



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO

ESCOLA DE MINAS

**COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA DE
CONTROLE E AUTOMAÇÃO - CECAU**



WANDER JOSÉ REIS

**ESTUDO DA ILUMINAÇÃO DE UM SUPERMERCADO DE MARIANA COM
FOCO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

**MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E
AUTOMAÇÃO**

Ouro Preto, julho de 2015

WANDER JOSÉ REIS

**ESTUDO DA ILUMINAÇÃO DE UM SUPERMERCADO DE MARIANA COM
FOCO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro de Controle e Automação.

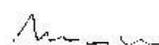
Orientador: Prof. Dr. Luiz Fernando Rispoli
Alves

Ouro Preto
Escola de Minas – UFOP
Julho/2015

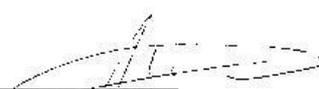
Monografia defendida e aprovada, em 01 de julho de 2015, pela comissão avaliadora constituída pelos professores:



Prof. Dr. Luiz Fernando Rispoli Alves - Orientador



Prof. Dr. Paulo Marcos de Barros Monteiro – Professor Convidado



Prof. Dr. Sávio Augusto Lopes da Silva – Professor Convidado

AGRADECIMENTOS

A Deus por tudo que me tem proporcionado.

À minha família pelo carinho, paciência e constante incentivo.

Aos meus pais pelos ensinamentos, carinho e exemplos que deixou.

Ao Prof. Dr. Luiz Fernando Rispoli Alves e ao Departamento de Engenharia de Controle e Automação – DECAT, pela oportunidade e apoio à realização desse trabalho.

RESUMO

A área de venda de supermercado tem apresentado melhorias em design para atrair clientes, porém, a iluminação dentro dos conceitos de eficiência energética, ainda é pouco desenvolvida. O aumento constante dos custos de energia e a crescente preocupação com a condição climática colocam a economia de energia como prioridade máxima. Pesquisas demonstram que é possível reduzir custo com energia elétrica com ações de eficiência energética em sistemas de iluminação. Percebe-se que a maioria dos projetos de iluminação não contempla conceitos de eficiência energética aplicados às edificações comerciais. A melhoria de iluminamento em ambientes comerciais contribui com o conforto e segurança dos clientes, qualidade de vida no trabalho para os funcionários, atendimento a legislação e conseqüentemente no aumento das vendas e de rentabilidade do negócio. Nesse sentido, um estudo de iluminação de um supermercado foi elaborado com intuito de comparar o iluminamento medido no local com os valores recomendados pela norma NBR-ISO/CIE 8995-1:2013 e, assim, propor ações para a aplicação de dispositivos de automação visando minimizar o consumo de energia elétrica. No processo de avaliação do sistema de iluminação deste supermercado foram levantadas as informações de projeto e medições em campo dos níveis internos de iluminâncias. Os resultados obtidos neste estudo demonstram que dependendo do cenário econômico da empresa, com um baixo investimento em automação e aproveitamento da iluminação natural, esta empresa pode obter um ambiente com iluminação adequada conforme as normas de iluminamento e também ter ganhos em eficiência energética.

Palavras-chave: Iluminação, Supermercado, Eficiência Energética, Automação

ABSTRACT

The supermarket sales area has shown improvements in design to attract customers, however, the lighting within the energy efficiency concepts, it is still undeveloped. The constant rise in energy costs and the growing concern about climate condition put energy saving as a top priority. Research shows that you can reduce cost electricity with energy efficiency measures in lighting systems. It is noticed that most lighting projects does not include energy efficiency concepts applied to commercial buildings. The improvement of luminance in a commercial environment contributes to the comfort and safety of customers, quality of work life for employees, care legislation and consequently in increased sales and profitability of the business. In this way, a lighting study of a supermarket was prepared with the purpose of comparing the luminance measured on site with the values recommended by the NBR-ISO / CIE 8995-1: 2013 and thus propose actions for the implementation of automation devices to minimize the consumption of electricity. In the evaluation process of this supermarket lighting system were raised project information and measurements of internal levels of illuminance in the field. The results of this study demonstrate that depending on the company's economic scene, with low investment in automation and using natural lighting, this company can obtain an ambience with adequate lighting for the project according to the norms of illuminance and also make gains in energy efficiency.

Keywords: Lighting, Supermarket, Energy Efficiency, Automation

LISTA DE FIGURAS, GRAFICOS E TABELAS

Gráfico 1: Oferta de Energia Elétrica no Brasil em 2013 (fonte BEN- 2014).....	15
Figura 1: O conceito de conforto: resposta fisiológica a estímulos ambientais (OSRAM, 2007).....	17
Figura 2 : Classificação das luminárias segundo a radiação do fluxo luminoso (OSRAM,2007).	19
Figura 3: Curva de distribuição de intensidades luminosas para uma lâmpada fluorescente.....	22
Figura 4 – Reator HF- Regulator (Fonte: Philips).....	27
Figura 5 – Fachada da filial Mariana – COOPEROURO.	30
Figura 6 – Área internada da filial Mariana – COOPEROURO.	31
Figura 7 – Planta baixa da iluminação pav. loja da filial Mariana – COOPEROURO.....	31
Figura 8 – QD Comando da iluminação pav. loja da filial Mariana – COOPEROURO.....	32
Figura 9: Luxímetro.	33
Figura 10 – Iluminamento da loja, em lux.....	34
Figura 11 – Iluminamento da loja, em lux.....	34
Figura 12 – Iluminância de interiores (Fonte: NBR-ISSO/CIE 8995-1:2013).....	35
Figura 13– Iluminamento da loja por filas de luminárias.....	36
Figura 14– Iluminamento da loja por filas de luminárias.....	36
Figura 15 – Iluminamento da loja período diurno com lâmpadas apagadas.....	37
Tabela 1: Composição Setorial do Consumo de Eletricidade no Brasil em 2013 (fonte BEN-2014).....	16
Tabela 2: Consumo de energia no setor comercial no Brasil em 2013 (fonte BEN-2014).....	16
Tabela 3 – Levantamento de Luminárias da filial Mariana – COOPEROURO.....	32
Tabela 4 – Índice Local (Fonte: Alves 2001, p126).....	38
Tabela 5 – Coeficiente de Utilização (Fonte: Alves 2001, p127).....	39
Tabela 6 - Comparação entre as alternativas.....	42
Tabela 7 – Consumo e demanda da iluminação atual.	42
Tabela 8 – Comparação entre instalação original e as alternativas.....	43
Tabela 10 – Comparação entre instalação original e as alternativas C.....	43

LISTA DE ABREVIACOES E SIGLAS

BEN – Balanço Energético Nacional

EE - Eficiência Energética

PNEf -Plano Nacional de Eficiência Energética.

PROCEL - Programa Nacional de Conservao de Energia de Elétrica.

PEE - Programa de Eficiência Energética das Concessionárias de Energia Elétrica.

ProPEE – Procedimentos do Programa de Eficiência Energética.

PROESCO - Programa de Apoio a Projetos de Eficiência Energética

SUMÁRIO

1.	
INTRODUÇÃO.....	10
1.1. ORIGEM DO TRABALHO.....	11
1.2.IMPORTÂNCIA DO TRABALHO.....	11
1.3.OBJETIVOS.....	11
i. Geral.....	11
ii. Específicos	12
2. REVISÃO TEÓRICA	13
2.1. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	13
2.1.1. Breve histórico da EE	13
2.2. ILUMINAÇÃO: CONCEITOS TÉCNICOS.....	17
2.2.1. Conforto luminoso.....	17
2.2.2. Os objetivos da iluminação.....	18
2.2.3. Os sistemas de iluminação.....	18
2.2.4. A radiação solar e a luz.....	19
2.2.5. Luz e Cores	20
2.2.6. Potência Total Instalada (ou Fluxo Energético)	20
2.2.7. Densidade de Potência.....	20
2.2.8. Densidade de Potência Relativa	20
2.2.9. Fluxo Luminoso.....	20
2.2.10. Eficiência energética de lâmpadas.....	20
2.2.11. Eficiência do Recinto.....	21
2.2.12. Fator de Utilização.....	21
2.2.13. Fator de Depreciação	21
2.2.14. Nível de Iluminância	21
2.2.15. Intensidade Luminosa.....	22
2.2.16. Curva de distribuição luminosa	22

2.2.17. Luminância	22
2.2.18. Limitação de Ofuscamento	22
2.2.19. Índice de Reprodução de Cores	23
2.2.20. Temperatura de Cor	23
2.2.21. Fator de fluxo luminoso.....	23
2.2.22. Vida útil, vida média e vida mediana	24
2.2.23. Avaliação de Custos	24
2.3. DISPOSITIVOS PARA AUTOMAÇÃO EM ILUMINAÇÃO.....	25
2.3.1. CONTROLES DE ILUMINAÇÃO EM REDE.....	27
3. METODOLOGIA – ESTUDO DE CASO.....	30
3.1.A COOPEROURO.....	30
3.2. LUMINAÇÃO EXISTENTE.....	30
3.3. LEVANTAMENTO DE DADOS DE INSTALAÇÃO.....	32
3.4. EXECUÇÃO DAS MEDIÇÕES DO ILUMINAMENTO DA LOJA.....	33
4. ANÁLISE DOS DADOS	34
4.1. ALTERNATIVAS AVALIADAS.....	37
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
5.1.RECOMENDAÇÕES	45
6. REFERÊNCIAS	46

1. INTRODUÇÃO

Segundo NEUBUSER M.E. et al, com a crescente concorrência e uma tendência de padronização da maioria dos produtos e serviços oferecidos pelos supermercados, a satisfação do consumidor é um dos principais instrumentos de diferenciação entre uma empresa e sua concorrência. Como a satisfação do consumidor é uma das principais fontes para a conquista do lucro, esta variável vem despertando o interesse dos supermercados e vem adquirindo caráter de essencialidade na geração de conhecimentos que os supermercadistas possam vir a utilizar para criar e manter vantagem competitiva.

Percebe-se também que a área de venda de supermercado tem apresentado melhorias em *design* para atrair clientes, porém, parece que ainda é pouco desenvolvida em relação a iluminação dentro dos conceitos de eficiência energética.

A grande maioria dos supermercados utilizam geradores no horário de ponta, de segunda à sexta feira 17 às 20h, a fim de minimizar o custo de energia elétrica. No horário de ponta o custo de energia elétrica é aproximadamente cinco vezes maior em relação à tarifa fora do horário de ponta. Uma parte bem representativa da energia dos geradores no horário de ponta é utilizada na iluminação da loja (área de venda)

A energia elétrica é um recurso caro e obtido, muitas vezes, de forma não renovável. Seu uso excessivo e pouco eficiente tem preocupado muitas pessoas conscientes do problema que isso poderá acarretar. Por esse motivo, o termo “desenvolvimento sustentável” vem sendo muito utilizado. Trata-se de uma tentativa de harmonizar o desenvolvimento econômico com a conservação ambiental, de forma que as necessidades da geração atual sejam supridas, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações PINTO (apud BRANCO, 2010).

A análise de dados sobre consumo e custo de energia elétrica nos estabelecimentos comerciais pode identificar oportunidades de redução de custos e aumento das margens de lucro. Para alguns casos, existe o Programa de Apoio a Projetos de Eficiência Energética – PROESCO, cujos projetos após ser caracterizado como economia de energia em uma instalação pode-se obter financiamentos para sua implantação.

Por outro lado, o aumento constante dos custos de energia e a crescente preocupação com a condição climática colocam a máxima prioridade na economia de energia.

Portanto, independente do investimento, a conscientização da comunidade, de modo geral, sobre a utilização eficaz da energia, principalmente da elétrica, poderá contribuir com o meio ambiente e com o futuro das novas gerações.

1.1. ORIGEM DO TRABALHO

O interesse pelo estudo de iluminação surgiu da intersecção das atividades acadêmicas desenvolvidas na disciplina CAT335, Instalações Elétricas, do curso de Engenharia de Controle e Automação da UFOP e a experiência profissional, adquirida na área de manutenção industrial e área financeira de supermercados.

Em decorrência do exercício do cargo na área financeira de supermercados, percebe-se que ao avaliar o desempenho de vendas dos quatro supermercados que compõe a empresa, existe uma filial que o índice crescimento de vendas está aquém em relação aos demais.

Daí, na avaliação e comparação das condições físicas das instalações de todos os quatro supermercados, observou-se que a qualidade na exposição dos produtos na área de vendas desta filial em questão pode ter sido comprometida, pois há locais em que a iluminação parece não ser adequada às normas de iluminamento.

Por outro lado, na avaliação financeira sobre o consumo de energia elétrica, a filial Mariana apresentou um custo superior as outras filiais com a mesma potência instalada e isto pode ter relação direta com a eficiência energética da iluminação que é o foco deste estudo.

1.2. IMPORTÂNCIA DO TRABALHO

O presente trabalho possui uma vinculação com a busca do aumento de vendas em áreas comerciais, onde os ambientes com iluminação adequada podem trazer satisfação do cliente. A satisfação do cliente é uma das principais fontes para a conquista do mercado consumidor.

