétrica no Brasil cresceu 3,6% no ano de 2014. O aumento foi puxado, sobretudo, pelo setor comercial, que cresceu 6,3%, e pelo setor residencial (+4,6%). O consumo na indústria teve crescimento mais modesto: 2,3%. Os dados

foram divulgados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), vinculada ao Ministério de Minas e Energia.

Uma das formas que viabilizam a redução do consumo de energia elétrica relaciona-se com a eficiência energética, que, segundo EPE (2010), 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. Outras definições podem ser utilizadas, como a de Hordeski (2005), que conceitua eficiência energética como a capacidade de equipamentos que operam em ciclos ou processos produzirem energia, em quantidade e qualidade esperados. Análogo à definição empregada pela *International Energy Agency* (IEA), o conceito de eficiência energética apresentado por Raskin (2002) utiliza o termo “atividade” para relacionar o uso de energia, ou melhor, a necessidade de sua redução.

Como estratégia de eficiência energética, pode-se alcançar a redução do consumo de energia elétrica nas organizações por meio do emprego de iluminação Led, ou seja, pela substituição da iluminação convencional por luminárias Led. A luz emitida pelo Led é monocromática e o comprimento da onda está relacionado ao tipo de material utilizado na composição do semicondutor. A dopagem do material pode ser feita com gálio, alumínio, arsênio, fósforo, índio e nitrogênio. Esta variedade de elementos químicos e a combinação deles permitem a emissão da luz em ampla faixa de espectro (Cervi, 2005).

A substituição de lâmpadas convencionais por lâmpadas de Led de alta potência deve ser precedida por uma avaliação a fim de verificar se a troca realmente pode ser realizada, utilizando comparações entre vários aspectos de qualidade de iluminação. Os parâmetros empregados para a comparação entre a utilização de lâmpadas convencionais e as luminárias Led são:

- Consumo de energia: é definido como o gasto energético de cada luminária, sendo a medida calculada em potência;
- Vida útil: é o tempo em que a lâmpada (no caso de iluminação convencional), ou luminária (no caso de iluminação Led) estará em funcionamento;
- Depreciação do fluxo luminoso: ao longo da vida útil da lâmpada, é comum ocorrer uma diminuição do fluxo luminoso que sai da luminária, em razão da própria depreciação normal do fluxo da lâmpada e devido ao acúmulo de poeira sobre as superfícies dela e do refletor. Este fator deve ser considerado no cálculo do projeto de iluminação, a fim de preservar a iluminação média projetada sobre o ambiente ao longo da vida útil da lâmpada.

Como referência e contribuição para o estudo realizado foi utilizada a patente Led Lamp US 0296287 A1, que, junto à eficiência energética, considera aspectos da luminária Led para a indústria. Conforme Huang (2010), a geometria, dissipação de calor, tipo de lente e carcaça estão detalhados na luminária, que possui Leds incluindo uma carcaça metálica compreendendo um dissipador de calor em alumínio e lentes plásticas que fazem a distribuição da luz. O dissipador de calor, com forma retangular na base e com aletas na parte superior, tem por objetivo manter a temperatura de funcionamento do Led dentro da faixa especificada pelo fabricante afim de que seja atingida a vida útil mínima de 50.000 horas e evitar a perda de fluxo luminoso. As lentes plásticas possuem a função de concentrar a luz e aumentar a eficiência do Led, que tem ângulo de abertura de 120°, e no modelo da patente as lentes utilizadas reduzem o ângulo de fecho da luminária para 90°, aumentando os níveis de iluminação abaixo da luminária. A carcaça metálica tem a função de suportar todos os componentes da luminária (Leds, dissipador e lentes, componentes de fixação), selar a área dos Leds para que se evite contato com água e gases que possam agredir a superfície dos Leds, além do design da luminária.

O próximo capítulo delinea a metodologia realizada para empreender o estudo de campo.

Metodologia

A estratégia de pesquisa selecionada foi o estudo de caso único. Segundo Yin (2001), o estudo de caso representa uma investigação empírica e compreende um método abrangente, com a lógica do planejamento, da coleta e da análise de dados.

