



UNISUL

UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

DJONATA SECHINI

EDUARDO CEZAR FRIES

**VIABILIDADE DA ETIQUETAGEM DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA O
SISTEMA DE ILUMINAÇÃO: ESTUDO DE CASO PÓS RETROFIT**

Palhoça

2018

DJONATA SECHINI
EDUARDO CEZAR FRIES

**VIABILIDADE DA ETIQUETAGEM DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA O
SISTEMA DE ILUMINAÇÃO: ESTUDO DE CASO PÓS RETROFIT**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Civil da Universidade
do Sul de Santa Catarina como requisito
parcial à obtenção do título de Engenheiro
Civil.

Orientador: Prof. Norma Beatriz Camisão Schwinden. , Esp.

Palhoça
2018

DJONATA SECHINI
EDUARDO CEZAR FRIES

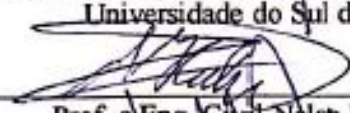
**VIABILIDADE DA ETIQUETAGEM DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA O
SISTEMA DE ILUMINAÇÃO: ESTUDO DE CASO PÓS RETROFIT**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina.

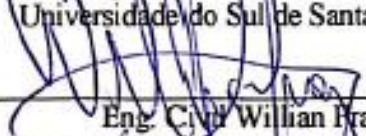
Palhoça, 14 de junho de 2018.



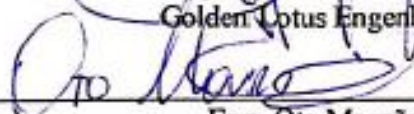
Prof. orientadora e Eng. Civil Norma Beatriz Camisão Schwinden, Esp.
Universidade do Sul de Santa Catarina



Prof. e Eng. Civil Nelson Lucio Huber, MSc.
Universidade do Sul de Santa Catarina



Eng. Civil William Praga
Golden Lotus Engenharia



Eng. Otto Mourão
Golden Lotus Engenharia

Dedico este trabalho aos meus pais Marli Maria Sechini, Ademir Sechini, a minha namorada Maria Eduarda Werlich Farias e dedico a minha avó Maria do Carmo Pereira, Saudades.

Dedico este trabalho a minha Mãe, Vera Lúcia
Ribas Vieira e em memória de meu Pai, Paulo
Claudio Fries.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela saúde para executar mais este passo da minha vida.

Aos meus pais Ademir Sechini e Marli Maria Sechini que foram de suma importância para a realização deste sonho, sempre mostrando o caminho certo a seguir e incentivando a sempre buscar o conhecimento.

A minha namorada que sempre esteve do meu lado, nos momentos difíceis dessa jornada, pelos auxílios durante o curso e durante esse tempo que estamos juntos.

Agradeço a minha orientadora Norma, pela oportunidade nos dada e de nortear nossos esforços para a obtenção desse título.

Ao amigo Eduardo Cezar Fries pelas risadas e parceria desse trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus, por toda força durante minha rotina acadêmica e a determinação para chegar até aqui.

À minha família e meus amigos, por todo apoio, incentivo e conselhos durante minha vida.

À minha orientadora, professora Norma, por seu auxílio e dedicação durante a elaboração deste trabalho.

Agradeço aos meus professores por me guiarem e passarem o seu conhecimento e experiência em prol do meu desenvolvimento profissional.

Enfim, a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste estudo.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível” (Charles Chaplin).

RESUMO

O alto custo na geração de energia elétrica, assim como os impactos ambientais são motivadores de constante evolução nos dispositivos elétricos na busca de novas tecnologias propostas para a economia de energia. Este trabalho analisa o *retrofit* do sistema de iluminação de uma edificação onde funciona uma instituição financeira pública localizada em Florianópolis. A iluminação significa uma grande quantia no consumo de energia em uma edificação, sendo ela um dos quesitos para a obtenção dos níveis de eficiência energética. O estudo baseou-se em normas técnicas específicas e apresentou resultados quanto a simulação feita com o uso do software virtual WebPrescritivo, em busca do nível eficiência energética para a etiquetagem.

Palavras-chave: WebPrescritivo. Eficiência energética, Retrofit.

ABSTRACT

The high cost of electric power generation, as well as the environmental impacts are motivators of constant evolution in the electrical devices in search of new technologies proposed for energy saving. This academic work analyzes the retrofit of the lighting system of a building where a public financial institution located in Florianópolis works. Lighting means a large amount of energy consumption in a building, being one of the requirements to achieve energy efficiency levels. The study was based on specific technical standards and presented results regarding the simulation made with the use of WebPrescritivo virtual software, in search of the energy efficiency level for the labeling.

Keywords: WebPrescritivo. Energy efficiency, Retrofit.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Iluminação artificial em espaços enclausurados	22
Figura 2 – Comparativo de lâmpadas	24
Figura 3 – Lâmpada incandescente sem espelhamento	25
Figura 4 – Lâmpada incandescente com espelhamento.....	25
Figura 5 – Lâmpada fluorescente tubular	26
Figura 6 – Lâmpada fluorescente compacta	27
Figura 7 – Led tubular	28
Figura 8 – Logo PROCEL	30
Figura 9 – Manuais RTQ	32
Figura 10 – Exemplo etiqueta eficiência energética completa	34
Figura 11 – Níveis de eficiência	35
Figura 12 – Etiqueta ENCE	36
Figura 13 – Divisão de circuitos em controles com áreas de 250m ²	38
Figura 14 – Divisão de circuitos nas janelas	39
Figura 15 – Selo INMETRO	41
Figura 16 – Luminância.....	43
Figura 17 – Luminância luz visível refletida.....	43
Figura 18 – Entorno imediato na área de trabalho.....	45
Figura 19 – Exemplos de ofuscamento.....	46
Figura 20 – Comparativos físicos, espectro lâmpadas.	47
Figura 21 – IRC sobre a aparência de cor	48
Figura 22 – Correlação metal aquecido vs. temperatura de cor em Kelvin.....	48
Figura 23 – Temperatura da cor em associação aos períodos diários	49
Figura 24 – Iluminância durante período de uso de um sistema de iluminação.....	51
Figura 25 – Modelo por áreas do edifício	52
Figura 26 – Modelo por atividades do edifício	53
Figura 27 – Fragmento 01 da figura 27	53
Figura 28 – Fragmento 02 da figura 43	54
Figura 29 – Localização edifício	55
Figura 30 – Vista aérea do edifício.....	56
Figura 31 – Etiquetas lâmpadas LED	58
Figura 32 – <i>Timer</i> digital.....	59