Por outro lado, conforme vem sendo divulgado pela mídia, atualmente o contexto energético brasileiro vem apresentando inúmeras carências. A energia elétrica, por sua vez, é um dos insumos indispensável a todos os setores da sociedade. Esta sociedade tem sido penalizada com a alta de preços e reduzir o consumo de energia elétrica tornou-se um grande desafio. Para algumas empresas otimizar o uso de energia elétrica pode ser traduzido como uma questão de sobrevivência.

1.3. OBJETIVOS

- i. Geral

Elaborar estudo de iluminação de supermercado da filial Mariana da COOPEROURO, observar se iluminamento está conforme a norma NBR-ISO/CIE 8995-1:2013 e propor ações de melhoria com a aplicação de dispositivos de automação para minimizar o consumo de energia elétrica.

ii. Específicos

Para realizar o trabalho de pesquisa buscar-se-á investigar a realidade do supermercado Cooperouro, filial Mariana, com base nos seguintes objetivos específicos:

- a) Descrever a iluminação da loja da filial Mariana onde será executado o estudo;
- b) Fazer um levantamento sobre as condições da iluminação desta filial, projetos e instalações;
- c) Executar medições no iluminamento da loja;
- d) Analisar os dados levantados “in loco”;
- e) Rever o dimensionamento de forma a atender a norma NBR-ISO/CIE 8995-1:2013;
- f) Identificar e propor oportunidades de melhorias.

2. REVISÃO TEÓRICA

2.1. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Dentro do universo da eficiência energética estão todas as atividades que visam aumentar a economia de energia em uma instalação, sistema ou equipamento (Procel-info).

Segundo o Plano Nacional de Eficiência Energética, a eficiência energética refere-se a ações de diversas naturezas que culminam na redução da energia necessária para atender as demandas da sociedade por serviços de energia sob a forma de luz, calor/frio, acionamento, transportes e uso em processos. Objetiva, em síntese, atender às necessidades da economia com menor uso de energia primária e, portanto, menor impacto da natureza.

Por outro lado, o PNEf prevê que as ações de EE compreendem modificações ou aperfeiçoamentos tecnológicos ao longo da cadeia, mas podem também resultar de uma melhor organização, conservação e gestão energética por parte das entidades que a compõem.

Para promover o progresso induzido, o PNEf deve identificar os instrumentos de ação e de captação dos recursos, de promoção do aperfeiçoamento do marco legal e regulatório afeto ao assunto, de forma a possibilitar um mercado sustentável de EE e mobilizar a sociedade brasileira no combate ao desperdício de energia, preservando recursos naturais.

2.1.1. Breve histórico da EE:

A preocupação mais acentuada com Eficiência Energética(EE) surgiu com os choques do petróleo de 1973-74 e 1979-81 que trouxeram a percepção de escassez deste recurso energético e forçaram a alta dos preços dos energéticos, abrindo espaço para uma série de ações voltadas à conservação e maior eficiência no uso dos seus derivados. Nesta mesma época, começou uma corrida para a diversificação da matriz energética visando uma maior segurança no atendimento à demanda de energia, onde é exemplo de sucesso no Brasil o Proálcool.

Apenas em 1985 foi criado o PROCEL e sua atuação inicial caracterizou-se pela publicação e conservação de energia elétrica entre vários setores sociais. Algumas iniciativas, em termos de estímulo ao desenvolvimento tecnológico e à adequação de legislação e normas técnicas, também ocorreram nessa época. Somente a partir de 1990, o PROCEL iniciou

projetos de demonstração e cursos técnicos para formar profissionais com competência específica na área.

Ao se comparar a realidade atual com o cenário de 25 anos atrás, quando o PROCEL foi instituído, não é difícil reconhecer como a situação evoluiu e que diversas barreiras foram removidas. Com efeito, hoje são ofertadas no mercado inúmeras tecnologias eficientes, a preços bastante atrativos. Para isso, foi fundamental o papel desempenhado pelo programa de etiquetagem e pelos prêmios, que ajudaram a divulgar os equipamentos eficientes. Por outro lado, o controle da inflação e os reajustes das tarifas de energia e combustíveis tornaram atrativas as opções de modernização tecnológica. A rede de laboratórios, hoje fortalecida e mais capacitada, provê os serviços necessários à garantia da qualidade dos produtos e à segurança dos consumidores, reconhecidas por meio de etiquetas e selos credibilizados pelas marcas do Inmetro e PROCEL.

No âmbito do PEE - Programa de Eficiência Energética das Concessionárias de Energia Elétrica verificou-se, nos primeiros ciclos, a predominância dos investimentos na redução de perdas técnicas nas redes de distribuição, em lâmpadas eficientes em redes de iluminação pública e na realização de diagnósticos energéticos em instalações industriais, comerciais e de serviços. Nos ciclos mais recentes, observou-se o forte crescimento de ações de otimização da gestão energética, frequentemente envolvendo parcerias com PROESCO, programa destinado a financiar projetos de eficiência energética, em indústrias e estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços.

Dentre as diversas linhas de crédito destaca-se o Programa de Apoio a Projetos de Eficiência Energética - PROESCO. Este programa é voltado especificamente para apoiar projetos de Eficiência Energética onde o público alvo são as Empresas de Serviços de Conservação de Energia - ESCOS (Energy Service Company), usuários finais de energia e empresas de geração, transmissão e distribuição de energia.

Os tipos de projetos apoiados pelo Proesco são aqueles cujas intervenções contribuam comprovadamente para a economia de energia, aumentem a eficiência global do sistema energético, ou promovam a substituição de combustíveis de origem fóssil por fontes renováveis. Dentre os focos de ação possíveis, destacam-se:

- Iluminação, motorização e bombeamento;
- Automação e controle;

No quesito itens financiáveis pelo PROESCO, também se enquadram:

- Estudos e Projetos;

- Obras e Instalações;

O solicitante de financiamento deverá apresentar um projeto que permita identificar, analisar e acompanhar detalhadamente o conjunto de ações e metas, através do qual pretenda contribuir para a conservação de energia. Além do mais, os investimentos já realizados até o sexto mês anterior à data da apresentação do pedido de financiamento poderão ser considerados para efeito de contrapartida ao projeto. As operações do PROESCO podem ser realizadas tanto por apoio direto do BNDES, como por intermédio de instituições financeiras credenciadas mediante repasse ou mandato específico, independente do valor do pedido do financiamento.

Por outro lado, quando se pretende financiar a implantação de projetos é importante analisar a disponibilidade de energia para a avaliação de custo benefício. Para isso, observa-se no Gráfico 1 a Oferta de Energia Elétrica no Brasil em 2013.

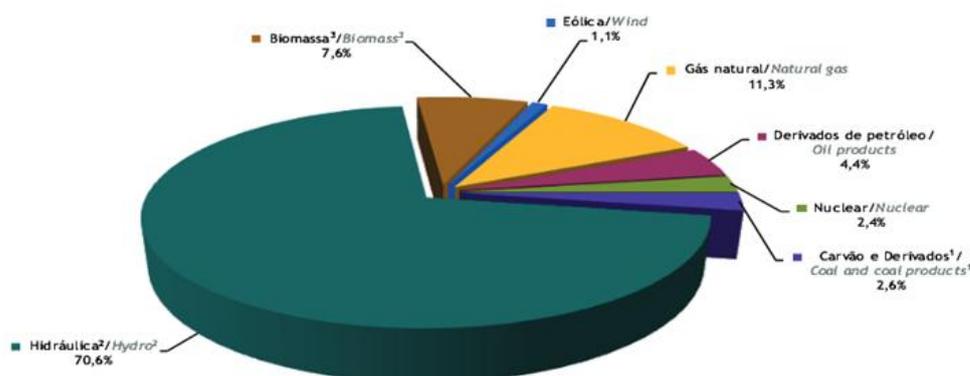


Gráfico 1: Oferta de Energia Elétrica no Brasil em 2013 (fonte BEN- 2014)

Segundo o BEN – Balanço Energético Nacional, O Brasil dispõe de uma matriz elétrica de origem predominantemente renovável, com destaque na hidráulica que responde por 70,6% da oferta interna.

Este fato pode auxiliar para justificar o investimento em projeto de eficiência energética já que, atualmente, a disponibilidade da maior fonte de oferta de energia elétrica está comprometida com os baixos níveis dos reservatórios das barragens das usinas hidrelétricas.

Além disso, ao considerar o foco do estudo que abrange o setor comercial, verifica-se conforme Tabela 1 que este setor é o segundo maior em consumo de eletricidade no Brasil.

SETORES	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	SECTORS
CONSUMO FINAL (10 ³ t ep)	30.955	32.267	33.536	35.443	36.829	36.638	39.964	41.363	42.861	44.404	FINAL CONSUMPTION (10 ³ t ec)
SETOR ENERGÉTICO	3,7	3,6	3,7	4,2	4,3	4,3	5,8	5,0	5,3	5,7	ENERGY SECTOR
RESIDENCIAL	21,8	22,2	22,0	22,1	22,3	23,6	23,1	23,3	23,6	24,2	RESIDENTIAL
COMERCIAL	13,9	14,3	14,2	14,2	14,6	15,5	15,0	15,4	16,0	16,3	COMMERCIAL
PÚBLICO	8,4	8,7	8,5	8,2	8,1	8,3	8,0	7,9	8,0	8,0	PUBLIC
AGROPECUÁRIO	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,2	4,1	4,5	4,7	4,7	AGRICULTURE AND LIVESTOCK
TRANSPORTES	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	TRANSPORTATION
INDUSTRIAL	47,8	46,7	47,0	46,7	46,1	43,8	43,8	43,5	42,1	40,7	INDUSTRIAL
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	TOTAL

Tabela 1: Composição Setorial do Consumo de Eletricidade no Brasil em 2013 (fonte BEN-2014)

Conforme Tabela 1, o setor industrial é o maior consumidor de energia do país, respondendo por 40,7% de todo o consumo final no ano de 2013 (BEN 2014, ano base 2013), seguido pelo setor residencial com 24,2% e comercial com 16,3%.

Por outro lado, conforme apresentado na Tabela 2, no setor comercial, 90% da energia é consumida da fonte eletricidade.

FONTES	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	SOURCES
GÁS NATURAL	4,2	4,3	4,7	4,6	2,8	3,0	3,0	2,6	2,5	2,2	NATURAL GAS
LENHA	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	FIREWOOD
ÓLEO COMBUSTÍVEL	2,7	2,1	2,0	2,0	2,0	1,9	0,4	0,3	0,3	0,2	FUEL OIL
GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO	5,5	5,7	5,5	5,1	5,0	2,1	4,4	4,9	5,7	5,2	LIQUEFIED PETROLEUM GAS
ELETRICIDADE	83,0	84,4	84,3	84,8	86,8	89,6	89,1	89,4	89,0	90,0	ELECTRICITY
OUTRAS	3,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,1	1,8	1,4	1,3	1,2	OTHERS
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	TOTAL

Tabela 2: Consumo de energia no setor comercial no Brasil em 2013 (fonte BEN-2014)

Além disso, segundo PANESI (apud BRANCO, 2010) afirma que os supermercados operam com margem de lucro pequena, por isso os custos de energia representam um papel importante em sua competitividade e eficácia.

Assim, verifica-se que existem recursos financeiros disponíveis do PROESCO para os projetos de eficiência energética e com isso, acredita-se que algumas empresas podem implantar seus projetos com prioridade na redução de desperdício e conseqüentemente obter o aumento da margem de lucro.

Dessa forma, em entrevista ao Procel Info 2013, Máximo Pompermayer Superintendente de Pesquisa e Desenvolvimento e Eficiência Energética da ANEEL destaca

que as mudanças previstas na ProPEE – Procedimentos do Programa de Eficiência Energética, devem ser assimiladas como aprimoramentos importantes na regulamentação do Programa, trazendo inovações para dar mais efetividade aos investimentos e projetos realizados. Dentro deste contexto ele avalia que o objetivo principal do ProPEE é a criação de uma consciência coletiva de combate permanente e sistemático ao desperdício e à ineficiência no uso da energia e demais recursos a ela vinculados que geram a mudança de hábitos e a criação de padrões de consumo eficiente e racional de energia. Isso aciona a transformação do mercado por meio da inserção de tecnologias e práticas mais eficientes.

“Ao contrário do que muitos pensam a finalidade maior desses projetos não é a simples e imediata redução do consumo de energia. É a mudança de hábitos e a criação de padrões de consumo eficiente e racional de energia; a transformação do mercado por meio da inserção de tecnologias e práticas mais eficientes” finaliza Máximo Pompermayer.

2.2. ILUMINAÇÃO: CONCEITOS TÉCNICOS

Neste tópico ocorre a fundamentação teórica/técnica sobre iluminação, que de certa maneira, deverão ser observados para permitir melhores condições de conforto aos clientes, neste caso de um supermercado, além de possibilitar aumentar as vendas e retorno financeiro.