A pesquisa teve como alvo entrevistar uma empresa brasileira fornecedora de produtos e soluções em iluminação Led atuante há dois anos no mercado brasileiro, que disponibilizou dados de um de seus clientes, que representa o setor automotivo, presente em mais de 120 países, entre eles o Brasil, onde possui um centro operacional que mantém 10 unidades produtoras de soluções automotivas.

Inicialmente o trabalho de campo foi realizado com duas entrevistas semiestruturadas presenciais com o representante oficial da empresa-alvo, com duração aproximada de 60 minutos cada. O roteiro de entrevistas foi elaborado com base em temas levantados a partir da revisão bibliográfica, constituindo-se como os dados primários do estudo. A entrevista foi gravada; o entrevistador optou também por tomar nota das respostas diretamente no computador, gerando assim um arquivo em formato documento. Os dados secundários foram coletados por meio de documentos institucionais e em fontes secundárias relevantes, tais como apresentação contendo projeto detalhado, arquivos com os resultados das medições pré e pós-conclusão do projeto e informações adicionais contidas no próprio site da empresa pesquisada.

Seguindo o protocolo da ética profissional e acadêmica, a identidade da empresa e seu respectivo cliente não serão revelados, assim como a identidade do executivo entrevistado que colaborou diretamente com o estudo. Ressalta-se que, antes da realização da entrevista, foi explicado o motivo e o objetivo desse estudo ao executivo. As dúvidas remanescentes foram sanadas por e-mail. O executivo contribuiu com dados a respeito dos resultados obtidos no caso estudado apresentados mediante autorização do seu cliente.

Como referência para base de comparação de qualidade e inovação entre a solução de iluminação Led implementada no caso apresentado e as soluções existentes no mercado, adicionalmente foi realizada uma pesquisa sobre as patentes, cujos passos estão descritos a seguir: A primeira etapa é composta pela organização da pesquisa, conforme definição da questão de pesquisa (passo 1). O comitê (passo 2) consistia de 1 pesquisador, o estudante de mestrado de gestão de projetos. O protocolo (passo 3) foi definido para a pesquisa e análise. Um banco de dados em *Microsoft Excel* foi desenvolvido para armazenamento das extrações das patentes. A segunda etapa é composta pela pesquisa (passo 4) elaborada por meio do uso das ferramentas de acesso à informação através das bases de dados e fonte de buscas pesquisadas: *Google Patent Search*. As palavras-chaves utilizadas foram: *high bay light led illumination*, sendo o escopo de pesquisa definido dentro do período de janeiro de 2010 até dezembro de 2014, considerando patentes publicadas nos Estados Unidos, Europa, China, Alemanha e Canadá.

A aplicação da pesquisa resultou em dezoito mil (18.000) patentes selecionadas. A patente pesquisada deve conter a imagem e disponibilizar o conteúdo completo no *Abstract*, *Description*, *Claims e Classifications* e, baseado nesses critérios (passo 5), sugeriu-se uma amostra de cem (100) patentes aleatoriamente, cujo primeiro critério aplicado foi semelhança de imagem do produto da patente em relação a luminária Led do caso em estudo, resultando na seleção de trinta (30) patentes. O segundo critério aplicado foi a avaliação das informações contidas no *Abstract* de cada patente, apresentando um resultado de dez (10) patentes selecionadas. Por fim, foram considerados as informações de *Description*, *Claims e Classifications* para identificar se as patentes se relacionavam como o escopo do produto apresentado nesse estudo de caso, resultando assim em uma (01) patente selecionada, a patente Led Lamp US 0296287 A1.

Finalmente o método pressupõe que os dados coletados sejam analisados e comparados com base na norma NBR ISO/CIE 8995-1, publicada pela ABNT, que especifica 200 lx para área de circulação e estoque. De posse dos métodos para análise dos dados, a próxima seção apresenta e discute os mesmos com base na análise prévia do referencial teórico.