Figura 33 – Sensor de presença	60
Figura 34 – Foto célula.....	60
Figura 35 – Painei frontal quadro de iluminação do andar.....	61
Figura 36 – Timer digital utilizado no quadro de iluminação.	63
Figura 37 – Luminária tipo embutir Mod. CAA-01 – E232.....	64
Figura 38 – Luminária tipo sobrepor Mod. CAA-01 S232.	64
Figura 39 – Esquema de curvas de distribuição de intensidade luminosas em planos ortogonais	65
Figura 40 – Distribuição fluxo luminoso luminária mod. CAA01-E232.....	65
Figura 41 – Distribuição luminosa luminária.....	66
Figura 42 – Certificado de descarte.....	68
Figura 43 – Luminária modelo de embutir e plug elétrico	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Evolução tecnológica da iluminação e seus desafios	23
Tabela 2 – Relação entre pré-requisitos e níveis de eficiência.....	37
Tabela 3 – Áreas de controle independente.....	38
Tabela 4 – Parâmetros e seus itens na ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013.....	42
Tabela 5 – Refletância nas superfícies	44
Tabela 6 – Diferença de iluminância do entorno imediato.....	45
Tabela 7 – Aparência de cor e suas correlações	49
Tabela 8 – Disposição.....	56
Tabela 9 – Fator de utilização luminária	66
Tabela 10 – Consumo de potência fluorescente e área.....	70
Tabela 11 – Consumo de potência LED e área	70
Tabela 12 – WebPrescritivo cálculo fluorescente	71
Tabela 13 – WebPrescritivo cálculo LED	72
Tabela 14 – Tabela lâmpadas fluorescente todos os requisitos atendidos.....	74
Tabela 15 – Tabela lâmpadas LED todos os requisitos atendidos	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

BEN – Balanço Energético Nacional

CGCRE – Coordenação - Geral da Acreditação

CGIEE – Comitê Gestor de Indicadores de Níveis de Eficiência Energética

CRI – *Color Rendering Index*

DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia

ELETROBRAS – Centrais Elétricas Brasileiras S.A.

ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

EPP – Eficiência energética nos Prédios Públicos

GT-EDIFICAÇÕES – Grupo Técnico Edificações

IN – Instrução Normativa

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial.

IRC – Índice de Reprodução de Cor

LABEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações.

LED – *Light Emitting Diode*. Significa em português, diodo emissor de luz.

MPOG – Ministério de Planejamento Orçamento e Gestão

PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

Ra – *Rendering Index Average*

RAC – Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações

RGR – Reserva Global de Reversão

RTQ-C – Regulamento Técnico da Qualidade - Comercial

RTQ-R – Regulamento Técnico da Qualidade - Residencial

ST-EDIFICAÇÕES – Secretaria Técnica de Edificações

UFSC – Universidade Federal do Estado de Santa Catarina.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
1.1 JUSTIFICATIVA	17
1.2 OBJETIVOS	18
1.2.1 Objetivo geral	18
1.2.2 Objetivos específicos	18
1.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	19
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	20
2.1.1 EVOLUÇÃO DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL.....	22
2.1.1.1 LÂMPADA INCANDESCENTE	24
2.1.1.2 LÂMPADA FLUORESCENTE.....	26
2.1.1.3 LED	27
2.2 PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM – PBE	29
2.2.1 PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – PROCEL	29
2.2.2 PROCEL EDIFICA: EDIFICAÇÕES	30
2.2.2.1 PROCEL EPP: PRÉDIOS PÚBLICOS.....	32
2.2.3 ETIQUETA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA - ENCE	33
2.2.4 REGULAMENTO TÉCNICO DE QUALIDADE – COMERCIAL (RTQ-C).....	34
2.2.4.1 RTQ-C ILUMINAÇÃO	36
2.2.4.1.1 <i>DIVISÃO DE CIRCUITOS DE ILUMINAÇÃO.....</i>	<i>37</i>
2.2.4.1.2 <i>CONTRIBUIÇÃO DA LUZ NATURAL</i>	<i>38</i>
2.2.4.1.3 <i>DESLIGAMENTO AUTOMÁTICO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO</i>	<i>39</i>
2.2.5 INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA - INMETRO	40
2.3 CONTEÚDO E ANÁLISE ABNT NBR ISO/CIE 8995-1: 2013	41
2.3.1 QUANTO A DISTRIBUIÇÃO DA LUMINÂNCIA.....	42
2.3.2 QUANTO À ILUMINÂNCIA.....	44
2.3.3 QUANTO AO OFUSCAMENTO.....	45
2.3.4 QUANTO À DIRECIONALIDADE DA LUZ	46
2.3.5 QUANTO AO ÍNDICE DE REPRODUÇÃO DE COR - IRC	46

2.3.5.1	TEMPERATURA DA COR CORRELATA – TCC.....	48
2.3.6	QUANTO À CINTILAÇÃO	50
2.3.7	QUANTO À ILUMINAÇÃO NATURAL	50
2.3.8	QUANTO À MANUTENÇÃO	50
2.4	PROGRAMA WEBPRESCRITIVO	51
3	ESTUDO DE CASO	55
3.1	O EDIFÍCIO.....	55
3.2	CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	57
3.3	ILUMINAÇÃO.....	57
3.3.1	DISPOSITIVOS DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL.....	57
3.3.1.1	LÂMPADAS	57
3.3.1.2	TIMER	58
3.3.1.3	SENSOR DE PRESENÇA.....	59
3.3.1.4	FOTO CÉLULA	60
3.3.2	ANÁLISE DA DIVISÃO DE CIRCUITOS.....	61
3.3.3	ANÁLISE CONTRIBUIÇÃO DA LUZ NATURAL	62
3.3.4	ANÁLISE DESLIGAMENTO AUTOMÁTICO	62
3.3.5	LUMINÁRIAS.....	63
3.3.6	DESCARTE DAS LÂMPADAS	67
3.4	PLANO DE SUBSTITUIÇÃO	68
3.5	DETERMINAÇÃO DA POTÊNCIA INSTALADA E ÁREA ILUMINADA.....	69
3.6	SIMULAÇÃO WEBPRESCRITIVO NO ESTUDO DE CASO.....	71
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS	73
4.1	SISTEMA DE ILUMINAÇÃO	73
4.1.1	HIPÓTESE DE CONTRIBUIÇÃO DA LUZ NATURAL	74
5	CONCLUSÃO.....	76
	REFERÊNCIAS	78

1 INTRODUÇÃO

Este estudo de caso tem como foco, a eficiência energética, com a substituição de lâmpadas fluorescentes para a tecnologia de iluminação LED, adotando como base o *retrofit* de iluminação no edifício sede de uma instituição financeira pública Brasileira localizada em Florianópolis, buscando atender os critérios de avaliação necessários para a etiquetagem PROCEL Edifica, tendo em vista que o sistema de iluminação representa uma fração significativa no consumo de energia elétrica de uma edificação.

A revisão bibliográfica inicia expondo o conceito eficiência energética e a possibilidade de etiquetagem de edifícios, levando em conta ainda a constante evolução tecnológica nos sistemas de iluminação e seus padrões normativos de utilização.

Desta forma, este estudo buscou saber: Qual o desempenho da edificação quanto à etiquetagem de eficiência energética no sistema de iluminação?

1.1 JUSTIFICATIVA

Com o constante aumento do custo de energia elétrica, advindo da instabilidade sazonal da produção, excesso de consumo e seus impactos ao meio ambiente no processo de geração, o homem vem buscando desenvolver de forma incessante novas propostas tecnológicas a fim de melhorar o desempenho e buscar maior eficiência energética nas instalações prediais.

A energia elétrica tem suma importância nos dias atuais, uma vez que sua ausência causa contratemplos, prejuízos e problemas de forma geral em qualquer organização.