Os conceitos apresentados a seguir são referenciados com base no manual luminotécnico (OSRAM, 2007).

2.2.1. Conforto luminoso

O conforto luminoso refere-se à resposta fisiológica do usuário. Um determinado ambiente provido de luz natural e/ou artificial produz estímulos ambientais, ou seja, um certo resultado em termos de quantidade, qualidade da luz e sua distribuição, contrastes, etc.

Conforme demonstrado na Figura 1, quanto menor for o esforço de adaptação do indivíduo, maior será sua sensação de conforto.

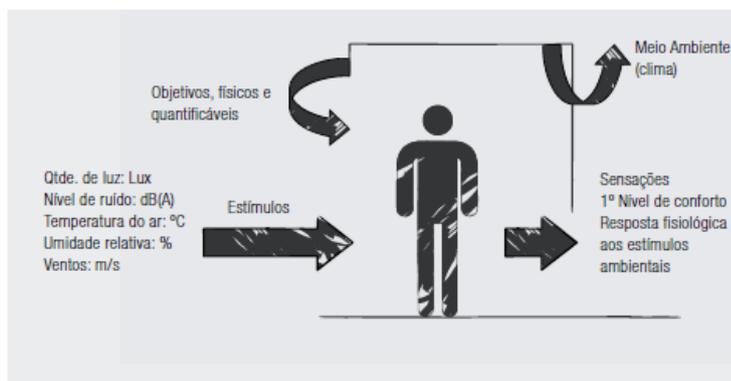


Figura 1: O conceito de conforto: resposta fisiológica a estímulos ambientais (OSRAM, 2007)

Mas o que seria este “esforço de adaptação”? Do ponto de vista fisiológico, para desenvolvermos determinadas atividades visuais, nosso olho necessita de condições específicas e que dependem muito das atividades que o usuário realiza.

2.2.2. Os objetivos da iluminação

Para a Iluminação, tanto natural quanto artificial, a função é o primeiro e mais importante parâmetro para a definição de um projeto. Ela irá determinar o tipo de luz que o ambiente precisa. O primeiro objetivo da iluminação é a obtenção de boas condições de visão associadas à visibilidade, segurança e orientação dentro de um determinado ambiente. Este objetivo está intimamente associado às atividades laborativas e produtivas – escritório, escolas, bibliotecas, bancos, indústrias etc. É a luz da razão. O segundo objetivo da iluminação é a utilização da 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 intimamente associado às atividades não laborativas, não produtivas, de lazer, estar e religiosas – residências, restaurantes, supermercados, museus e galerias, igrejas etc. É a luz da emoção (OSRAM, 2007).

2.2.3. Os sistemas de iluminação

O primeiro passo de um projeto luminotécnico é definir-se o(s) sistema(s) de iluminação, respondendo basicamente a três perguntas: Como a luz deverá ser distribuída pelo ambiente? Como a luminária irá distribuir a luz? Qual é a ambientação que queremos dar, com a luz, a este espaço? (OSRAM, 2007).

Quanto à primeira pergunta, para o caso de supermercado, a distribuição das luminárias pelo teto é aproximadamente regular, iluminação horizontal de certo nível médio. Vantagens: uma maior flexibilidade na disposição interna do ambiente - layout. Desvantagens: não atende às necessidades específicas de locais que requerem níveis de iluminância mais elevados, grande consumo de energia, e em algumas situações muito específicas, podem desfavorecer o controle do ofuscamento pela visão direta da fonte (OSRAM, 2007).

Por outro lado, a pergunta sobre como a luminária irá distribuir a luz, classificam-se os sistemas de iluminação de acordo com a forma pela qual o fluxo luminoso é irradiado pela luminária, ou, mais precisamente, de acordo com a quantidade do fluxo luminoso irradiado para cima e para baixo do plano horizontal e da luminária (e/ou lâmpada). Essa segunda classificação obedece ao esquema da figura 2 a seguir:

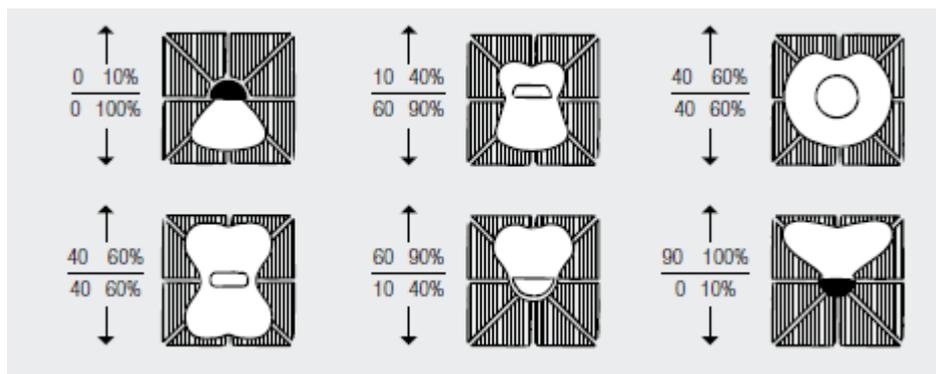


Figura 2 : Classificação das luminárias segundo a radiação do fluxo luminoso (OSRAM,2007).

Para a pergunta de qual é a ambientação que queremos dar, com a luz, a este espaço, pode-se mencionar alguns conceitos importantes:

- a) Luz de destaque: Coloca-se ênfase em determinados aspectos do interior arquitetônico, como um objeto ou uma superfície, chamando a atenção do olhar. Geralmente, esse efeito é obtido com o uso de spots, criando-se uma diferença 3, 5 ou até 10 vezes maior em relação à luz geral ambiente. Este efeito pode ser obtido também posicionando a luz muito próxima à superfície a ser iluminada. Exemplo: paredes, gôndolas, etc.
- b) Luz de efeito: Enquanto na luz de destaque procuramos destacar algo, aqui o objeto de interesse é a própria luz: jogos de fachos de luz nas paredes, contrastes de luz e sombra etc.
- a) Modulação de intensidade (dimerização): É a possibilidade de aumentar ou diminuir a intensidade das várias luminárias, modificando com isso a percepção ambiental.

2.2.4. A radiação solar e a luz

Uma fonte de radiação emite ondas eletromagnéticas com diferentes comprimentos de onda. A radiação solar tem três espectros principais desta radiação: o infravermelho - responsável pela sensação de calor - o espectro visível, ou luz, e o ultravioleta - responsável pelo efeito higiênico da radiação (pois mata bactérias e fungos), pela despigmentação de alguns tipos de tecidos, pelo bronzeamento da pele etc. (OSRAM, 2007).

Luz é, portanto, a radiação eletromagnética capaz de produzir uma sensação visual e está compreendida entre 380 e 780 nm. A sensibilidade visual para a luz varia não só de acordo com o comprimento de onda da radiação, mas também com a luminosidade. A curva de sensibilidade do olho humano demonstra que radiações de menor comprimento de onda (violeta e azul) geram maior intensidade de sensação luminosa quando há pouca luz (ex: crepúsculo, noite etc.), enquanto as radiações de maior comprimento de onda (laranja e

vermelho) se comportam ao contrário. O olho humano possui diferentes sensibilidades para a luz. Durante o dia nossa maior percepção se dá para o comprimento de onda de 550 nm, correspondente às cores amarelo esverdeadas. E de noite, para o de 510 nm, correspondente às cores verdes azulados (OSRAM, 2007).

2.2.5. Luz e Cores

Há uma tendência em pensarmos que os objetos já possuem cores definidas. Na verdade, a aparência de um objeto é resultado da iluminação incidente sobre ele. Por exemplo, sob uma luz branca, a maçã aparenta ser de cor vermelha, pois ela tende a refletir a porção do vermelho do espectro de radiação, absorvendo a luz nos outros comprimentos de onda (OSRAM, 2007).

2.2.6. Potência Total Instalada (ou Fluxo Energético)

É a somatória da potência de todos os aparelhos instalados na iluminação. Trata-se aqui da potência da lâmpada (em W), multiplicada pela quantidade de unidades utilizadas (n), somado à potência consumida de todos os reatores, transformadores e/ou ignitores (OSRAM, 2007).

2.2.7. Densidade de Potência

É a potência total instalada em watt para cada metro quadrado de área.

2.2.8. Densidade de Potência Relativa

É a densidade de potência total instalada para cada 100 lx de iluminância.

2.2.9. Fluxo Luminoso

Fluxo Luminoso é a radiação total da fonte luminosa entre os limites de comprimento de onda mencionados (380 e 780nm). O fluxo luminoso é a quantidade de luz emitida por uma fonte, medida em lumens, na tensão nominal de funcionamento (OSRAM, 2007).

2.2.10. Eficiência energética de lâmpadas

As lâmpadas se diferenciam entre si não só pelos diferentes Fluxos Luminosos que irradiam, mas também pelas diferentes potências que consomem. Para poder compará-las, é necessário saber quantos lúmens são gerados por watt consumido. A essa grandeza dá-se o nome de Eficiência Energética (ou “Rendimento Luminoso”). Como geralmente a lâmpada é instalada dentro de luminárias, o fluxo luminoso final disponível é menor do que o irradiado pela lâmpada, devido à absorção, reflexão e transmissão da luz pelos materiais com que são construídas as luminárias. O fluxo luminoso emitido pela luminária é avaliado através da eficiência da luminária (OSRAM, 2007).

2.2.11. Eficiência do Recinto

O valor da eficiência do recinto é dado por tabelas, contidas nos catálogos dos fabricantes de luminárias, onde se relacionam os valores dos coeficientes de reflexão do teto, paredes e piso, com a curva de distribuição luminosa da luminária utilizada e o índice do recinto. Uma vez calculado o índice do recinto (k), procura-se identificar os valores da refletância do teto, paredes e piso. Na interseção da coluna de refletâncias e linha de índice do recinto, encontra-se o valor da eficiência do recinto (η_R), via fator de utilização (F_u) (OSRAM, 2007).

2.2.12. Fator de Utilização

O fluxo luminoso final (útil) que irá incidir sobre o plano de trabalho é avaliado pelo fator de utilização. Ele indica, portanto, a eficiência luminosa do conjunto lâmpada, luminária e recinto. O produto da eficiência do recinto (η_R) pela eficiência da luminária (η_L) nos dá o fator de utilização (F_u) (OSRAM, 2007).

2.2.13. Fator de Depreciação

Todo o sistema de iluminação tem, após sua instalação, uma depreciação no nível de iluminância ao longo do tempo. Esta é decorrente da depreciação do fluxo luminoso da lâmpada e do acúmulo de poeira sobre lâmpadas e luminárias. Para compensar parte desta depreciação, estabelece-se um fator de depreciação que é utilizado no cálculo do número de luminárias. Este fator evita que o nível de iluminância atinja valores abaixo do mínimo recomendado. Para efeitos práticos pode-se utilizar uma tabela (OSRAM, 2007).

2.2.14. Nível de Iluminância - Lux (lm/m^2)

A luz que uma lâmpada irradia, relacionada à superfície à qual incide, define uma nova grandeza luminotécnica denominada de iluminamento, nível de iluminação ou iluminância. Expressa em lux (lx), indica o fluxo luminoso de uma fonte de luz que incide sobre uma superfície situada a uma certa distância dessa fonte. É também a relação entre intensidade luminosa e o quadrado da distância (I/h^2). Na prática, é a quantidade de luz dentro de um ambiente, e pode ser medida com o auxílio de um luxímetro. Como o fluxo luminoso não é distribuído uniformemente, a iluminância não será a mesma em todos os pontos da área em questão. Considera-se, por isso, a iluminância média (E_m). Existem normas especificando o valor mínimo de E_m , para ambientes diferenciados pela atividade exercida, relacionados ao conforto visual (OSRAM, 2007).

2.2.15. Intensidade Luminosa

Se a fonte luminosa irradiasse a luz uniformemente em todas as direções, o fluxo luminoso se distribuiria na forma de uma esfera. Tal fato, porém, é quase impossível de acontecer, razão pela qual é necessário medir o valor dos lúmens emitidos em cada direção. Essa direção é representada por vetores, cujos comprimentos indicam as intensidades luminosas. Portanto, intensidade luminosa é o fluxo luminoso irradiado na direção de um determinado ponto (OSRAM, 2007).

2.2.16. Curva de distribuição luminosa

Se, num plano transversal à lâmpada, todos os vetores que dela se originam tiverem suas extremidades ligadas por um traço, obtém-se a curva de distribuição luminosa (CDL). Em outras palavras, conforme pode ser visto na Figura 3, é a representação da intensidade luminosa em todos os ângulos em que ela é direcionada num plano

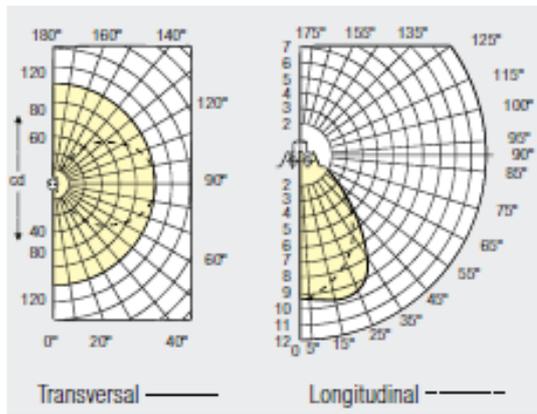


Figura 3: Curva de distribuição de intensidades luminosas para uma lâmpada fluorescente (OSRAM, 2007).