Resultados e Discussão

Descrição do caso

A empresa entrevistada disponibilizou um caso prático de um de seus clientes, que representa uma empresa do setor automotivo parceira de várias montadoras no Brasil e no exterior. Esse cliente apresenta-se como uma empresa que está dividida em quatro grupos de negócios sendo: sistemas térmicos, sistemas de visibilidade, sistemas de *powertrain* e sistemas de assistência automotiva, propondo produtos e sistemas inovadores que contribuam para a redução das emissões de CO₂ e para o desenvolvimento de uma condução intuitiva.

A fim de atender as expectativas desse cliente do setor automotivo, a empresa entrevistada realizou uma proposta para cobrir as seguintes necessidades dentro do escopo de projeto, a saber: dimensionamento para substituição da iluminação convencional utilizando luminárias Led em conformidade com a norma NBR ISO/CIE 8995-1 publicada pela ABNT, que especifica os requisitos de iluminação para locais de trabalho interno e os requisitos para as pessoas desempenharem tarefas visuais de maneira eficiente, com conforto e segurança durante todo o período de trabalho (ABNT, 2013). Os objetivos principais do projeto de eficiência energética visavam (i) à redução do consumo de energia elétrica, (ii) à eliminação constante de troca de lâmpadas e reatores, (iii) à eliminação de lâmpadas que utilizam metais pesados e (iv) à diminuição da potência instalada da fábrica a fim de atingir a meta financeira de um (01) ano para o retorno sobre o capital investido. Não está sendo considerada iluminação para postos de trabalho (linhas de montagem de componentes e áreas de inspeção

visual), apenas áreas gerais da edificação, que contemplam áreas de circulação e passagem e estoque.

Em primeira instância foi realizado o levantamento do cenário atual da empresa cliente, considerando sua fábrica instalada de 20.000 m², com pé direito de seis (06) metros, 621 luminárias, 1.242 lâmpadas fluorescentes HO 110W, 621 reatores (reatores eletrônicos que não geram perda e ineficiência energética) e uso diário de 24 horas. Em seguida, houve o mapeamento da iluminância atual, conforme verificado na Figura 1 a seguir:

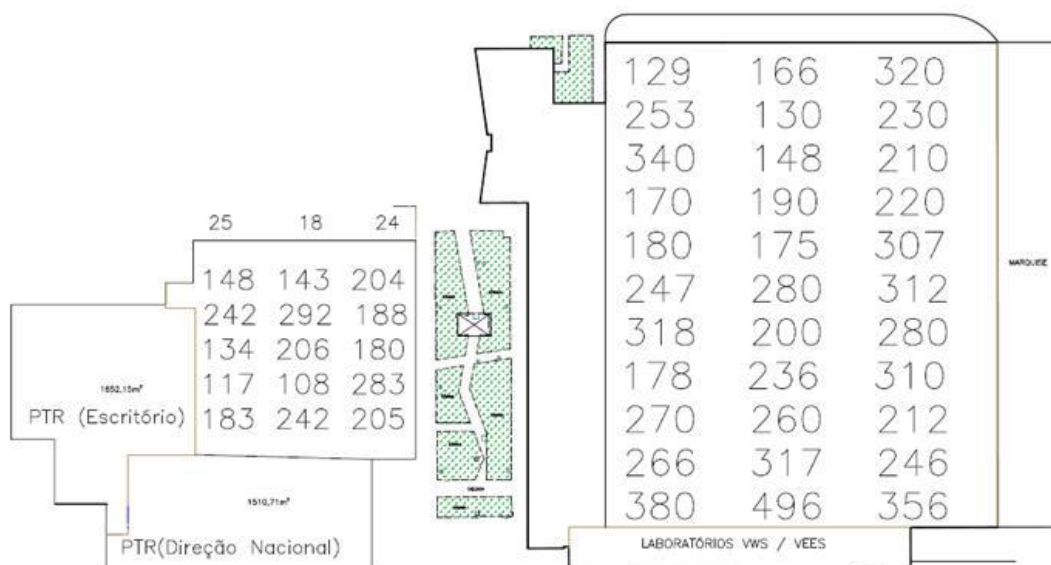


Figura 1: Mapeamento de iluminância atual

Fonte: Proposta do fornecedor, elaborada em out. 2014

O mapeamento da iluminância atual apresenta a medição realizada pelo luxímetro de cada região da área de circulação e estoque, sendo que a medição foi realizada em conformidade com a norma NBR ISO/CIE 8995-1 publicada pela ABNT. A medição revelou que a situação atual não atinge os valores mínimos especificados na norma, que é de 200 lx para área de circulação e estoque.