Quando se trata de economia de energia, diversas áreas do setor público ainda se encontram em um estado muito incipiente ou até mesmo inexistente no que se diz respeito à racionalização e conscientização da utilização dos recursos energéticos. Desta maneira, vários prédios públicos tem a possibilidade de reduzir custos e economizar energia a partir da adoção de novas tecnologias, mais avançadas e eficientes, melhorando as técnicas de gerenciamento das instalações, adequando assim o ambiente de trabalho as características normativas estipuladas na ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, em consonância com regulamentos técnicos exigidos para etiquetagem PROCEL Edifica, com foco de manter e/ou melhorar condições das atividades desenvolvidas em cada setor do prédio em questão. Acerca do assunto destaca-se que:

[...] a conscientização do uso da energia elétrica é o grande propósito das pesquisas e estudos atuais, uma vez que a escolha por determinado aparelho bem como o uso correto é a melhor maneira para evitar-se o desperdício de energia e preservar-se o meio ambiente (CORRÊA, 2016, p.17).

O tema em questão visa dar um parecer sobre a análise da substituição de lâmpadas, e assim verificar quais os verdadeiros ganhos na questão econômica, tratando-se de um edifício comercial público onde há demanda de uso constante de iluminação por prolongadas horas, dentro do estudo de caso, tornando-se uma fonte de pesquisa a ser consultada juntamente com outras bibliografias que tratam do mesmo assunto.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Fazer análise técnica na viabilidade para etiquetagem PROCEL Edifica, para sistema de iluminação no edifício sede de uma instituição financeira pública Brasileira a partir do *retrofit* na substituição das lâmpadas fluorescentes por LED, respeitando as normas técnicas vigentes.

1.2.2 Objetivos específicos

Para atender ao objetivo geral acima, foram designados como objetivos específicos:

- a) Realizar pesquisa bibliográfica referente à eficiência energética;
- b) Diferenciar tecnologias de iluminação e comparação de especificação técnica;
- c) Realizar estudo bibliográfico relacionado ao uso da tecnologia empregada;
- d) Apresentar fundamentação teórica abrangendo certificação de prédios públicos;
- e) Expor o método prescritivo para avaliação da certificação;
- f) Estabelecer dados técnicos necessários e demonstrar os resultados obtidos no consumo de energia;
- g) Expor logística de substituição;
- h) Apresentar sistema de descarte de lâmpadas;

1.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para iniciar o desenvolvimento do trabalho foi feito uma pesquisa preliminar a fim de embasar a estrutura bibliográfica acerca do tema em questão, promovendo uma fundamentação teórica com comparativos a critérios normatizados.

Este trabalho consiste em uma pesquisa descritiva considerando o estudo de caso, que segundo Silva e Menezes (2000, p. 21):

A pesquisa descritiva visa descrever as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis. Envolve o uso de técnicas padronizadas de coleta de dados: questionário e observação sistemática. Assume, em geral, a forma de levantamento.

Dentro desta compreensão o trabalho se dará através de um estudo de caso, onde o objeto de estudo será o edifício sede de uma instituição financeira pública, localizado em Florianópolis.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho será estruturado em capítulos para facilitar a sua compreensão e entendimento, onde serão apresentados da seguinte forma:

O capítulo um trará a introdução, que compreenderá a apresentação do tema da pesquisa, a justificativa, os objetivos específicos e estrutura do trabalho.

O capítulo dois apresentará a revisão da literatura sobre eficiência energética, certificações, regulamentos e programas de conservação acerca do tema em questão.

No capítulo três aborda e contempla o estudo de caso feito em um edifício comercial público, avaliando níveis de eficiência energética, relacionando as certificações e procedimentos adotados no *retrofit*.

Seguido do capítulo quatro que apresenta e descreve a análise dos resultados obtidos no estudo de caso.

O capítulo cinco elucida qual a conclusão obtida com o desenvolvimento do presente trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para este capítulo, fez-se necessário abordar às correlações entre a produção de energia elétrica no Brasil e seu alto consumo, com enfoque em edificações comerciais e de serviços públicos. Seguido da apresentação do Programa Brasileiro de Etiquetagem em conservação energética.

Trazendo ainda tecnologias de iluminação e possíveis iniciativas, com enfoque em adequações energeticamente eficientes.

2.1 EFICIÊNCIA ENERGETICA

O aumento da globalização e alta competitividade econômica nos dias atuais vêm demandando maior economia por parte das organizações e da sociedade induzindo o uso eficiente da energia elétrica. Todavia não se pode pensar somente no desembolso, mas também na diminuição dos impactos ambientais. É importante ressaltar que, além disso, por inúmeras vezes a eficiência energética traz consigo uma melhora do âmbito de trabalho e no uso da energia de forma mais racional.

Em resumo, eficiência energética é a capacidade de diminuir o gasto de energia, mantendo-se, contudo, a quantidade e qualidade do serviço energético prestado por determinado aparelho. Não se trata, pois, do racionamento do serviço energético, mas sim da substituição do aparelho objetivando a redução do consumo de energia, segundo (CORRÊA, 2016, p.17).

O consumo de energia elétrica no Brasil em edificações residenciais, comerciais e de serviços públicas, é bastante elevado chegando a aproximadamente 50% de toda a eletricidade consumida no país, segundo dados do Balanço Energético Nacional (BEN, 2016).

O BEN é fruto de extensa pesquisa, constituindo-se como base de dados ampla e sistematizada, atualizada em ciclos anuais. De suma importância para os estudos relacionados ao planejamento energético nacional, o BEN também tem se mostrado como importante instrumento de pesquisa para estudos setoriais, na medida em que apresenta estatísticas confiáveis, muitas vezes reveladoras de tendências, da oferta e do consumo de energia. O documento é tido como referência para os dados de energia do país. (BEN, 2016, p. 5)

Em contrapartida, existem grandes possibilidades para esses setores executarem inovações que motivam a economia energética, por meio da adoção de novas práticas e tecnologias.

O Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações – PROCEL EDIFICA, instituído em 2003 pela ELETROBRAS/PROCEL, vem atuando em conjunto com o Ministério de Minas e Energia, Ministério das Cidades, as universidades, os centros de pesquisa e entidades das áreas governamentais, tecnológica, econômica e de desenvolvimento, além do setor da construção civil. Seu manual fornece dados onde se constata que edificações das classes residencial, comercial e poder público representam grande parte da parcela do consumo de energia elétrica no Brasil, atualmente cerca de 50%. Contudo grande parte dessa energia é consumida para prover conforto ambiental aos usuários. O potencial técnico de economia em edificações existentes é estimado em 30%, enquanto que em prédios novos pode alcançar até 50%, ou seja, quando se considera a eficiência energética nas edificações desde a fase de projeto. (Procel Edifica, 2016)

De acordo com Corrêa (2016), em edificações comerciais e de serviços públicos uma grande porcentagem do consumo de energia elétrica ocorre por conta dos sistemas de iluminação e de climatização, o que torna um gasto bastante expressivo por tratar-se de equipamentos de uso diário, constante e ainda essenciais para o funcionamento destas edificações. Por motivos como esses e que se fazem necessários projetos de eficiência energética, além de conscientização para a mudança dos hábitos dos usuários.