2.2.17. Luminância

Das grandezas mencionadas, até então, nenhuma é visível, isto é, os raios de luz não são vistos, a menos que sejam refletidos em uma superfície e aí transmitam a sensação de claridade aos olhos. Essa sensação de claridade é chamada de luminância.

2.2.18. Limitação de Ofuscamento

Duas formas de ofuscamento podem gerar incômodos:

- Ofuscamento direto, através de luz direcionada diretamente ao campo visual.
- Ofuscamento reflexivo, através da reflexão da luz no plano de trabalho, direcionando-a para o campo visual. Considerando que a Luminância da própria luminária é incômoda a partir de 200 cd/m², valores acima deste não devem ultrapassar o ângulo de 45°.

O posicionamento e a curva de distribuição luminosa devem ser tais que evitem prejudicar as atividades do usuário da iluminação.

2.2.19. Índice de Reprodução de Cores

Objetos iluminados podem nos parecer diferentes, mesmo se as fontes de luz tiverem idêntica tonalidade. As variações de cor dos objetos iluminados sob fontes de luz diferentes podem ser identificadas através de outro conceito, a reprodução de cores, e de sua escala qualitativa, o índice de reprodução de cores (IRC ou RA). O IRC é estabelecido em função da luz natural que tem reprodução fidedigna, ou seja, 100%. No caso das lâmpadas, o IRC é estabelecido entre 0 e 100, comparando-se a sua propriedade de reprodução de cor à luz natural (do sol). Portanto, quanto maior a diferença na aparência de cor do objeto iluminado em relação ao padrão, menor é seu IRC. Com isso, explica-se o fato de lâmpadas de mesma temperatura de cor possuir índice de reprodução de cores diferentes (OSRAM, 2007).

2.2.20. Temperatura de Cor

Em aspecto visual, admite-se que é bastante difícil a avaliação comparativa entre a sensação de tonalidade de cor de diversas lâmpadas. Para estipular um parâmetro, foi definido o critério temperatura de cor (Kelvin) para classificar a luz. Assim como um corpo metálico que, em seu aquecimento, passa desde o vermelho até o branco, quanto mais claro o branco (semelhante à luz diurna ao meio-dia), maior é a temperatura de cor (aproximadamente 6500K). A luz amarelada, como de uma lâmpada incandescente, está em torno de 2700 K. É importante destacar que a cor da luz em nada interfere na eficiência energética da lâmpada, não sendo válida a impressão de que quanto mais clara, mais potente é a lâmpada. Convém ressaltar que, do ponto de vista psicológico, quando dizemos que um sistema de iluminação apresenta luz “quente” não significa que a luz apresenta uma maior temperatura de cor, mas sim que a luz apresenta uma tonalidade mais amarelada. Um exemplo deste tipo de iluminação é a utilizada em locais onde se deseja tornar um ambiente mais aconchegante. Da mesma forma, quanto mais alta for a temperatura de cor, mais “fria” será a luz. Um exemplo deste tipo de iluminação é a utilizada em locais em que se deseja realizar alguma atividade laborativa (OSRAM, 2007).

2.2.21. Fator de fluxo luminoso

A maioria das lâmpadas de descarga opera em conjunto com reatores. Neste caso, observamos que o fluxo luminoso total obtido depende do desempenho do reator. Este desempenho é chamado de fator de fluxo luminoso e pode ser obtido de acordo com a equação: $BF = \text{fluxo luminoso obtido} / \text{fluxo luminoso nominal}$. Os reatores normalmente apresentam BF de 0,9; 1,0 ou 1,1(OSRAM, 2007).

2.2.22. Vida útil, vida média e vida mediana

a) Vida útil: Está relacionada com a durabilidade em horas das lâmpadas e reatores.

Portanto, é um parâmetro que deve ser levado em consideração do ponto de vista econômico. Alguns exemplos de vida útil de algumas famílias de lâmpadas:

- Incandescentes: 1.000 horas;
- Halógenas: 2.000 a 5.000 horas;
- Fluorescentes: 7.500 a 20.000 horas;
- Lâmpadas Mistas: 10.000 horas;
- Vapor de Sódio Alta Pressão: 28.000 a 32.000 horas.

b) Vida Média é a medida aritmética do tempo de duração de cada lâmpada ensaiada.

c) Vida Mediana é o número de horas resultantes, onde 50% das lâmpadas ensaiadas ainda permanecem acesas.

2.2.23. Avaliação de Custos

Um projeto luminotécnico somente é considerado completo quando se atenta para o cálculo de custos.

Os custos de investimento é a somatória dos custos de aquisição de todos os equipamentos que compõem o sistema de Iluminação, tais como lâmpadas, luminárias, reatores, transformadores, ignitores e afiação, acrescidos dos custos de mão de obra dos profissionais envolvidos, desde a elaboração do projeto à instalação.

Por outro lado, os custos operacionais é a somatória de todos os custos apresentados após a completa instalação do sistema de iluminação, concentrados nos custos de manutenção das condições luminotécnicas do projeto e os custos de energia consumida. O custo mensal de manutenção das lâmpadas engloba o custo de aquisição de novas unidades e o custo da mão de obra necessária para executar a manutenção. Esse custo resulta da soma das horas mensais de utilização das lâmpadas dividida pela sua vida útil. O quociente obtido informa o número de lâmpadas que serão repostas e seu valor deve ser multiplicado pelo preço da lâmpada nova. Já o custo da mão de obra para realizar essa reposição é dado em função da remuneração por hora de trabalho do respectivo profissional. O tempo de reposição por lâmpada deve ser multiplicado pelo número de lâmpadas repostas por mês. O fator decisivo no custo operacional é o custo da energia elétrica, que corresponde à potência total instalada (Pt), multiplicada pelas horas de uso mensal e pelo preço do kWh. Ao se optar por um sistema mais eficiente, este custo sofre substancial redução.

Além disso, no cálculo de rentabilidade, deve-se elaborar a análise comparativa de dois sistemas de iluminação, para se estabelecer qual deles é o mais rentável, leva-se em

consideração tanto os custos de investimento quanto operacionais. Geralmente, o uso de lâmpadas de melhor eficiência energética leva a um investimento maior, mas proporciona economia nos custos operacionais.

Decorre daí a amortização dos custos, ou seja, há o retorno do investimento dentro de um dado período. O tempo de retorno é encontrado quando se calcula o quociente da diferença no investimento pela diferença na manutenção.

2.3. DISPOSITIVOS PARA AUTOMAÇÃO EM ILUMINAÇÃO

O mercado apresenta inúmeras opções para automação de sistemas de iluminação, desde o relé fotoelétrico que está entre os elementos pioneiros dos sistemas de automação residencial até os sistemas mais complexos e inteligentes.

O relé fotoelétrico que hoje pode parecer um dispositivo simples e comum trouxe na época de sua criação, muito conforto e economia de energia elétrica.

Aparentemente, todo relé se configura como um contato que abre e fecha de acordo sua configuração, no caso do relé fotoelétrico esse fator é a quantidade de luz. O que torna isso possível é um sensor LDR (em português, resistor dependente de luz). Este sensor LDR é capaz de variar uma pequena resistência de acordo com a quantidade de luz que é incidida sobre ele, desta maneira de acordo com essa resistência é possível fazer circular uma corrente por uma bobina que fará com que um contato faça a comutação fechando o circuito.

Por outro lado, SOUZA (apud MANGIAPELO, 2012) propôs uma metodologia para estimar o potencial de aproveitamento da luz natural (PALN) através da utilização de sistemas automáticos de controle para economia de energia elétrica gasta em iluminação artificial e verificou que as estratégias de controle automático podem reduzir significativamente o consumo de energia elétrica gasta em iluminação.

Dessa forma, percebe-se que se faz necessário desenvolver sistemas de controle inteligentes que sejam capazes de realizar a dimerização, a um nível pré-definido, das luminárias e proporcional em função da iluminação natural disponível. Além disso, espera-se que possa desligar a iluminação quando um sensor de movimento detectar que ambiente está desocupado.

Com esta concepção já existe disponível no mercado, vários dispositivos para fazer a automação e controle da iluminação. A concepção do projeto e dimensionamento/especificação dos componentes depende do segmento de aplicação, do custo de instalação e do retorno financeiro do investimento.

Na próxima etapa deste estudo, utilizou-se os conceitos referenciados do informativo sobre reatores dimerizáveis da PHILIPS.

Segundo o informativo PHILIPS, o reator eletrônico dimerizável possui uma característica bastante especial: ele consegue controlar a quantidade de luz que sai das lâmpadas! Este controle ocorre por meio de protocolo de comunicação entre o próprio reator dimerizável e um dispositivo controlador (sensores, controles remotos, interruptores etc.). Em termos técnico o “protocolo de comunicação” é classificado entre 0-10V (analógico) ou DALI (digital).

A tecnologia 0-10V (Analógico) também é chamado de 1-10V por alguns fabricantes. Este protocolo consiste basicamente em um envio de sinal de tensão para o reator, variando entre 0V (ou 1V) até 10V. Dependendo da variação, o reator regula (dimeriza) a lâmpada para mais ou para menos luz. As vantagens do protocolo 0-10V são: tecnicamente simples, robusto e amplamente utilizado; é relativamente fácil de instala;, tem baixo custo inicial dos equipamentos (reatores e controladores). Como desvantagens do protocolo 0-10V é necessária tubulação dedicada (separada da rede elétrica); sem endereçamento: os agrupamentos de luminárias devem ser conectados fisicamente via fiação elétrica; para apagar as lâmpadas, é preciso chavear a energia elétrica; não existe retorno de informação (comunicação de uma via apenas) sendo, Controle => Reator=> Lâmpada.

O protocolo DALI (Digital Addressable Lighting Interface, em português Interface de Iluminação Endereçável Digital) torna o sistema de iluminação inteligente e independente dos circuitos elétricos; nele, cada prédio, andar, zona, luminária ou lâmpada possui um endereço de controle independente e individual. O DALI monitora o status de cada endereço e pode dimerizar cada dispositivo (ou grupo de dispositivos), alterar a cor da iluminação (quando aplicável) ou ainda informar ao usuário alguma ocorrência no sistema seja ela em caráter informativo ou preventivo (manutenção). O DALI é fixado em norma internacional (IEC 62386). As Vantagens do protocolo DALI são: comunicação de duas vias, Controle ⇔ Reator ⇔ Lâmpada; dispositivos endereçáveis; mesma tubulação para fiação DALI e elétrica (economia na instalação); possibilidade de acender, apagar e regular (dimerizar) por meio da fiação de controle; As desvantagens do protocolo DALI são, sistema complexo de especificar e instalar (necessário profundo conhecimento e mão de obra especializada); custo dos equipamentos envolvidos mais altos (quando comparado ao analógico).

A Figura 4 apresenta um exemplo de reator eletrônico de alta frequência com dimerização que utiliza protocolo analógico (1-10 V) para lâmpadas TL5 HE/HO e TL5 Eco.

Nesse modelo a potência da lâmpada pode ser dimerizada de 1 a 100% através da entrada de controle analógico (de acordo com o padrão da indústria de 1-10 V). A operação em alta frequência aprimora a qualidade da luz; vida útil da lâmpada; em combinação com controles, é possível uma economia de energia maior.



Figura 4 – Reator HF- Regulator (Fonte: Philips)

2.3.1. CONTROLES DE ILUMINAÇÃO EM REDE

Apesar de haver outras empresas especializadas na área de iluminação, para o estudo de controle de iluminação em rede, utilizou-se as informações técnicas de um único fabricante, neste caso, a PHILIPS

Segundo o manual PHILIPS sobre controle de iluminação em redes, um sofisticado sistema de controle da iluminação pode proporcionar uma economia expressiva no ambiente de um edifício comercial.

Nos últimos anos, houve avanços consideráveis em lâmpadas e equipamentos de controle eletrônico. Em particular, os reatores para lâmpadas fluorescentes progrediram rapidamente, deixando de ser componentes limitadores de corrente para serem processadores eletrônicos totalmente acessíveis.