Em seguida foi utilizado o software Dialux para realizar a simulação virtual a fim de determinar a quantidade de luminárias, distribuição, posicionamento e a potência ideal de

cada luminária Led para atingir os valores especificados conforme a norma interna ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013. Com base nas informações levantadas, foi possível delinear o escopo da solução do projeto, com abrangência para remoção de todas as 641 luminárias com as lâmpadas HO, incluindo os reatores dessas luminárias, substituindo por 330 luminárias Led com posicionamento e potência determinado conforme simulação. O período considerado para a instalação é de vinte (dias) úteis.

As características da luminária Led que substituíram as luminárias convencionais têm a seguinte configuração técnica, conforme a Figura 2:

- Dissipador de calor anodizado (aumenta eficiência na dissipação do calor em 15%);
- Uso de interface de grafite entre PCB e dissipador de calor para aumento da eficiência na troca de calor;
- Driver Programável de Alta Qualidade;
- Chip de alta qualidade, baixo consumo, alto fluxo luminoso;
- Potência 88W; fluxo luminoso de 11300lm 85°C;
- Tensão de entrada 120 ~ 277V, THD < 20%, fator de potência > 0,95;
- Temperatura de cor 5500K, ângulo de fecho 80°, lentes de silicone com 94% de eficiência, fácil fixação (gancho perfilado), produto produzido no Brasil.

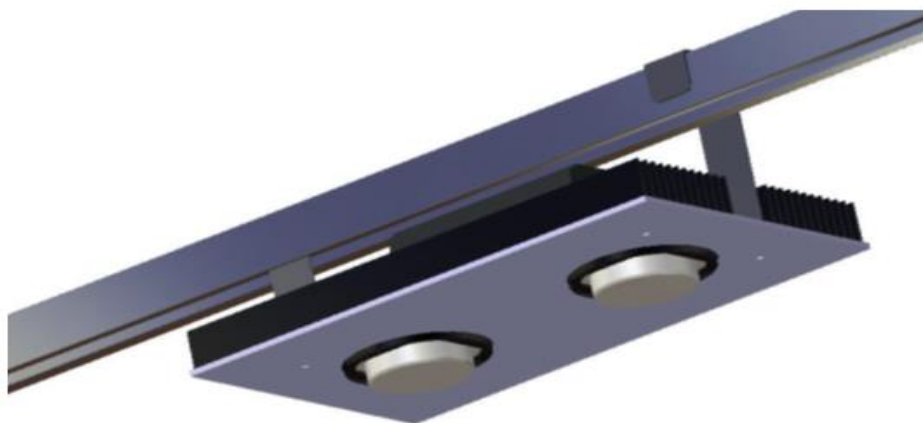


Figura 2: Mapeamento de iluminância atual

Fonte: Proposta do fornecedor, elaborada em out. 2014

Considerando o cenário do cliente em questão, toma-se como base dos cálculos a obtenção dos seguintes dados a respeito das luminárias convencionais existentes:

- Especificação do tipo de luminária existente na empresa;
- Consumo de energia atual da empresa (potência instalada atual de cada luminária convencional);
- Vida útil da luminária existente na empresa;
- Custo do KWh (quilowatt hora);
- Uso diário de cada luminária existente na empresa.

A empresa cliente fez a substituição das luminárias convencionais por luminárias de Led, conforme a Figura 2, na busca por resultados econômicos relacionados ao período do retorno do capital investido e resultados socioambientais com a redução do consumo de energia, demonstrados a seguir.