Destaca Soares (2017) que o conceito da eficiência energética é o aperfeiçoamento no uso das fontes e de características de equipamentos, que consiste na relação entre a quantidade de energia empregada e o fator de potência necessário para consumação de determinada atividade com máximo aproveitamento em sua realização, sem desperdício.

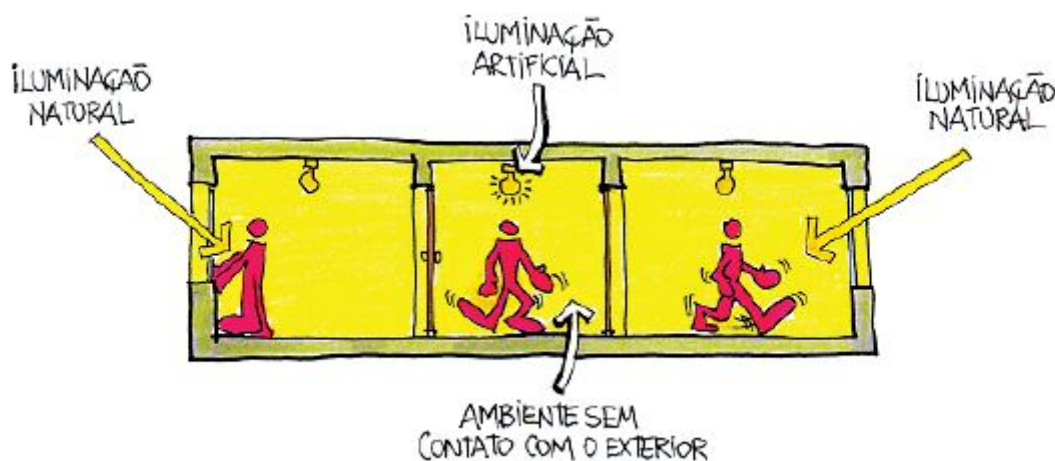
Esta questão pode ser evidenciada olhando para um passado não muito distante onde se utilizavam lâmpadas incandescentes, que segundo Soares (2017) estima-se que apenas 5% a 10% da sua energia eram transformadas em iluminação o restante era desperdiçada em forma de calor. Assim de maneira contrária, como apresenta Bley (2012), o LED é composto por componentes eletrônicos onde um diodo recebe energia e a converte em luz através da eletroluminescência sem gerar calor, promovendo assim menor consumo de energia.

Conforme comenta Borin em uma entrevista à revista digital AECWeb(2016), “Ou seja, todo o processo é voltado para gerar iluminação. Essa é a grande mágica ou segredo que liga o LED com a sustentabilidade”

2.1.1 EVOLUÇÃO DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

O principal objetivo da iluminação artificial é oferecer condições de visibilidade em determinado ambiente, onde por questões arquitetônicas não haja possibilidade de utilizar o recurso da iluminação natural, citando como exemplo grandes edificações onde existem ambientes menos nobres como despensas, banheiros, escadarias, elevadores, entre outras regiões enclausuradas sem contato com exterior, segundo entendimento em Lamberts; Dutra; Pereira (2014, p.233). A figura 1 demonstra o que se explicou anteriormente.

Figura 1 – Iluminação artificial em espaços enclausurados



Fonte: Lamberts; Dutra; Pereira (2014).

Com o passar do tempo, criou-se dispositivos de iluminações artificiais permitindo o homem à ambientação de espaços e execução de atividades em locais desprovidos de incidência solar e até mesmo nos períodos noturnos, segundo COSTA (2006):

Durante a evolução humana, com a necessidade de aumentar o período produtivo diário, foi preciso criar um método de fazer com que o homem enxergasse mesmo depois que a luz do Sol deixasse de incidir naquele local. Por tal razão, foram construídos diversos artefatos que proporcionavam luminosidade independente da incidência do Sol, viabilizando, assim, o aumento do período produtivo diário.

Conforme a tabela 1 mostra a evolução dos artefatos que estavam surgindo e com esses, novos desafios eram lançados em relação à melhoria de desempenho, da eficiência luminosa.

Tabela 1 – Evolução tecnológica da iluminação e seus desafios

Ano	Fonte Luminosa	Desafio tecnológico
Domínio do Fogo		
?	Descoberta do fogo	Como iniciar?
500.000 a.C.	Fogueira	Como controlar?
200.000 a.C.	Tocha	Como manter?
20.000 a.C.	Lâmpada a óleo animal	Como facilitar o transporte?
Século I	Vela a cera	Como ter em qualidade?
1780	Vela de espermacete	Como popularizar?
1784	Lâmpião Argand	Como usar em via pública?
1803	Lâmpião a gás de carvão	Como aumentar intensidade?
Domínio da eletricidade		
1808	Arco voltaico	como manter constante o arco?
1830	Vela parafínica	...fim...
1847	Lâmpião de óleo parafínico	Como aumentar a luz?
1878	Lâmpada incandescente a carvão	Como aumentar a vida útil?
1880	Arco voltaico controlado	Como aumentar a segurança?
1887	Lâmpião com camisa	...fim...
1893	Arco voltaico encapsulado	...fim...
1901	Lâmpada vapor mercúrio baixa pressão	Como alimentar em CA?
1902	Lâmpada incandescente de ósmio	Como baratear o filamento?
1906	Lâmpada incandescente de tântalo	Como evitar a quebra do filamento?
1907	Lâmpada incandescente de tungstênio	Como aumentar o filamento?
1908	Lâmpada vapor de mercúrio alta pressão	Como evitar a alta radiação UV?
1912	Lâmpada incandescente tungstênio espiral	Como aumentar a eficiência?
1931	Lâmpada vapor de sódio baixa pressão	Como alimentar em CA?
1932	Lâmpada fluorescente	Como melhorar a reprodução de cor?
1933	Lâmpada incandescente espiral dupla	Como aumentar mais a eficiência?
1933	Lâmpada vapor de sódio baixa pressão	Como melhorar a reprodução de cor?
1934	Lâmpada incandescente espiral tripla	Como economizar energia?
1935	Lâmpada vapor de mercúrio alta pressão	Como melhorar a reprodução de cor?
1941	Lâmpada incandescente halógena	Como montar em qualquer posição?
1955	Lâmpada vapor de sódio alta pressão	Como sinterizar o alumínio?
1959	Lâmpada incandescente halógena	Como direcionar o calor irradiado?
1964	Lâmpada vapor a iodetos metálicos	Como acender rapidamente?
1965	Lâmpada vapor de sódio alta pressão	Como melhorar a reprodução de cor?
Choque do petróleo		
1973	Lâmpada fluorescente de pós emissivos	Como melhorar sua eficácia?
1980	Lâmpada fluorescente compacta	Como aumentar o desempenho?
1987	Lâmpada incandescente econômica	Como conscientizar o usuário?
1988	Sistemas integrados	Como popularizar?
1991	Lâmpada de indução	Como competir com outros sistemas?
1992	Lâmpada fluorescente eletrônica compacta	Como reduzir custos para venda?
1994	Lâmpada de enxofre	Como criar variedade de potências?
1996	Lâmpada fluorescente de 16 mm diâmetro	Como adaptar aos sistemas existentes?