Os sensores Dynalite da PHILIPS são usados para apagar as luzes em áreas de pouca circulação, como depósitos ou locais de convivência, mas os avanços na tecnologia dos sensores criaram sensores “inteligentes” com comportamento dinâmico, que dependem de fatores ambientais e do horário. Os dispositivos incorporam detecção de movimento, detecção de luz ambiente e capacidade de captar infravermelho. As funções de nível de luz e detecção de movimento podem ser configuradas para funcionarem juntas e oferecerem um controle lógico condicional. Por exemplo, o sensor pode ser configurado para mudar os níveis de luz quando for detectado movimento, mas somente se o nível de luz atual da área controlada estiver abaixo de um determinado valor. A função de detecção de movimento pode executar rotinas diferentes de acordo com a hora do dia. Por exemplo, durante o horário comercial, o

sensor pode permitir uma dimerização de 20% em uma estação de trabalho se ela ficar vazia por cinco minutos. No entanto, fora do horário comercial, o mesmo sensor pode ativar a diminuição gradual até apagar a luz nessa mesma estação de trabalho. As pessoas que trabalham à noite são detectadas e recebem o grau de iluminação adequado no caminho de entrada e nas áreas comuns. O encerramento gradual após todo o movimento ter cessado garante que não haverá desperdício de energia após a saída dos funcionários ou do cliente, para o caso de utilização em áreas comerciais.

A função de detecção de luz ambiente é usada na implementação do aproveitamento da luz do dia, possibilitando que a luz artificial seja substituída pela luz solar que entra no ambiente, garantindo que não haja consumo desnecessário de energia.

Sobre arquitetura de rede o Servidor DLight III (PHILIPS, 2009), foi projetado para oferecer uma integração de alto nível e opções de controle com uma rede DyNet via Ethernet. A rede DyNet é conectada à porta COM ou USB de um computador servidor e as informações podem ser trocadas via software cliente executado no servidor ou nas máquinas cliente conectadas remotamente pela rede Ethernet via TCP/IP. A integração com outros serviços é simples com o uso de uma série de chamadas para uma interface DCOM padrão da indústria. Trata-se de uma solução barata para oferecer aos ocupantes do espaço aberto controle sobre o ambiente local. O TrayPan, software cliente fornecido com o Servidor DLight III, é mantido na bandeja de ferramentas do computador e utiliza a rede local existente para se comunicar com o Servidor DLIII. Com ele, o ocupante pode controlar quando acender/apagar as luzes e o nível de iluminação de sua própria estação de trabalho sem sair da mesa. Do ponto de vista de facilidade, o fornecimento de energia para a iluminação da estação de trabalho pode ser regulado pelo status do computador do ocupante. A luz acende quando o usuário faz login e apaga gradualmente quando ele faz logoff, além de estar sincronizada com a proteção de tela do computador. Além de combinar controle e status do sistema de iluminação, eventos de alarme, como queda de disjuntor e lâmpadas queimadas, podem ser encaminhados automaticamente ao SGP. Dados de diagnóstico e manutenção, como tempo de uso da lâmpada, estão sempre disponíveis. Uma vez conectado à rede, o Servidor DLight III pode ser configurado para pesquisar automaticamente a rede, criar e manter um banco de dados com um modelo da rede e de todos os dispositivos conectados.

Por outro lado, funcionando na rede do Servidor DLight III, o software de gerenciamento de controle Dynalite MapView (PHILIPS, 2009) permite que o gerente da instalação simplesmente faça o rezoneamento das luminárias pelo computador, sem precisar

reconfigurar fisicamente o espaço. O MapView foi otimizado para “programar” as configurações de controle mais avançadas que a tecnologia de gerenciamento de energia Dynalite pode oferecer. Isso inclui a facilidade para enumerar os aparelhos de iluminação com controle DALI, definir as áreas das zonas de iluminação, o posicionamento das “cargas” especificadas controladas pelo Dynalite, como luzes, ventiladores, bombas, equipamentos de áudio/vídeo ou ar condicionado, e a configuração de funções predefinidas e tarefas. A operação local eficiente de um sistema de iluminação pode ser bem complexa dependendo do tamanho da instalação. Além disso, o Dynalite oferece o recurso de relatório do gerenciamento de energia com relação ao consumo de energia via relatório de carga ideal como parte de um programa contínuo de ajuste do edifício e manutenção do sistema, garantindo que o sistema de iluminação instalado via controle Dynalite apresente o resultado esperado do desempenho do gerenciamento de energia.

3. METODOLOGIA – ESTUDO DE CASO

3.1. A COOPEROURO

Fundada em 16 de julho de 1980, então com o nome de Cooperativa de Consumo dos Empregados da Alcan Brasil e Subsidiárias Ltda – Cooperalcan, a Cooperouro nasceu do esforço de um grupo de pessoas, trabalhadores da Alcan, para solucionar dificuldades que Ouro Preto à época enfrentava quanto ao abastecimento de gêneros básicos de consumo.

Passados 34 anos, a Cooperativa cresceu de 28 sócios fundadores iniciais para mais de 23 mil cooperados, ultrapassando os limites de Ouro Preto e gerando benefícios para toda a Região dos Inconfidentes. Hoje a Cooperativa de Consumo dos Moradores da Região dos Inconfidentes é referência de preços justos, segurança alimentar, transparência fiscal, desenvolvimento sustentável e responsabilidade social.

Desde o ano 2001 a Cooperouro está instalada em sede própria. Com mais de 2,5 mil metros de área de vendas, oferece aos cooperados um variado mix com mais de 15 mil itens. Em novembro de 2012 inaugurou sua primeira filial, na cidade de Mariana. Em 2013 seguiu com sua expansão, inaugurando a loja do bairro Cabeças em Ouro Preto. Em 2014, o ciclo completa-se com a abertura da filial de Ponte Nova.

3.2. ILUMINAÇÃO EXISTENTE

O supermercado do presente estudo é a filial COOPEROURO de Mariana.

Conforme Figura 5, pode-se visualizar o fechamento da fachada frontal com vidros que permite a entrada de iluminação natural em parte da loja, cuja área total de vendas é em torno de 1393 m².



Figura 5 – Fachada da filial Mariana – COOPEROURO.

Por outro lado, conforme demonstrado na Figura 6, mesmo com a disponibilidade de luz natural, a iluminação fica ligada causando o desperdício de energia elétrica.



Figura 6 – Área internada da filial Mariana – COOPEROURO.

Além disso, as luminárias estão montadas em sentido longitudinal (Figura 7) e algumas fileiras de luminárias estão sobre as gôndolas provocando sombra no local de exposição dos produtos.

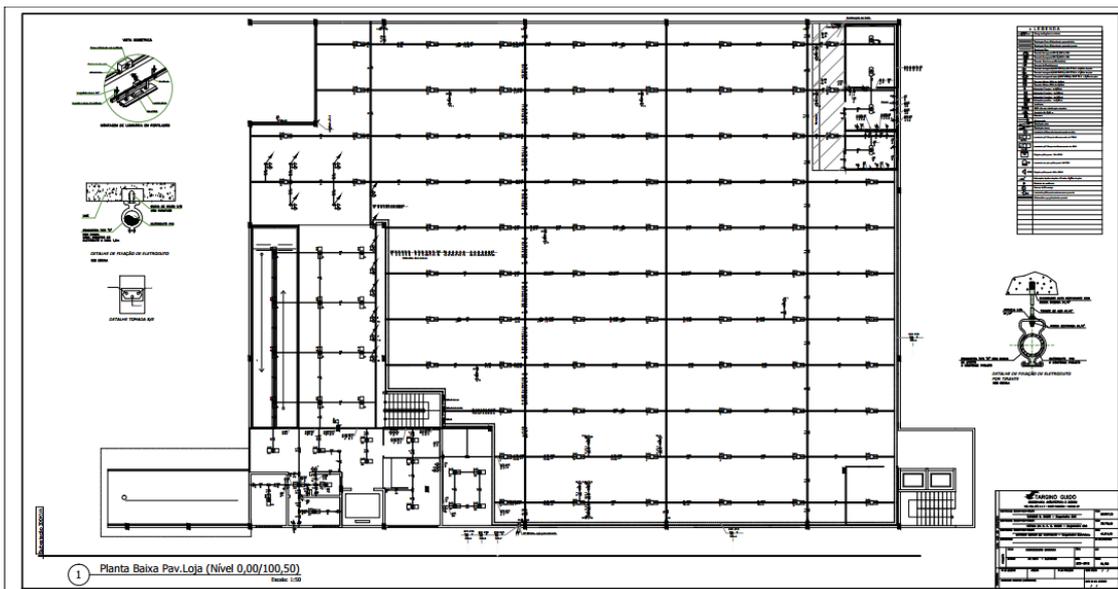


Figura 7– Planta baixa da iluminação pav. loja da filial Mariana – COOPEROURO.

Todavia, aliado às condições de montagem das luminárias, o circuito elétrico não permite o desligamento setorizado da iluminação. O desligamento, no período diurno, de determinado circuito da parte frontal da loja pode comprometer o iluminamento nos fundos da loja (Figura 8). Observa-se também que o circuito de iluminação não possui nenhum recurso de automação e controle.

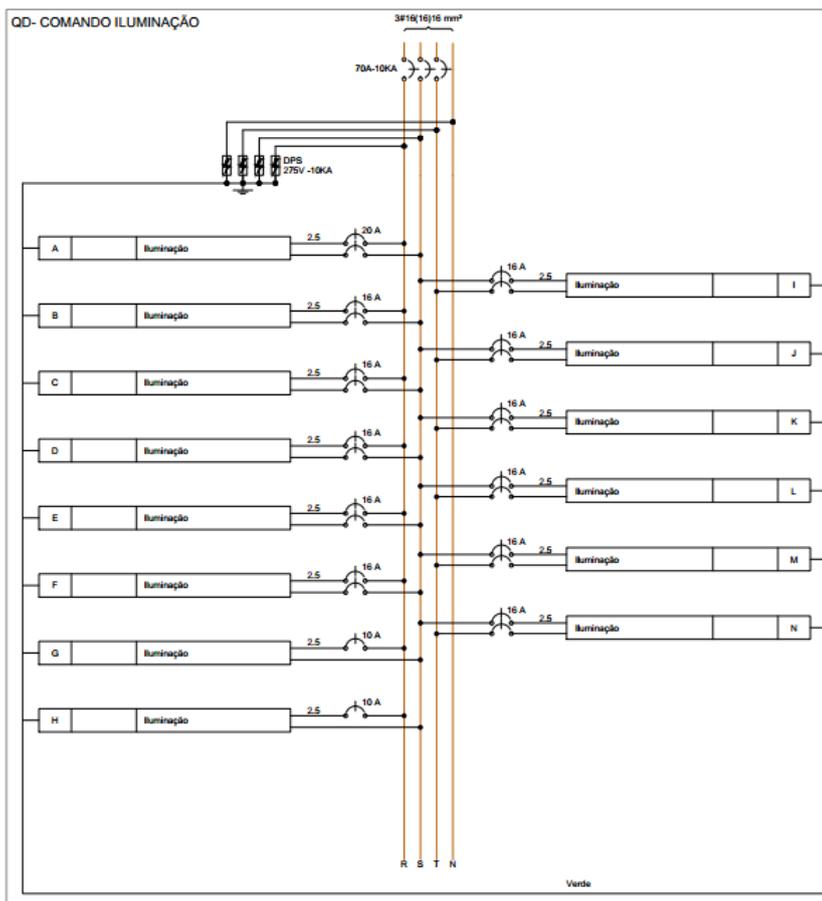


Figura 8 – QD Comando da iluminação pav. loja da filial Mariana – COOPEROURO.

3.3. LEVANTAMENTO DE DADOS DE INSTALAÇÃO

A coleta de dados tem como objetivo obter informações da realidade. Inicialmente obtiveram-se as informações a seguir:

- O Supermercado fica aberto aos clientes de segunda a sábado de 7 às 21h e aos domingos de 7 às 15h.
- O supermercado possui um Gerador de 215 kVA fabricado pela STEMAC que é ligado automaticamente no horário de ponta, sendo de segunda à sexta feira de 17 às 20h.
- As luminárias estão distribuídas na área da loja e dos *check outs* conforme apresentado na Tabela 3.

Nº de luminárias	Local Instal.	Nº lampadas	Potência	Tipo lampada	Tipo reator (OSRAM)
80	Loja	160	54W	Tubular fluorescentes	Quicktronic QTP5 2x54W
12	Check out	24	28W	Tubular fluorescentes	Quicktronic QTP5 2x28W

Tabela 3 – Levantamento de Luminárias da filial Mariana – COOPEROURO.

- As luminárias são fabricadas em chapa de aço fosforizada e o refletor parabólico em alumínio anodizado, com gancho para instalação em perfilado. Estas luminárias são do tipo Miller;

- A cor das paredes e do teto é clara;
- A cor do piso também é clara;
- As eletrocalhas estão fixadas em perfilados com espaçamento aproximado de 5m e a altura de 4,5m do piso. Além disso, o pé direito da loja é de aproximadamente 8m.

3.4. EXECUÇÃO DAS MEDIÇÕES DO ILUMINAMENTO DA LOJA

Foram executadas e registradas as medições do iluminamento na área da loja utilizando um luxímetro conforme apresentado na Figura 9.

Luxímetro é um medidor de intensidade de luz em um ambiente e a sua medida é dada pela unidade lux. O funcionamento se baseia com o sensoreamento da área através de um LDR (resistor dependente da luz), foto-diodo ou, nos mais sofisticados, um foto-diodo-laser.