Análise dos Resultados

A análise de resultados será apresentada em dois momentos. Primeiramente, tem-se os resultados econômicos e socioambientais. Em seguida, apresenta-se a comparação do produto utilizado na empresa em questão com o da patente selecionada.

Resultados econômicos e socioambientais

De modo a proceder com os estudos propostos por essa pesquisa serão avaliados (conforme Figura 3) os resultados econômicos relacionados ao período do retorno do capital investido e os resultados socioambientais relacionados à redução do consumo de energia elétrica para atingir a estratégia de eficiência energética.

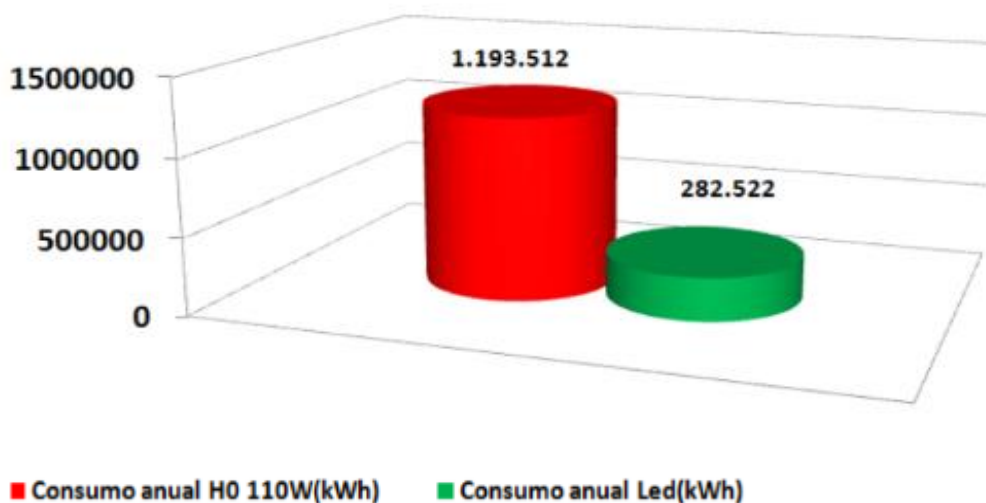


Figura 3: Comparativo do consumo de energia elétrica anual (HO x Led)

Fonte: Proposta do fornecedor, elaborada em out. 2014

A Figura 4, a seguir, apresenta a análise do valor do *saving* anual de R\$ 273.297,02 multiplicando-se o custo do kWh pelo consumo de energia elétrica, sendo que o valor do kWh dessa empresa é de R\$ 0,30.

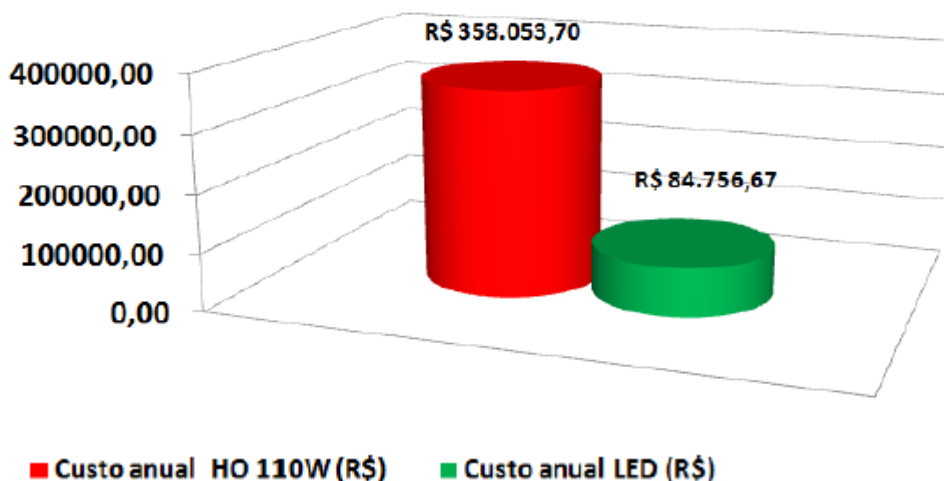


Figura 4: Comparativo do custo anual (HO x Led)