Fonte: Costa, (2006, p.21)

Para compor a iluminação artificial, as lâmpadas se destacam e vem tendo evolução voltada para a redução do consumo energético e aumento de luminosidade. Na sequência estão apresentados os tipos de lâmpadas mais usuais em edifícios, demonstradas na figura 2 com seus respectivos níveis de eficiência energética.

Figura 2 – Comparativo de lâmpadas

EFICIÊNCIA		Menos		Mais				
TIPO								
	COMUM		HALÓGENA		CFL		LED	
CONSUMO	40 W		28 W		8 W		4 W	
	60 W		42 W		12 W		6 W	
	75 W		53 W		15 W		8 W	
	100 W		70 W		20 W		10 W	
DURABILIDADE	1 ano		1-3 anos		6-10 anos		15-25 anos	
ECONOMIA	✕		até 30%		até 80%		até 95%	

Fonte: Coletivo Verde (2018)

2.1.1.1 LÂMPADA INCANDESCENTE

Lâmpada incandescente segundo Lamberts; Dutra; Pereira (2014) trata-se de um dispositivo formado por um filamento metálico de tungstênio eletrificado situado dentro de um bulbo de vidro composto com gases. Na lâmpada, se transforma energia elétrica em energia luminosa com uma parcela de perda em energia térmica, alguns modelos na tentativa de melhoria no desempenho e direcionamento da luz possuem um refletor interno espelhado.

Thomas Alva Edison em 21 de outubro de 1879 foi um dos primeiros a aplicar os princípios da produção maciça ao processo da invenção segundo LOPES (2013).

Edison tentou inicialmente utilizar filamentos metálicos. Foram necessários enormes investimentos e milhares de tentativas para descobrir o filamento ideal: um fio de algodão parcialmente carbonizado. Instalado num bulbo de vidro com vácuo, aquecia-se com a passagem da corrente elétrica até ficar incandescente, sem, porém derreter, sublimar ou queimar. Em 1879, uma lâmpada assim construída brilhou por 48 horas contínuas e, nas comemorações do final de ano, uma rua inteira, próxima ao laboratório, foi iluminada para demonstração pública. Alguns anos se passaram e conta-se que Thomas Edison, antes de conseguir fazer a ideia de a lâmpada funcionar, admitiu que havia criado 100 maneiras erradas de se construir uma lâmpada.

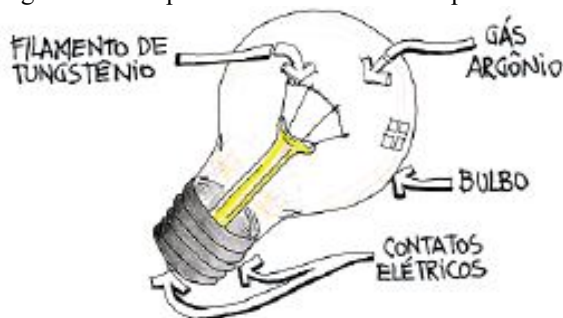
Destaca ainda Lamberts; Dutra; Pereira (2014) que seus pontos negativos são sua pequena vida útil em torno de 1.000 horas e sua falta de eficiência energética. Como sua finalidade apenas a geração de luz, mas devido a sua estrutura e funcionamento, ela torna seu filamento uma resistência quando aplicada tensão elétrica e assim ocorre uma perda no fator de potência transformando essa energia elétrica também em energia térmica.

Em face desses motivos, sua comercialização está extinta no Brasil conforme determina a Portaria Interministerial Nº 1.007, de 31 de dezembro de 2010, assim explica artigo (SIENGE, 2016):

A troca efetiva das lâmpadas incandescentes no Brasil começou em 2012, com a proibição da venda de lâmpadas com mais de 150W. Em 2013, houve a eliminação das lâmpadas de potência entre 60W e 100W. Em 2014, foi a vez das lâmpadas de 40W a 60W. Este ano, começou a ser proibida também a produção e importação de lâmpadas incandescentes de 25 W a 40 W, cuja fiscalização ocorrerá em 2017.

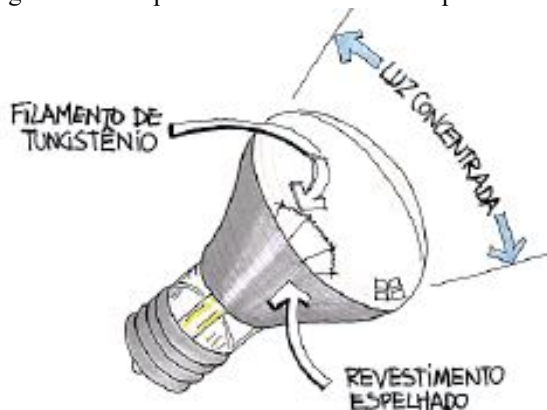
Demonstrando assim nas figuras 3 e 4, os modelos de lâmpadas incandescentes e suas características descritas anteriormente.

Figura 3 – Lâmpada incandescente sem espelhamento



Fonte: Lamberts; Dutra; Pereira (2014).

Figura 4 – Lâmpada incandescente com espelhamento



Fonte: Lamberts; Dutra; Pereira (2014).

2.1.1.2 LÂMPADA FLUORESCENTE

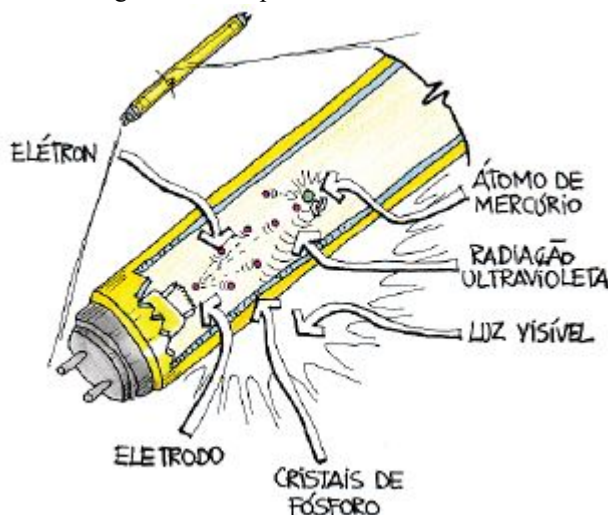
Existem basicamente dois tipos de lâmpadas fluorescentes, compactas e convencionais com uma subdivisão nas convencionais utilizando sistemas de reatores convencionais e outro com modelo eletrônico, onde o reator eletrônico dispensa o uso de *starters* de partida. Nesses modelos de lâmpadas não existe filamento metálico, a luz é produzida pela excitação de um gás (átomos de mercúrio e cristais de fósforo) contido entre dois eletrodos um em cada ponta, o reator tem a função de fornecer alta voltagem de partida para começar a descarga, após início limitando a corrente para manter a segurança da tensão necessária de operação segundo entendimento em Viana et al., (2012 p.134).

Lamberts; Dutra e Pereira (2014) destacam que estas possuem boa eficiência luminosa, variando entre quatro a seis vezes mais que as incandescentes, com uma vida útil aproximada entre 6.000 e 16.000 horas.