Figura 9: Luxímetro.

Para realização das medições utilizou-se a seguinte estratégia: dividiu-se a área total da loja em 10 pontos (P) e 11 filas conforme demonstrada na Figura 10. As medições foram executadas nestes quadrantes no período diurno e noturno. Após coleta, os dados foram inseridos em uma planilha e a partir daí, foi dado início ao processo de análise.

4. ANÁLISE DOS DADOS

Conforme dados do iluminamento apresentados na Figura 10, a média de das medições realizadas às 11 h, com o dia ensolarado, foi 399 lux.

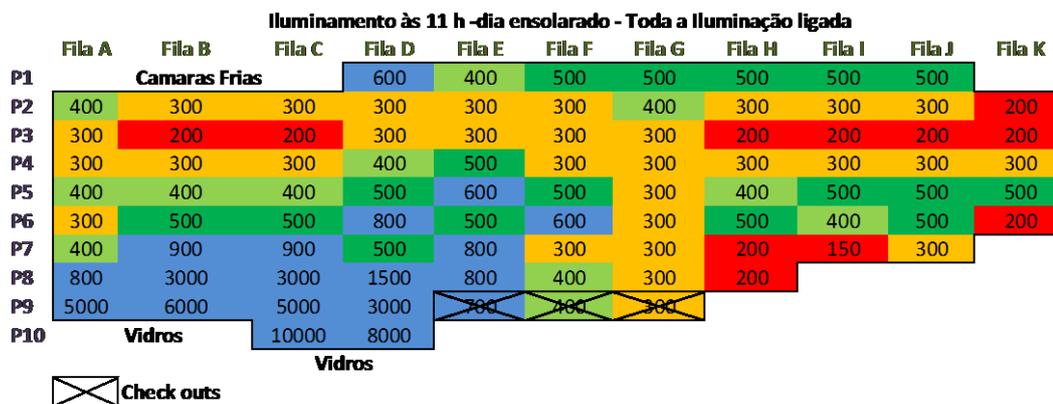


Figura 10 – Iluminamento da loja, em lux.

Além disso, com os dados do iluminamento coletados às 19 h obteve-se a média de 195 lux conforme medições apresentadas na Figura 11.

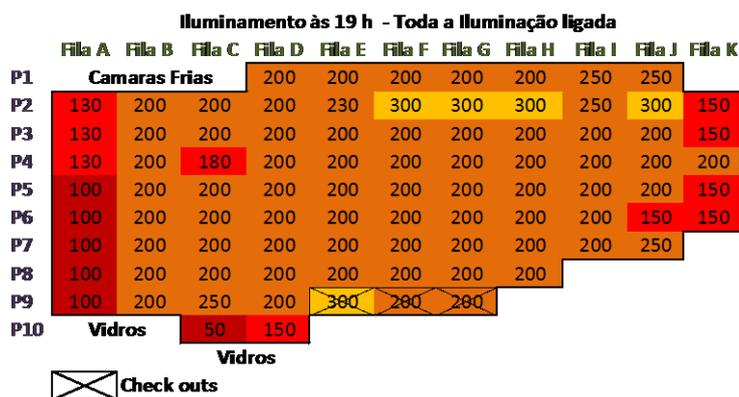


Figura 11 – Iluminamento da loja, em lux.

A norma NBR-ISO/CIE 8995-1:2013 estabelece os requisitos de iluminação recomendados para diversos ambientes e atividades, cujo valor de iluminância (Em) para ambientes de varejo está representada na Figura 12. Porém, esta norma define a iluminância mantida para a loja deveria ser 500 lux (item 23 da Figura 12), cujo valor está muito acima do valor médio medido na área de venda do supermercado em estudo.

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	\overline{E}_m lux	UGR_L	R_a	Observações
Poços de vapor	150	28	40	
Sistema de serras	300	25	60	Prevenir contra os efeitos estroboscópicos.
Trabalho de marceneiro em bancos de carpintaria, colagem, montagem	300	25	80	
Polimento, pintura, marcenaria de acabamento	750	22	80	
Trabalho em máquinas de marcenaria, por exemplo: torneiar, acanelar, desempenar, rebaixar, chanfrar, cortar, serrar afundar	500	19	80	Prevenir contra os efeitos estroboscópicos.
Seleção de madeira folheada, marchetaria, trabalhos de embutir	750	22	90	Tcp no mínimo 4 000 K.
Controle de qualidade	1 000	19	90	Tcp no mínimo 4 000 K.
22. Escritórios				
Arquivamento, cópia, circulação etc.	300	19	80	
Escrever, teclar, ler, processar dados	500	19	80	Para trabalho com VDT, ver 4.10.
Desenho técnico	750	16	80	
Estações de projeto assistido por computador	500	19	80	Para trabalho com VDT, ver 4.10.
Salas de reunião e conferência	500	19	80	Recomenda-se que a iluminação seja controlável.
Recepção	300	22	80	
Arquivos	200	25	80	
23. Varejo				
Área de vendas pequena	300	22	80	
Área de vendas grande	500	22	80	
Área da caixa registradora	500	19	80	
Mesa do empacotador	500	19	80	

Figura 12 – Iluminância de interiores (Fonte: NBR-ISO/CIE 8995-1:2013)

Por outro lado, considerando a distribuição dos dados por filas apresentados na Figura 13, durante o período diurno, observa-se que existem áreas cujo iluminamento está inferior a 250 lux.

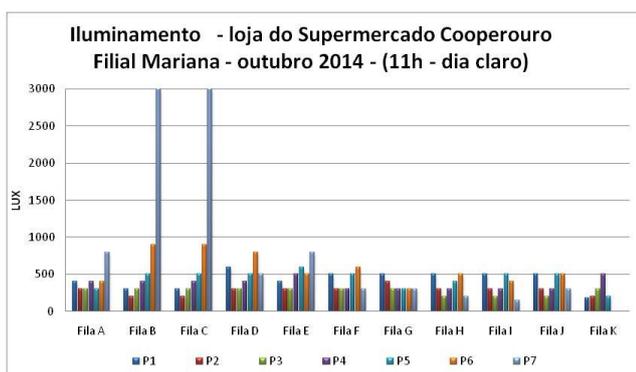


Figura 13– Iluminamento da loja por filas de luminárias.

Já no período noturno as condições da iluminação parecem ainda mais precárias, pois mesmo com todas as lâmpadas da loja acesas, conforme demonstrado na Figura 14, somente em quatro pontos o nível de Iluminância de 300 lux foi atingido.

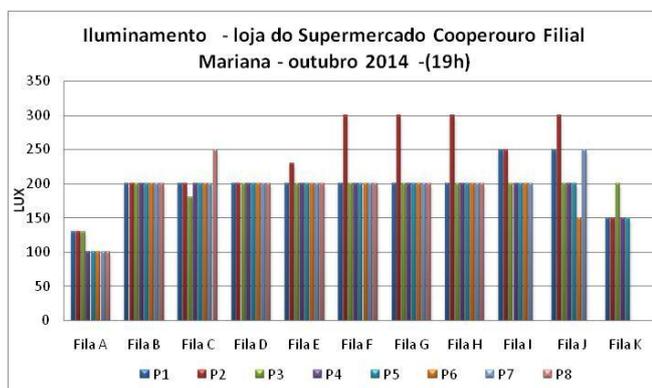


Figura 14– Iluminamento da loja por filas de luminárias.

Como já mencionado, as medições com o luxímetro foram realizadas durante o dia e à noite, porém nas duas condições todas as lâmpadas da área de vendas do supermercado ficaram acesas.

Fazendo a diferença entre os valores obtidos durante o dia e noite, obtêm-se os resultados demonstrados na figura 15 que correspondem ao iluminamento da loja no período diurno com a iluminação desligada. Observa-se na cor azul, que nas regiões onde tem luz natural disponível próximo das janelas de vidros transparentes da fachada e também na direção do lanternim do telhado o iluminamento é superior a 300 lux.

Período diurno - Iluminação desligada

	Fila A	Fila B	Fila C	Fila D	Fila E	Fila F	Fila G	Fila H	Fila I	Fila J	Fila K
P1	Camaras Frias			400	200	300	300	300	250	250	
P2	270	100	100	100	70	0	100	0	50	0	50
P3	170	0	0	100	100	100	100	0	0	0	50
P4	170	100	120	200	300	100	100	100	100	100	100
P5	300	200	200	300	400	300	100	200	300	300	350
P6	200	300	300	600	300	400	100	300	200	350	50
P7	300	700	700	300	600	100	100	0	-50	50	
P8	700	2800	2800	1300	600	200	100	0			
P9	4900	5800	4750	2800	400	200	100				
P10	Vidros		9950	7850							

Figura 15 – Iluminamento da loja período diurno com lâmpadas apagadas.

Portanto, com base nos dados apresentados se faz necessário aprofundar na análise com a prioridade de identificar oportunidades de melhoria da iluminância da loja deste supermercado, minimizar o custo de implantação e avaliar o uso de dispositivos de automações e controle que vise otimizar o consumo de energia elétrica.

4.1. ALTERNATIVAS AVALIADAS

Alternativa A – Neste caso, utilizou-se nos cálculos a altura da eletrocalha ao piso igual a 4,5m com reaproveitamento das luminárias e lâmpadas existentes.

- a) O valor de referência do nível de iluminamento a ser utilizado neste cálculo é 500 Lux (centros comerciais - conforme norma NBR-ISO/CIE 8995-1:2013)
- b) Escolha das luminárias. Considerou-se o reaproveitamento das luminárias existentes, isto é, luminárias tipo Miller com duas lâmpadas tubulares fluorescentes para iluminamento direto fixada em perfilados metálicos.
- c) Escolha das lâmpadas. As lâmpadas são fluorescentes tubulares T5 de 54W, dispostas em filas entre as gôndolas, de forma contínuas no sentido longitudinal à loja, tendo como objetivo principal em evitar sombras nos expositores de produtos para venda. As lâmpadas são brancas frias na maior parte da loja.
- d) Especificação: Lâmpada GE, F54W/T5/840/PROLINE ;

$$T_c = 4000 \text{ K}; \quad \text{IRC} = 82\%; \quad \phi = 4460 \text{ Lumens.}$$

- e) Índice do local. De posse dos dados de largura do estabelecimento igual 30m, comprimento igual 46m e altura das luminárias igual a 4,5m, consulta-se a Tabela 4 e obtém-se o índice local igual a “B”