Fonte: Proposta do fornecedor, elaborada em out. 2014

Finalmente, para completar a composição do cálculo do período de retorno do capital, levou-se em consideração o custo anual de manutenção, representado pelo custo de troca de lâmpadas e reatores, conforme a seguir:

- Troca de reatores = 20 peças/mês
- Troca de lâmpadas = 50 peças/mês
- Custo dos reatores = R\$ 80,00
- Custo das lâmpadas = R\$ 15,00
- Total do custo de manutenção anual: R\$ 28.200,00

Considerando o valor do investimento na ordem de R\$270.036,00, o período de retorno do capital estimado em um (01) ano resultou em:

$$\text{PRC} = 270.036,00 / 273.297,02 + 28.200,00 = 0,90 \text{ (ano)}$$

Portanto pode-se constatar por meio da primeira análise que 09 meses após a substituição das luminárias convencionais por luminárias de Led, o investimento inicial será retornado à empresa, devido ao uso racional da energia elétrica, contribuindo assim para a sustentabilidade econômica medida através do indicador PRC.

Comparação com a patente de LED

A segunda análise do resultado retifica a diferença do produto da patente Led Lamp US 0296287 A1 em relação ao produto utilizado neste projeto. No produto da patente, a carcaça, o tipo de Led (SMB), a lente, o refletor e a fixação da luminária no pé direito da fábrica são diferentes, pois no produto desenvolvido no projeto utiliza-se uma nova tecnologia em Led denominada COB, bem como uma lente específica para o Led COB produzida em silicone, que possui uma eficiência muito maior em relação ao produto da patente. Além disso, a fixação no pé direito da fábrica é mais simples do que o da patente, porque utiliza ganchos que se fixam diretamente no perfilado da fábrica, não havendo a necessidade de utilizar parafusos.

Do ponto de vista da inovação de produto, foi observada que luminária Led utilizada para a substituição é significativamente melhorada em relação ao produto encontrado na patente, tanto nas características funcionais como nos usos previstos. Tecnicamente, ambas as luminárias, a da patente e a luminária Led do estudo de caso, possuem uma boa eficiência em relação ao consumo de energia elétrica. Todavia, para a luminária da patente a eficiência luminosa é de até 100 lm/w; aliada a um refletor de plástico metalizado, a eficiência de reflexão atinge no máximo 80%, ou seja, 20% da luz emitida pelo Led são perdidos. Com o objetivo de selar a luminária e evitar a entrada de impurezas no refletor é utilizada uma tampa de vidro. Isto gera uma perda de 15% na luz emitida pelos Leds. Portanto, somando-se as perdas na reflexão mais a passagem da luz pela lente de vidro tem-se uma perda de 35% da luz emitida pelos Leds.

Já para a luminária Led do estudo de caso, utiliza-se um Led de tecnologia COB que gera uma eficiência luminosa de 120 lm/w. Uma lente de silicone com uma superfície óptica desenvolvida especialmente para este tipo de Led, gera uma perda de apenas 6% na reflexão. Como resultado a luminária do estudo apresenta uma eficiência energética em torno de 20% maior, consumindo 15% a menos de energia elétrica.

A questão da inovação sustentável é observada a partir dos resultados apresentados, tendo em vista que inovação e sustentabilidade estão diretamente relacionadas, já que o atual contexto competitivo estabelece que as organizações, ao inovar, necessitam considerar o impacto ao meio ambiente e socioeconômico (Yoon & Tello, 2009).

O posicionamento da iluminação Led está em linha com a política ambiental e social da empresa cliente, que se preocupa em consumir produtos que economizam energia elétrica e causam menor impacto ao meio ambiente, diminuindo a necessidade de construir novas usinas, que têm impacto ambiental e social considerável devido às áreas alagadas e ao deslocamento populacional que provoca, além de ajudar na redução das emissões de CO₂, principal gás causador do efeito estufa, nos casos de geração por meio de termelétricas. Considerando a dimensão econômica, a iluminação Led representa parcela significativa na redução dos custos com energia elétrica no setor em questão e por isso deve ser foco de atenção nas análises relativas à otimização no uso da energia elétrica, influenciando na lucratividade da empresa e aumento das vantagens competitivas nos mercados onde atua.