As vantagens em se utilizar esse tipo de lâmpada estão em seu baixo consumo energético, (cerca de 80% a menos que das incandescentes comuns), alta eficiência energética, por converterem mais energia em luz do que em calor, e maior durabilidade. Podem ser aplicadas em diversas situações, desde o uso doméstico até o industrial como iluminação geral (ELEKTRO, 2014). Dentro dessa compreensão suas vantagens sobre os modelos de lâmpadas incandescentes e o aproveitamento na transformação da energia elétrica em energia luminosa tendo menor perda térmica e melhorando assim o fator de potência.

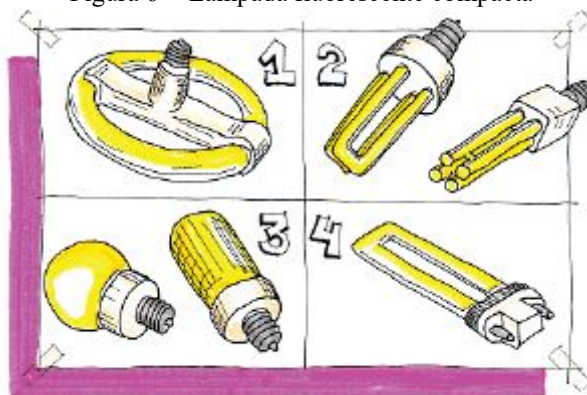
Ilustrado na figura 5 o interior de uma lâmpada fluorescente tubular e na figura 6 alguns modelos de lâmpadas fluorescentes compactas.

Figura 5 – Lâmpada fluorescente tubular



Fonte: Lamberts; Dutra; Pereira (2014).

Figura 6 – Lâmpada fluorescente compacta



Fonte: Lamberts; Dutra; Pereira (2014).

2.1.1.3 LED

LEDs possuem uma expectativa de vida útil maior que 36.000 horas de uso, utilizando a expectativa mínima em uma rotina diária de 14 horas/dia úteis significaria 13 anos sem manutenção. (AECWeb, 2018)

Denominada há 50 anos como “lâmpada do futuro” uma pequena invenção criada por Nick Holonyak físico na empresa General Eletric – GE foi desenvolvida para trazer novas possibilidades na parte de tecnologia e inovação na questão eficiência energética. O LED que em português significa Diodo Emissor de Luz é um circuito, que quando energizado prótons e elétrons são conduzidos a esse diodo para que ocorra uma explosão, assim emitindo luz visível ao olho humano segundo periódico digital BRAINSTORM9 – B9 (2018).

A seguir BOREALLED (2018) explica que os primeiros dispositivos LED da década de 1950 possuíam apenas a capacidade de produzir luz vermelha e foram usados por muito tempo como indicadores de estado em aparelhos eletrônicos, ou seja, indicava se o aparelho estava ligado ou desligado, com o passar do tempo e evolução os circuitos foram ganhando outras cores como verde na década de 1970.

Mas apenas com a chegada das cores azul e amarela que se tornou possível à combinação de cores. Com um desafio aproximado de 30 anos os cientistas Isamu Akasaki, Hiroshi Amano e Shuji Nakamura trabalhando juntos na Universidade de Nagois tornaram possível reproduzir enfim a tão esperada luz branca, assim conquistando Premio Nobel de Física em 2014, como expõe matéria publicada Portal G1 (2014). Foi quando suas aplicações ganharam novos olhares.

Recentemente, com a descoberta da técnica para emitir luz com maior abundância e com a emissão de luz branca, tornou-se possível a utilização do LED como substituto das lâmpadas normais, com vantagens de altíssima vida útil e eficiência energética. Outras vantagens são seu tamanho reduzido, a variedade de cores, a alta resistência a choque e vibrações, a luz dirigida e a pequena dissipação de calor. (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014 p. 239).

Os sistemas LED, apesar de possuir um custo de implementação maior em relação a alternativas anteriores, suas vantagens superam-se, pois reduzem custo de manutenção assim chegando a uma vida útil 10 vezes mais que lâmpadas fluorescentes, dependendo da sua aplicação atingindo 50 mil horas de uso como afirma BOREALLED (2018).

Raios infravermelhos emitidos por lâmpadas, também promovem a atração de insetos em direção à luz, o que pode torna-se um problema para a saúde pública. O estudo mostrou que o LED não promove emissão de raios ultravioletas e infravermelhos, faz se assim o comentário de DUTRA (2014).

Um dos grandes benefícios da tecnologia LED em iluminação é a não emissão de raios UV (ultravioleta). Este comprimento de onda UV é prejudicial à saúde humana, sendo lesivo à pele e à visão. São eles os causadores das pintas, manchas e o câncer de pele. Ainda atacam a córnea de forma que afetam a visão. Outro aspecto danoso do UV é sua propriedade de desbotar materiais e superfícies expostas a ele. Objetos e produtos que sofram de longa exposição à Radiação UV desbotam e mancham. Essa é mais uma das razões que fazem do LED uma excelente forma de iluminar produtos e obras-de-arte que foram feitas para durar, preservando suas características e seu valor.

Na figura 7 é mostrado um exemplo de lâmpada LED Tubular.

Figura 7 – Led tubular



Fonte: Tonya Light (2018)

2.2 PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM – PBE

Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE é um programa em avaliação de desempenho, coordenado pelo INMETRO e ELETROBRAS/PROCEL Edifica, criado em 1984, o PBE, incentiva inovações tecnológica de produtos e assim promove interações nos requisitos de desempenhos em relação à conformidade do Regulamento Técnico da Qualidade - RTQ.

Esta etiqueta transparece a capacidade de economia de energia em determinada edificação, seja ela na etapa de projeto ou uma edificação já construída, fazendo desta maneira que haja o conhecimento do nível de eficiência desta edificação. Para classe consumidora essa informação torna-se importante para a tomada de decisão, já que desta maneira é possível comparar de maneira mais prática os níveis de eficiência energética entre elas. (PROCEL INFO, 2018).

“Hoje é um amplo programa de conservação de energia, coordenado pelo Inmetro, que utiliza a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para informar a eficiência energética dos produtos consumidores de energia comercializados no país”. (PROCEL, 2013 p. 2).

2.2.1 PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – PROCEL

Instituído pelo governo federal pela portaria interministerial nº 1.877 em 30 de dezembro de 1985, o PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia - MME e executado pela ELETROBRAS. Foi criado com intuito de promover o uso eficiente da energia elétrica e combater o seu desperdício.

O PROCEL atua para a contribuição no aumento na eficiência de bens e serviços a fim de desenvolver melhores costumes e conhecimentos sobre o uso consciente e racional da energia. (PROCEL INFO, 2018). A figura 8 a seguir apresenta o logo do Procel.

Figura 8 – Logo PROCEL



Fonte: Procel Info (2018)

Nesse contexto, o PROCEL promove ações de eficiência energética em diversos segmentos da economia, que ajudam o país a economizar energia elétrica e que geram benefícios para toda a sociedade, assim explica a Cartilha do Programa Brasileiro de Etiquetagem o PBE Edifica (2013):

O Procel desenvolve e apoia projetos na área de conservação e do uso racional de energia em edificações residenciais, comerciais, de serviços e públicas. Essas atividades incluem pesquisas e apoio à produção de novas tecnologias, materiais e sistemas construtivos, além de estimular o desenvolvimento de equipamentos eficientes, utilizados em edificações.