Altura do teto em metros											
Para iluminação indireta	2,75	3,00	3,70	4,30	5,20	6,40	7,60	9,50	11,30		
e semi-indireta	2,90	3,50	4,10	5,00	6,00	7,30	9,00	11,00	15,30		
Distância do chão ao foco luminoso em metros											
Para iluminação direta	2,15	2,45	2,75	3,00	3,70	4,30	5,20	6,40	7,60	9,50	11,30
e semi-direta	2,30	2,60	2,90	3,50	4,10	5,00	6,00	7,30	9,00	11,00	15,00
Largura do local (metros)	Comp. do local (metros)	Índice do local									
2,75 (2,60-2,75)	2,50- 3,00	H	I	J	J						
	3,00- 4,30	H	I	I	J						
	4,30- 6,00	G	H	I	J	J					
	6,00- 9,00	G	G	H	I	J	J				
	9,00-13,00	F	G	H	I	J	J	J			
	13,00 ou mais	E	F	G	H	I	J	J	J		
3,00 (2,90-3,20)	3,00- 4,30	G	H	I	J	J					
	4,30- 6,00	G	H	I	J	J	J				
	6,00- 9,00	F	G	H	I	J	J				
	9,00-13,00	F	G	G	H	I	J	J	J		
	13,00-18,30	E	F	G	H	I	J	J	J	J	
	18,30 ou mais	E	F	F	H	H	I	J	J	J	
3,70 (3,40-3,80)	3,00- 4,30	G	H	I	I	J	J				
	4,30- 6,00	F	G	H	I	J	J				
	6,00- 9,00	F	G	G	H	I	J	J			
	9,00-13,00	E	F	G	H	I	J	J	J		
	13,00-18,30	E	F	F	G	H	I	J	J	J	
	18,30 ou mais	E	E	F	G	H	I	J	J	J	
4,30 (4,00-4,70)	4,30- 6,00	F	G	H	H	I	J	J			
	6,00- 9,00	E	F	G	H	I	J	J			
	9,00-13,00	E	F	F	G	H	I	J	J	J	
	13,00-18,30	E	E	F	F	H	I	J	J	J	J
	18,30-27,50	D	E	E	F	G	H	I	J	J	J
	27,50 ou mais	D	E	E	F	F	G	J	J	J	J
5,20 (4,90-5,65)	4,30- 6,00	E	F	G	H	I	J	J			
	6,00- 9,00	E	F	F	G	H	I	J	J		
	9,00-13,00	D	E	F	G	H	H	I	J	J	
	13,00-18,30	D	E	E	F	G	G	I	J	J	J
	18,30-35,00	D	E	E	F	G	G	I	J	J	J
	35,00 ou mais	C	D	E	E	F	G	H	I	J	J
6,00 (5,80-6,60)	6,00- 9,00	D	E	F	G	H	I	J	J	J	
	9,00-13,00	D	E	E	F	G	H	I	J	J	J
	13,00-18,30	D	D	E	E	F	G	H	I	J	J
	18,30-27,50	C	D	E	E	F	G	H	I	J	J
	27,50-43,00	C	D	D	E	F	F	H	I	J	J
	43,00 ou mais	C	D	D	E	F	F	H	I	J	J
7,30 (6,70-7,90)	6,00- 9,00	D	E	E	F	G	H	I	J	J	
	9,00-13,00	C	D	E	F	G	G	I	J	J	
	13,00-18,30	C	D	D	E	F	G	H	I	J	J
	18,30-27,50	C	D	D	E	F	F	H	I	J	J
	27,50-43,00	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J
	43,00 ou mais	C	C	D	E	E	F	G	H	I	J
9,00 (8,25-10,00)	9,00-13,00	C	D	D	E	F	G	H	I	J	J
	13,00-18,30	C	C	D	D	F	F	H	I	J	J
	18,30-27,50	B	C	C	D	E	F	G	H	I	J
	27,50-43,00	B	C	C	D	E	E	F	G	H	J
	43,00-55,00	B	C	C	D	E	E	F	G	H	I
	55,00 ou mais	B	C	C	D	E	E	F	G	H	J
11,00 (10,40-11,90)	9,00-13,00	B	C	D	E	F	F	H	I	J	J
	13,00-18,30	B	C	C	D	E	F	H	I	J	J
	18,30-27,50	A	C	C	C	E	E	F	H	H	J
	27,50-43,00	A	B	C	C	D	E	F	G	H	J
	43,00-60,00	A	B	C	C	D	E	F	F	G	H
	60,00 ou mais	A	B	C	C	D	E	F	F	G	I
12,80 (12,20-13,70)	13,00-18,30	A	B	C	C	E	F	G	H	I	J
	18,30-27,50	A	B	B	C	D	E	F	G	H	J
	27,50-43,00	A	B	B	C	D	D	E	F	G	J
	43,00-60,00	A	A	B	C	D	D	E	F	G	I
	60,00 ou mais	A	A	B	C	D	D	E	F	F	G
15,30 (14,00-16,80)	13,00-18,30	A	A	B	C	D	E	F	G	H	J
	18,30-27,50	A	A	B	C	C	D	F	F	G	J
	27,50-43,00	A	A	A	C	C	D	E	F	F	I
	43,00-60,00	A	A	A	C	C	D	E	E	F	G
	60,00 ou mais	A	A	A	C	C	D	E	E	F	G
18,30 (17,30-20,45)	18,30-27,50	A	A	A	B	C	D	F	F	G	I
	27,50-43,00	A	A	A	B	C	C	D	E	F	H
	43,00-60,00	A	A	A	B	C	C	D	E	E	H
	60,00 ou mais	A	A	A	B	C	C	D	E	E	H
23,00 (20,75-27,50)	18,30-27,50	A	A	A	A	B	C	D	E	F	I
	27,50-43,00	A	A	A	A	B	C	D	E	F	H
	43,00-60,00	A	A	A	A	B	B	C	D	E	G
	60,00 ou mais	A	A	A	A	B	B	C	D	E	G

Tabela 4 – Índice Local (Fonte: Alves 2001, p126)

f) Fator de utilização (U)

Após determinação do índice do local, determina-se agora o coeficiente de utilização, sendo: parede clara => 30%; teto claro => 50%, daí, consulta-se a Tabela 5 obtém-se U = 0,70.

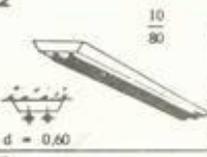
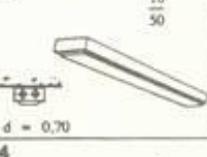
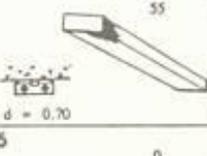
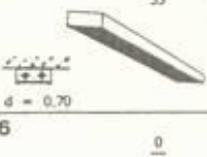
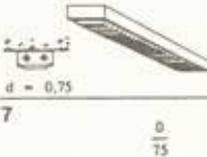
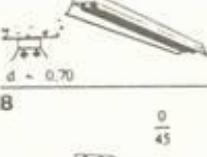
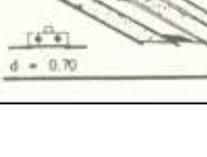
Luminária	Teto						Descrição	
	Paredes	75%			50%			
		Índice do local	50%	30%	10%	50%		30%
Coeficientes de utilização								
 <p>$d = 0,60$</p>	J	.09	.07	.06	.07	.05	.04	Saoca com lâmpadas fluorescentes. A distância da saoca para o teto deve ser de 30 a 50cm.
	I	.13	.10	.08	.09	.07	.06	
	H	.16	.13	.10	.10	.09	.07	
	G	.20	.16	.14	.13	.11	.10	
	F	.21	.19	.17	.15	.13	.11	
	E	.25	.22	.20	.17	.15	.14	
	D	.28	.26	.24	.20	.19	.17	
	C	.31	.28	.26	.21	.20	.19	
	A	.35	.34	.32	.24	.23	.23	
 <p>$d = 0,60$</p>	J	.32	.25	.20	.30	.24	.20	Calha chanfrada Espaçamento máximo entre aparelho = altura de montagem $\times 1,0$.
	I	.40	.32	.27	.38	.31	.26	
	H	.47	.39	.34	.44	.38	.32	
	G	.53	.46	.40	.50	.44	.39	
	F	.58	.51	.45	.55	.49	.44	
	E	.64	.58	.52	.61	.56	.51	
	D	.68	.62	.58	.65	.60	.56	
	C	.72	.66	.62	.68	.64	.60	
	A	.76	.71	.67	.72	.69	.66	
 <p>$d = 0,70$</p>	J	.22	.17	.14	.21	.16	.14	Aparelho com difusor de plástico Espaçamento máximo entre aparelhos = altura de montagem $\times 1,1$.
	I	.27	.22	.19	.26	.22	.19	
	H	.32	.27	.23	.30	.26	.23	
	G	.36	.31	.26	.34	.30	.27	
	F	.39	.34	.31	.37	.33	.30	
	E	.43	.38	.36	.41	.37	.35	
	D	.46	.42	.39	.43	.40	.38	
	C	.48	.45	.42	.45	.43	.40	
	A	.50	.48	.46	.48	.46	.44	
 <p>$d = 0,70$</p>	J	.29	.24	.21	.28	.24	.21	Refletor com difusor de plástico Espaçamento máximo entre aparelhos = altura de montagem $\times 0,9$.
	I	.35	.31	.27	.34	.30	.27	
	H	.39	.35	.32	.38	.35	.32	
	G	.43	.39	.36	.42	.39	.38	
	F	.46	.42	.39	.45	.42	.39	
	E	.49	.46	.43	.48	.46	.43	
	D	.51	.48	.46	.50	.48	.46	
	C	.52	.50	.48	.52	.50	.48	
	A	.54	.52	.51	.54	.52	.50	
 <p>$d = 0,70$</p>	J	.25	.21	.18	.25	.21	.18	Aparelho para embutir, com côncava Espaçamento máximo entre aparelhos = altura de montagem $\times 1,0$.
	I	.31	.27	.24	.31	.27	.24	
	H	.35	.31	.28	.35	.31	.28	
	G	.40	.36	.33	.39	.36	.33	
	F	.43	.39	.36	.42	.39	.39	
	E	.46	.43	.40	.46	.43	.40	
	D	.49	.46	.43	.48	.46	.43	
	C	.51	.48	.46	.50	.48	.46	
	A	.53	.51	.49	.52	.50	.49	
 <p>$d = 0,75$</p>	J	.27	.23	.21	.27	.23	.21	Refletor parabólico duplo para 2 lâmpadas fluorescentes. Espaçamento máximo entre aparelhos = altura de montagem $\times 0,9$.
	I	.32	.29	.26	.32	.28	.26	
	H	.36	.33	.30	.35	.32	.30	
	G	.39	.36	.34	.38	.36	.34	
	F	.42	.39	.37	.41	.38	.36	
	E	.44	.42	.40	.44	.42	.40	
	D	.46	.44	.42	.45	.44	.42	
	C	.47	.46	.44	.47	.45	.44	
	A	.49	.48	.46	.48	.47	.46	
 <p>$d = 0,70$</p>	J	.35	.28	.24	.33	.28	.24	Luminária industrial do tipo Miller. Espaçamento máximo entre aparelhos = altura de montagem $\times 1,0$.
	I	.43	.36	.32	.41	.35	.31	
	H	.49	.43	.38	.47	.42	.36	
	G	.56	.49	.45	.53	.48	.43	
	F	.60	.54	.50	.57	.53	.49	
	E	.66	.61	.58	.63	.59	.55	
	D	.69	.65	.61	.66	.63	.59	
	C	.72	.68	.65	.69	.65	.63	
	A	.76	.72	.70	.73	.70	.68	
 <p>$d = 0,70$</p>	J	.20	.16	.13	.20	.16	.13	Aparelho para embutir com difusor de plástico Espaçamento máximo entre aparelho = altura de montagem $\times 1,0$.
	I	.25	.21	.16	.24	.20	.18	
	H	.28	.24	.22	.27	.24	.21	
	G	.32	.28	.25	.31	.27	.25	
	F	.34	.30	.28	.33	.30	.28	
	E	.37	.34	.32	.36	.33	.31	
	D	.39	.36	.34	.38	.36	.34	
	C	.40	.38	.36	.39	.37	.36	
	B	.42	.40	.38	.41	.40	.38	
A	.43	.42	.41	.43	.41	.40		

Tabela 5 – Coeficiente de Utilização (Fonte: Alves 2001, p127)

- g) Para a luminária do tipo Miller, consulta-se a Tabela 4 e obtém-se o valor do fator de depreciação “D” igual a 0,70.

h) Cálculo do fluxo total necessário e número de luminárias. O fluxo necessário para iluminar um compartimento, de acordo com este método, é calculado pelas seguintes fórmulas:

$$\Phi = \frac{S \cdot E}{U \cdot D} \quad (1) \quad \text{e} \quad n = \frac{\Phi}{p} \quad (2)$$

Onde:

Φ = fluxo total luminoso, em lumens
 p = fluxo luminoso por luminária, em lumens
 s = área do compartimento, em m²
 E = iluminamento, em lux
 U = coeficiente de utilização
 D = fator de depreciação
 n = número de luminárias

Daí,

$$\Phi = \frac{500 \times (1393)}{0,70 \times 0,70} \Rightarrow \Phi = 1.421.428 \text{ lumens}$$

Cálculo do número de luminárias:

Conforme tabela 3, verifica-se que o espaçamento máximo será igual à altura de montagem da luminária. Neste caso, a altura H é a distância da luminária ao plano de trabalho, que é igual a 4,5 m.

h (altura do plano de trabalho) = $4,5 \cdot 0,7 = 3,15$ metros = d (espaçamento máximo).

Adotaremos $d = 3$ m

$$n = \frac{\Phi}{p} \Rightarrow n = \frac{1.421.428}{2 \times 4460} \Rightarrow n = 159,35$$

Logo, $n = 160$ luminárias

Alternativa B – Neste caso, fará fins de cálculo, a altura da eletrocalha ao piso alterada para 3,5m e manteve-se as mesmas especificações de luminárias e lâmpadas existentes.

a) Índice do local

De posse dos dados: largura do estabelecimento = 30m, comprimento = 46m e altura das luminárias = 3,5m, consultou-se a Tabela 3 e obteve-se o índice local = A

b) Fator de utilização (U)

Após determinação do índice do local, determinou-se o coeficiente de utilização, sendo: parede clara \Rightarrow 30%; teto claro \Rightarrow 50%, daí, consultando a Tabela 4 obtém-se $U = 0,73$

c) Fator de depreciação (D)

Para a luminária do tipo Miller, Tabela 4, obteve-se: $D = 0,70$

d) Cálculo do fluxo total necessário e número de luminárias.