Conclusão

Este estudo teve o objetivo de averiguar como a iluminação Led pode ser utilizada de forma a reduzir o consumo de energia elétrica em indústrias brasileiras.

Neste estudo, a inovação sustentável foi abordada a partir da dimensão econômica da sustentabilidade representada pelo indicador de período de retorno do capital para demonstrar a viabilidade econômica do projeto em relação ao investimento inicial e sua recuperação no período por meio desse indicador. Esse indicador pode ser considerado um indicador de atratividade de investimento de capital para as organizações, justificando assim o rápido retorno do projeto, inclusive se comparado a um investimento bancário.

Observou-se que a eficiência energética por meio da redução do consumo de energia elétrica utilizando luminárias Led contribui diretamente para a desoneração do custo fixo da empresa, contribuindo para a minimização do impacto no aumento do custo da energia elétrica para 2015, que está previsto para 20%.

Em relação à inovação sustentável, pode-se constatar por meio do detalhamento do caso pesquisado que o projeto de substituição de lâmpadas convencionais por luminárias Led contribui de forma relevante para confirmar a aplicação das três dimensões da sustentabilidade, ou seja, fazendo o uso eficiente da energia elétrica, será possível diminuir o impacto ambiental e social, trazendo benefícios financeiros diretamente ligados à economia saudável da empresa.

No que concerne ao aspecto relacionado à patente, foi observado que a patente Led Lamp US 0296287 A1 mencionada está defasada em relação às luminárias mais atuais. Isto acontece porque a tecnologia em Led vem evoluindo de maneira muito rápida, pois os principais fabricantes mundiais de Led têm investido cada vez mais no desenvolvimento da tecnologia. Em contrapartida, o processo burocrático e demorado para publicação de uma patente faz com que o produto fique defasado em relação ao lançamento no mercado e à sua patente.

Como contribuição prática emergente deste trabalho, observa-se que ainda não existem normas no Brasil que regulamentam o uso de luminárias Led. Com isso, existe um número grande de produtos proveniente da China no mercado brasileiro que, em muitos casos, não geram os resultados de eficiência energética e durabilidade esperada. Portanto, recomenda-se que as empresas avaliem previamente a procedência dos produtos de iluminação Led e exijam dos fabricantes a utilização de componentes de alta qualidade e desempenho.

O debate conceitual da inovação sustentável é recente, considerado como uma prática emergente, mas, conforme foi apresentado, tem oportunidade de crescer acentuadamente, a

despeito da falta de políticas nacionais e internacionais para o desenvolvimento sustentável, especificamente em relação aos produtos de luminárias Led. Com base nos resultados apresentados é possível observar as inter-relações entre o pilar da sustentabilidade econômica e a eficiência energética, abrindo campo para o desenvolvimento prático de conceitos a respeito da redução de consumo de energia elétrica, obtendo como resultado o retorno sobre o investimento, evitando os gastos excessivos com energia elétrica, impactando de forma positiva as gerações futuras, que se beneficiarão dessas ações.

As limitações desse estudo são consequência direta da estratégia de pesquisa utilizada, qual seja, o emprego do estudo de caso; desta forma as conclusões e recomendações apresentadas representam a realidade da empresa em questão, representante do setor automobilístico, o que limita a amplitude, mas não a validade dos resultados. É possível verificar como a organização trabalha suas questões de inovação sustentável e eficiência energética. Como fato positivo destaca-se a possibilidade de realização de outros estudos sobre o mesmo tema em outras organizações do mesmo setor ou de setores diversos.