2.2.2 PROCEL EDIFICA: EDIFICAÇÕES

O PROCEL Edifica é um subprograma derivado do PROCEL, cuja incumbência é a promoção da eficiência energética em edificações por meio de projetos de pesquisas e fomento a prática eficiente na utilização da energia em consonância a Lei da Eficiência Energética 10.295/2001 regulamentada pelo Decreto nº 4059/2001, onde se entende que a conservação de energia deve ser finalidade da Política Energética Nacional, a Lei estimula o desenvolvimento tecnológico, a preservação ambiental e a introdução de produtos mais eficientes no mercado nacional.

O Decreto nº 4059/2001 criou o Comitê Gestor de Indicadores de Níveis de Eficiência Energética (CGIEE), este comitê designou membros para compor o Grupo Técnico para Eficientização de Energia nas Edificações no País o GT-Edificações que então seria responsável pela regulamentação e elaboração de procedimentos para a avaliação da eficiência

energética das edificações construídas no Brasil, com intuito de classificar e contribuir para a expansão energeticamente eficiente dessas edificações no país, desta forma diminuindo os gastos operacionais na construção, no uso e na manutenção desses imóveis.

O GT – Edificações no final de 2005 criou a Secretaria Técnica de Edificações a ST-Edificações, com competência para discutir questões técnicas compreendendo os indicadores de eficiência energética.

A composição da ST-Edificações foi revista em 2012 a fim de apenas integrantes com doutorado nas áreas de interesse colaborassem com as discussões internas e analisar as sugestões nas alterações de portarias, antes mesmo de serem enviadas para a consulta pública.

Este plano foi predeterminado a fim de evitar que os interesses do mercado sejam predominantes em relação aos interesses dos consumidores. PBE edifica (2013).

Segundo Tavares (2012) uma parceria entre a ST – Edificações e INMETRO em 2009, desenvolveram e publicou o RTQ-C – Requisitos Técnicos da Qualidade para o nível de eficiência energética de edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos e seus documentos complementares, e em 2010 o RTQ-R – Requisitos Técnicos da Qualidade para do nível de eficiência energética de edifícios Residenciais.

Conforme Modesto (2014), a evolução dos trabalhos desse Grupo Técnico resultou no desenvolvimento da Etiquetagem de Edificações, que se desenvolveu dentro do domínio do Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE. Os manuais para as avaliações estão baseados em quatro volumes apresentados na figura 9, são eles:

- Introdução com explicações e apresentação dos volumes;
- Requisitos Técnicos da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de serviços e Públicos – RTQ-C;
- Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais – RTQ-R;
- Requisitos de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações – RAC;
- Manuais para aplicação do RTQ-C e RTQ-R.

Figura 9 – Manuais RTQ



Fonte: MORI, 2011. Retirado do slide pag. 5, acesso em 24 de maio. 2018

Os manuais podem ser facilmente acessados por qualquer pessoa através do site do PROCEL Edifica, nele contém todos os manuais atualizados além de inúmeras outras informações a respeito das etiquetas.

2.2.2.1 PROCEL EPP: PRÉDIOS PÚBLICOS

A Eletrobras, por meio do PROCEL EPP, tem como objetivo estimular o uso eficiente da energia elétrica nas edificações públicas, abrangendo as três esferas de governo no Brasil: federal, estadual e municipal. Com essa proposta tem desenvolvido, entre outras, as seguintes ações: identificação de oportunidades tecnológicas e de soluções inovadoras aplicáveis a programas e projetos de eficiência energética destinada a prédios públicos; apoio técnico aos agentes de governo envolvidos na administração de prédios públicos; estruturação de projetos demonstração; suporte à normatização e apoio às concessionárias de energia elétrica em projetos de eficiência energética. Como exposto no plano de aplicações e recursos PROCEL em PROCEL INFO (2017, p.31).

Em agosto de 2014, conforme esclarece PROCEL INFO (2017) a Etiquetagem de Edificações tornou-se obrigatória em edifícios da Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional. A Instrução normativa SLTI n.º 2/2014, do Ministério de Planejamento Orçamento e Gestão (MPOG) dispõem as regras para a aquisição ou locação de máquinas e aparelhos consumidores de energia e o uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nos projetos e respectivas edificações públicas federais novas ou que recebam *retrofit*.

Segundo Instrução Normativa de Eficiência Energética IN 02-2014, para as edificações, os projetos devem ser desenvolvidos ou contratados visando, obrigatoriamente, à obtenção da ENCE Geral de Projeto classe “A”, assim como a construção da nova Edificação deve ser executada ou contratada de forma a garantir a obtenção da ENCE Geral da Edificação Construída classe “A”.

2.2.3 ETIQUETA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA - ENCE

A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) é obtida mediante a avaliação da edificação a partir dos requisitos contidos nos regulamentos técnicos RTQ-C e RTQ-R e segundo as regras estabelecidas no RAC. Essa atividade é feita por um Organismo de Inspeção Acreditado (OIA), creditada pelo Inmetro, a partir de informações retiradas do Manual para Etiquetagem de Edificações Públicas (ELETROBRAS/PROCEL; CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES, 2014).

Os OIAs são empresas que após organizar a sua estrutura recebem a atestação do Inmetro para realizar inspeções de projeto e/ou do edifício construído (verificação *in loco* das características descritas nos projetos) nos escopos que desejar de acordo com a norma regulamentadora do INMETRO sob no NIT DIOIS 012, (PBE EDIFICA, 2018).

A norma NIT-DIOIS-012 foi aprovada em janeiro 2011 e tem como objetivo estabelecer os critérios que um Organismo de Inspeção na área de Eficiência Energética de Edifícios deve atender para fins de obtenção e manutenção da acreditação na Coordenação Geral de Acreditação - CGCRE. (INMETRO, 2011).

A figura 10 a seguir demonstra a etiqueta de eficiência energética que é emitida para edificações comerciais, de serviços e públicas. Estas etiquetas podem ser expedidas tanto para a avaliação completa da edificação, levando em consideração à envoltória, sistemas de iluminação e condicionamento de ar ou avaliação parcial da edificação, etiquetando desta maneira o edifício em apenas um ou dois destes quesitos.

Figura 10 – Exemplo etiqueta eficiência energética completa



Fonte: Manual RTQ-C (2016)

2.2.4 REGULAMENTO TECNICO DE QUALIDADE – COMERCIAL (RTQ-C)

O RTQ-C é um manual de classificação que propõe detalhamentos de requisitos do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência energética de Edifícios Comerciais e de Serviços Públicos (RTQ-C), de maneira a elucidar da melhor forma possível dúvidas que possam surgir sobre os métodos de aplicação, cálculos e seus parâmetros.

As edificações propostas ao RTQ-C precisam seguir as normativas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) atualizadas, conforme introdução do RTQ-C (2016, p.61). Destaca-se que o manual para aplicação do RTQ-C (2016, Pg.06) esclarece posteriormente:

Cabe salientar que nenhuma regulamentação por si só garante um edifício de qualidade. Maiores níveis de eficiência podem ser alcançados através de estratégias de projeto e por iniciativas e cooperação dos diversos atores ligados à construção dos edifícios (arquitetos, engenheiros civis, eletricitistas, mecânicos e empreendedores). Os usuários também têm participação decisiva no uso de edifícios eficientes através dos seus hábitos, que podem reduzir de forma significativa o consumo de energia, aumentando assim a eficiência das edificações e reduzindo desperdícios.