O fluxo necessário para iluminar um compartimento, de acordo com este método, é calculado pelas seguintes fórmulas:

$$\Phi = \frac{S \cdot E}{U \cdot D} \quad (1) \quad \text{e} \quad n = \frac{\Phi}{p} \quad (2)$$

Onde:

Φ = fluxo total luminoso, em lúmens

p = fluxo luminoso por luminária, em lúmens

s = área do compartimento, em m^2

E = iluminamento, em lux

U = coeficiente de utilização

D = fator de depreciação

n = número de luminárias

Daí,

$$\Phi = \frac{500 \times (1393)}{0,73 \times 0,70} \Rightarrow \Phi = 1.363.063 \text{ lumens}$$

Cálculo do número de luminárias:

Conforme Tabela 3, verifica-se que o espaçamento máximo será igual à altura de montagem da luminária. Neste caso, distância da luminária ao plano de trabalho, logo H (altura total) = 3,5 m. A altura do plano de trabalho (h) = $3,5 \times 0,7 = 2,5$ metros = d (espaçamento máximo no sentido longitudinal).

$$n = \frac{\Phi}{p} \Rightarrow n = \frac{1.363.063}{2 \times 4460} \Rightarrow n = 152,80$$

Logo, $n = 153$ luminárias com lâmpadas fluorescentes 2 x 54w

Alternativa C – Neste caso, alterou-se a potência das lâmpadas para 28 w e altura das luminárias a 3,5m do piso. Daí o dimensionamento foi revisado:

$$n = \frac{\Phi}{p} \Rightarrow n = \frac{1.363.063}{2 \times 2700} \Rightarrow n = 252,40$$

Logo, $n = 253$ luminárias com lâmpadas fluorescentes 2 x 28w

A partir daí, avaliou-se o sistema considerando todas as luminárias da loja e não só o acréscimo, já que as luminárias existentes são, em sua maioria, com lâmpadas de 54w.

A Tabela 6 a seguir, apresenta os dados de todas as alternativas, considerando as seguintes configurações (ALTERNATIVAS A, B, C):

- A. Instalação de mais 68 luminárias com 2 lâmpadas de 54w a 4,5m de altura , ficando com o total de 160 peças;
- B. Instalação de mais 61 luminárias com 2 lâmpadas de 54w a 3,5m de altura , ficando com o total de 153 peças;
- C. Substituição dos reatores existentes e de todas as lâmpadas para 2 x 28w a 3,5m de altura , ficando com o total de 253 peças;

Funcionamento do supermercado	Tempo (h) Ilum. ligada Energia CEMIG	Alternativa A		Alternativa B		Alternativa C	
		h= 4,5 m		h= 3,5 m		h= 3,5 m	
		Quant. lumin.2x 54w	Consumo (KWh)	Quant. lumin. 2x54w	Consumo (KWh)	Quant. lumin.2x28w	Consumo (KWh)
2ª a 6ª feira (7 às 22h) - C/Gerador HP	60	160	1036,8	153	991,4	253	850,1
Sábado (7 às 22h) - Não há HP	15		259,2		247,9		212,5
Domingo (7 às 15h) - Não há HP	8		138,2		132,2		113,3
Consumo - Sub-Total (semanal)			1434,2		1371,5		1175,9
Consumo - Total (Mensal)		6146,7	5877,8	5039,8			
Demanda - KW		17,3	16,5	14,2			

Tabela 6 - Comparação entre as alternativas.

A princípio, conforme Tabela 6, a alternativa “C” demonstrou ser a melhor, pois apresentou menor consumo de energia para o mesmo nível de iluminamento (500 lux). Por outro lado para sua implantação, será necessário substituir as lâmpadas existentes.

A Tabela 7 a seguir, apresenta o consumo de energia da instalação original. Avaliou-se a seguir o impacto de aumento de custo de energia elétrica (kW) para cada alternativa em relação a instalação original (atual).

Funcionamento do supermercado	Tempo (h) Ilum. ligada Energia CEMIG	h = altura da luminária ao piso = 4,5 m		
		Quant. lumin.2x 54w	Quant. lumin.2x 28w	Consumo (KWh)
2ª a 6ª feira (7 às 22h) - C/Gerador HP	60	80	12	558,7
Sábado (7 às 22h) - Não há HP	15			139,7
Domingo (7 às 15h) - Não há HP	8			74,5
Consumo - Sub-Total (semanal)				772,9
Consumo - Total (Mensal)				3312,4
Demanda - KW				9,3

Tabela 7 – Consumo e demanda da iluminação atual.

Apesar de que um dos objetivos deste estudo ser de adequar a iluminação do estabelecimento à norma NBR-ISO/CIE 8995-1:2013, deve-se considerar o foco em eficiência energética e os impactos no custo de energia elétrica. Conforme Tabela 8, a alternativa C apresentou um menor impacto no custo com o aumento em 25,7%, porém torna-se necessário avaliar alternativa para otimização do consumo de energia elétrica na iluminação da loja que minimize também seus custos.

	Instal. Original	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C
Consumo energia (KWh) - Mensal	3.312,41	4.887,77	4.673,93	4.007,52
Tarifa Energia - FP - R\$/kW	0,47	0,47	0,47	0,47
Custo (R\$)	R\$ 1.570,71	R\$ 2.317,72	R\$ 2.216,32	R\$ 1.900,32
Demanda - KW	9,31	17,28	16,52	14,17
Tarifa Demanda - R\$/kW	11,7	11,7	11,7	11,7
Custo (R\$)	R\$ 108,95	R\$ 202,18	R\$ 193,33	R\$ 165,77
Custo Total (Mensal)	R\$ 1.679,66	R\$ 2.519,90	R\$ 2.409,65	R\$ 2.066,08
Aumento custo /instal. Original		50,0%	43,5%	23,0%

Tabela 8 – Comparação entre instalação original e as alternativas..

Alternativa D

Nesta alternativa buscou-se a eficiência energética da iluminação. Na figura 15 apresenta-se o Iluminamento da loja no período diurno com as lâmpadas apagadas. Observa-se nesta figura que ocorre a incidência de luz natural em algumas regiões da loja, cuja medição foi superior a 300lux (cor azul). Dessa forma pode-se usar a iluminação natural disponível e não necessita ligar parte da iluminação artificial durante um longo período do dia, gerando assim uma economia considerável de energia. Estas regiões representam 38% da área total da loja.

Considerando a possibilidade de desligamento da iluminação no período de 7 às 17h e também que 38% da área da loja recebe a iluminação natural, obtemos na comparação com a alternativa “C” uma redução representativa no impacto no custo de implantação desta alternativa de 23% para 7,9% conforme apresentado na Tabela 10.

	Instal. Original	Alternativa C
Consumo energia (KWh) - Mensal	3.312,41	3.470,76
Tarifa Energia - FP - R\$/kW	0,47	0,47
Custo (R\$)	R\$ 1.570,71	R\$ 1.645,79
Demanda - KW	9,31	14,17
Tarifa Demanda - R\$/kW	11,7	11,7
Custo (R\$)	R\$ 108,95	R\$ 165,77
Custo Total (Mensal)	R\$ 1.679,66	R\$ 1.811,56
Aumento custo /instal. Original		7,9%

Tabela 10 – Comparação entre instalação original e as alternativas C.

Deve-se levar em consideração que o aumento do custo de energia elétrica de 7,9% na loja é pouco expressivo quando se compara ao potencial de ganho com aumento de vendas e da lucratividade. Esta alteração na iluminação gera conforto aos clientes e também melhora a exposição dos produtos.

O controle da iluminação artificial de forma integrada à iluminação natural é uma estratégia mundialmente reconhecida, importante e de extrema utilidade para o desenvolvimento de edificações energeticamente eficientes.

Assim, para o automação da iluminação do supermercado em estudo, considerando o aproveitamento da iluminação natural, sugere-se rever o projeto elétrico fazendo uma redistribuição dos circuitos elétricos separando-os por setores em função das medições de iluminamento realizadas nesta loja. Isto é, existem locais na parte interna da loja, que mesmo durante o período diurno precisam de iluminação artificial para exposição dos produtos e outros setores que podem manter desligados neste período.

Esta redistribuição dos circuitos se faz necessária para o desligamento manual ou para maior confiabilidade operacional da iluminação fazendo a sua automação.

Para o caso de automação da iluminação nos circuitos elétricos dos setores com aproveitamento de luz natural, sugere-se a instalação de relés fotoelétricos 1000VA/220V disponível no mercado. Este relé pode comandar até 9 luminárias com 2 lâmpadas fluorescentes com potência 54W.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo de caso mostra o quanto a energia luminosa pode ser melhor aproveitada em ambientes comerciais através de dimensionamento baseado em fundamentos físicos e conceitos de energia luminosa.

Além disso, mesmo com baixo investimento na implantação da automação é possível e viável obter ganhos significativos em eficiência energética sem comprometer a qualidade e o funcionamento do sistema de iluminação.

Percebe-se que na execução do projeto de iluminação deste supermercado não se atentou aos conceitos de eficiência energética aplicados às edificações comerciais. Esta percepção pode se aplicar a grande maioria de projetos nesta área.

As novas tecnologias de controle e automação em sistemas de iluminação têm demonstrado um alto potencial de ganhos em eficiência energética. Para que isto seja possível, o profissional de execução de projetos deve ter domínio destas tecnologias.

Por outro lado, a melhoria de iluminamento em ambientes comerciais contribui com o conforto e segurança dos clientes, qualidade de vida no trabalho para os funcionários, atendimento a legislação e conseqüentemente no aumento das vendas e de rentabilidade do negócio.

5.1. RECOMENDAÇÕES

Para futuros estudos, sugere-se aprofundar na aplicação da automação para controle de fluxo com sensores de presença e de luz no direcionamento dos clientes entre as gôndolas acionando circuitos independentes de iluminação com reatores dimerizáveis com lâmpadas led (Tubo led)

Considerando que normalmente é alto o custo de implantação de sistemas inteligentes, os novos estudos poderão ser setorizados. Por exemplo, área da padaria, açougue, adega, expositores de perecíveis, setor de hortifruti, farmácia podem ter trabalhos com análise de custos de implantação separadamente.

Esta recomendação pode contribuir para viabilizar sua implantação, pois o desembolso financeiro da empresa pode ser diluído em um prazo maior de pagamento.

6. REFERÊNCIAS

- ABNT NBR-ISO/CIE 8995-1:2013- **Iluminação de ambientes de trabalho**. Parte :
1 Interior. Abril, 2013.
- ALMEIDA, R. J. S. **Influência da iluminação artificial nos ambientes de produção: Uma análise econômica**. Ouro Preto: UFOP, 2003.
- ALVES, L.F.R. **Projetos de Iluminação**. Gráfica UFOP, 2001.
- **Aneel lança manual de Procedimentos do Programa de Eficiência Energética**.
Fonte: Procel Info. Disponível em:
<<https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2015/01/aneel-lanca-manual-de-procedimentos-programa-de-eficiencia-energetica/25334>> acesso em: 15/06/2015.
- **BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2014**- disponível em:
<https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2014.pdf.> Acesso em
05/06/2015.
- BRANCO, N. N. **Avaliação de índices de consumo de energia para supermercados**. Universidade de São Paulo – Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Mecânica. São Paulo: 2010.
- **Catálogo de controle eficiente de iluminação**. PHILIPS, 2011.
<http://www.lighting.philips.com.br/pwc_li/br_pt/lightcommunity/trends/lighting-controls/assets/Guia_Projetos_controles_consec_bx.pdf>. Acesso em 20/06/2015.
- **Catálogo de Produtos PHILIPS**. Disponível em:
<<http://www.ecat.lighting.philips.com.br/l/reatores/fluorescentes/41601/cat/> >
acessado em 29/06/2015.
- **Controles de Iluminação em Rede**. PHILIPS, 2009. Disponível em:
<http://www.lighting.philips.com.br/pwc_li/br_pt/lightcommunity/trends/lighting-controls/assets/Adalberto-dynalite.pdf> acessado em 29/06/2015.

- **Entrevista exclusiva:** Máximo Luiz Pompermayer, Superintendente de Pesquisa e Desenvolvimento e Eficiência Energética da ANEEL. Disponível em:
<[Acesso em 29/06/2015](http://www.procelinfo.com.br/main.asp?ViewID={8D1AC2E8-F790-4B7E-8DDD-CAF4CDD2BC34}¶ms=itemID={921B3E6E-302B-49AF-B055-FB71D9FADC99};&UIPartUID={D90F22DB-05D4-4644-A8F2-FAD4803C8898}.>
Acesso em 05/06/2015.
• Informativo. Como funcionam os reatores dimerizáveis. PHILIPS. Disponível em:
<<a href=)
- **Manual Luminotécnico** – OSRAM, 2007.
- MANGIAPELO, L.B.S. **Avaliação da eficiência energética em sistemas de iluminação predial: Estudo de casos em dois hipermercados na cidade de Campo Grande – MS.** UNICAMP. Campinas - SP: 2012. Disponível em:
<<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000854291> >
- NEUBUSER, M.E.; ZAMBERLAN, L.; SPAREMBERGER, A.; **A SATISFAÇÃO DO CONSUMIDOR DE SUPERMERCADOS.** Disponível em:
<http://revistas.fw.uri.br/index.php/revistadeadm/article/view/769>. Acesso em 05/06/2015.
- PLANO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. PREMISSAS E DIRETRIZES BÁSICAS. Disponível em:
<http://www.orcamentofederal.gov.br/projeto-esplanada-sustentavel/pasta-para-arquivar-dados-do-pes/Plano_Nacional_de_Eficiencia_Energetica.pd> Acesso em 05/06/2015.
- Tarifas de energia elétrica da CEMIG. Disponível em: <[47](http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/Paginas/valores_de_tarifa_e_servicos.aspx.> Acesso em 29/06/2015.

</div>
<div data-bbox=)