Referências

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2013). NBR- ISO/CIE 8995-1:2013–
Norma brasileira para iluminação de ambientes de trabalho Parte 1: interior.
- Barbieri, J. C. (2007). *Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos*. 2.
ed. São Paulo: Saraiva.
- Bos-Brouwers, H. (2010). *Sustainable innovation processes within small and medium-size
enterprises*. Amsterdam: Vrije Universiteit.
- Bruntland. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our
common future*.
- Charter, M., & Clark, T. (2007). *Sustainable innovation: key conclusion from sustainable
innovation conferences 2003 – 2006*. University College for the Creative Arts.
Farnham Surrey, UK: The Center for Sustainable Design.
- Cervi, M. (2005). *Rede de iluminação semicondutora para aplicação automotiva*.
Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Santa
Maria, Santa Maria.
- Creswell, J. W. (1998). *Qualitative inquiry and research design: choosing among five
traditions*. London, UK: Sage Publications.
- Eklington, J. (1999). *Triple Bottom Line Revolution: Report from the third millennium*. CPA
Australia.
- Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Disponível em
<http://www.epe.gov.br/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 04 jan. 2015.
- Eisenhardt, K. M. (1989). Building theories from case study research. *Academy of
Management Review*. Mississipi, Mass. v.14, n.4, p.532-550.
- Froehlich, C. (2014). *O desenvolvimento da capacidade de inovação para alavancar a
sustentabilidade empresarial*. Tese. (Doutorado em Administração) Programa de Pós-

Graduação em Administração pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo-RS: Unisinos.

Furtado, J. S. (2005) *Sustentabilidade empresarial*. Guia de práticas econômicas, ambientais e sociais. Salvador: NEAMA/CRA.

Hansen, E. G., Grosse-Dunker, F., & Rechwald, R. (2009). Sustainability innovation cube: A framework to evaluate sustainability-oriented innovations. *International Journal of Innovation Management*, v. 13, n. 4, p. 683-713.

Hautamäki, A. (2010). Sustainable innovation. Helsinki: Prima.

Hordeski, M. (2005). *Dictionary of Energy Efficiency Technologies*. Lilburn, GA, Estados Unidos: The Fairmont Press.

Huang, X. G. (2010). *Led Lamp*. US Pat. 0296287 A1, 25 dez. 6p.

IEA – International Energy Agency. (2007). *Mind the gap: Quantifying principal-agent problems in energy efficiency*. Paris (França): IEA.

OECD. (1997). *The Oslo manual: The measurement of scientific and technical activities*. Paris: OECD; Eurostat.

OECD. (2005). *The Oslo manual: The measurement of scientific and technical activities* (3ª ed. revisada). Paris: OECD; Eurostat.

Raskin, P. (2002). *Great transition: The promise and lure of the times ahead*. Boston, MA, Estados Unidos: Stockholm Environment Institute.

Rycroft, R. W., & Kash, D. E. (2000). Self-organizing innovation networks: implications for globalization. *Technovation*, v. 24, n. 3, p. 187-197.

Sá Junior, E. M. (2007). Design of an electronic driver for LEDs. In: *Anais do 9º Congresso Brasileiro de Eletrônica de Potência*, p. 341-345.

Szekely, F. (2012). *Strategic innovation for sustainability: tomorrow's challenges*. IMD –

International Institute for Management Development.

Valenti, W. C. (2002). Aquicultura sustentável. Congresso de Zootecnia, 12o, Portugal, Vila Real: Associação Portuguesa dos Engenheiros Zootécnicos. *Anais...*, p.111-118.

Valenti, W.C. (2008). A aquicultura brasileira é sustentável? *Aquicultura & Pesca*, v. 34, p. 36-44.

Wheeler, D., & Elkington, J. (2001). The end of the corporate environmental report? or advent of cybernetic sustainability reporting and communication. *Business Strategy and the Environment*, v. 10, p. 1-14.

Yin R. (2001). *Estudo de caso: planejamento e métodos* (2a ed.). Porto Alegre: Bookman.

Yoon, E., & Tello, S. (2009). Drivers of sustainable innovation: exploratory views and corporate strategies. *Seoul Journal of Business*, v. 15, n. 2, p. 85-155.