Dentro desse contexto ressalta-se a importância de todos os envolvidos ligados a edificação para com a redução do consumo e eficiência nas edificações, diminuindo o desperdício energético gerado.

Apesar do RTQ-C dar as diretrizes para a obtenção de níveis maiores de eficiência energética não se limita as suas determinações podendo assim ser constantemente atualizadas com modernizações e inovações tecnológicas criando uma rotina de aperfeiçoamento.

Na Figura 11 é demonstrada a escala de eficiência do RTQ-C variando entre A (mais eficiente) e E (menos eficiente).

Figura 11 – Níveis de eficiência



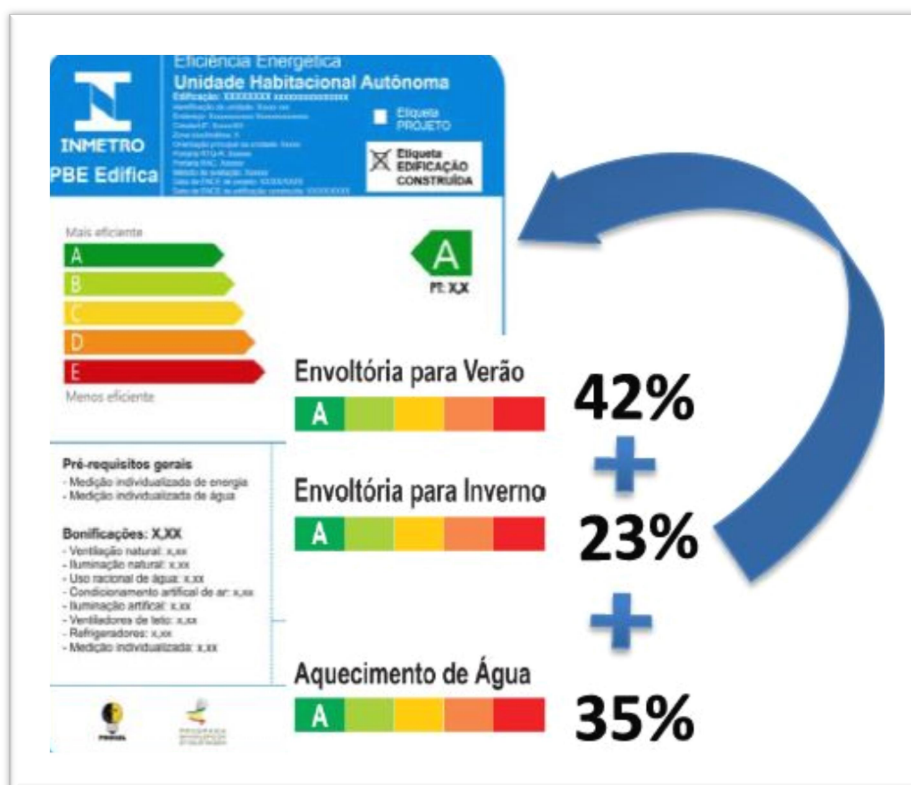
Fonte: Manual RTQ-C (2016)

O RTQ-C (2016 p.37) estabelece três tipos de classificação para de sistemas em edifícios, a ENCE Parcial é fornecida após serem avaliados um ou dois sistemas individuais que a compõe. A ENCE Parcial pode ter uma das seguintes combinações:

- Envoltória;
- Iluminação;
- Condicionamento de ar.

Como disposto em figura 12 a seguir.

Figura 12 – Etiqueta ENCE



Fonte: labeee, ufsc, 2017

O estudo tem como direcionamento apenas o sistema de iluminação o que será descrito posteriormente no estudo de caso.

2.2.4.1 RTQ-C ILUMINAÇÃO

“Nos edifícios comerciais a iluminação artificial tem suma importância para seu funcionamento, permitindo o trabalho em locais distantes das fachadas e em ocasiões em que a luz natural não alcança os níveis mínimos de iluminação adequadamente”. (RTQ-C, 2016).

É indispensável obter os níveis corretos de iluminação nos ambientes internos de trabalho destes edifícios, pois somente assim garantem-se aos seus usuários as condições ideais para o desempenho de suas atividades. Desta forma a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 estabelece níveis mínimos de luminância, que segundo Neto (1980), luminância corresponde ao brilho de uma superfície que emite ou reflete uma intensidade luminosa de uma candela por metro quadrado, necessários para realização de determinados tipos de atividades.

Entretanto, cabe ressaltar que, este sistema de iluminação artificial consome energia e gera uma carga térmica, desta forma apresenta por tanto dois tipos de consumo energético: o consumo direto, utilizando eletricidade para gerar luz e consumo indireto, este resultante do calor

que é gerado neste processo. “Um sistema de iluminação eficiente oferece níveis adequados de luminância utilizando o mínimo de energia possível assim gerando menos carga térmica”, Manual RTQ-C (2016 p.126).

Na compreensão de sustentabilidade e eficiência energética citada no Manual RTQ-C é regulamentado em níveis para sua bonificação, quanto maior o nível de eficiência energética, maior é número de pré-requisitos a serem atendidos, dentre eles se estão à separação de circuitos, contribuição da luz natural e desligamento automático, como é descrito na tabela 2 logo posteriormente.

Tabela 2 – Relação entre pré-requisitos e níveis de eficiência

Nível Pretendido	Divisão de circuitos	Contribuição da luz natural	Desligamento Automático
A	X	X	X
B	X	X	
C	X		
D	X		

Fonte: Edifício exemplo RTQ-C (2015)

2.2.4.1.1 DIVISÃO DE CIRCUITOS DE ILUMINAÇÃO

Como critérios de controle o Manual RTQ-C (2016, p.124), item 4.1.1, define-se que cada ambiente fechado por paredes ou divisórias até o teto devem respeitar como requisito, possuir pelo menos um dispositivo de controle manual para o acionamento da iluminação interna do ambiente. Cada dispositivo de controle manual deve estar em fácil acesso e localizado de tal forma sendo possível visualizar todo o sistema de iluminação que está sendo controlado. Caso não seja possível visualizar todo o ambiente iluminado, é necessário informar ao usuário, através de uma representação gráfica da sala, qual a área abrangida pelo controle manual.

O RTQ-C determina que ambientes com área inferior a 250 m², é permitido um controle para todo o ambiente. No caso de ambientes com grandes áreas, acima de 250 m², a divisão do sistema em parcelas menores, de no máximo 250 m², cada uma com um controle independente, a fim de setorizar o sistema de acionamento quando houver poucos usuários no local, evitando grandes áreas iluminadas sem ocupação.

Se o ambiente apresenta área maior que 1000 m² (por exemplo, um galpão), então o sistema de iluminação deve ser dividido em parcelas com áreas máximas de 1000 m², como

estipulado no Manual RTQ-C e exemplificado na tabela 3 de Relação entre áreas de ambientes e áreas de controle independente retirada do Manual RTQ-C.

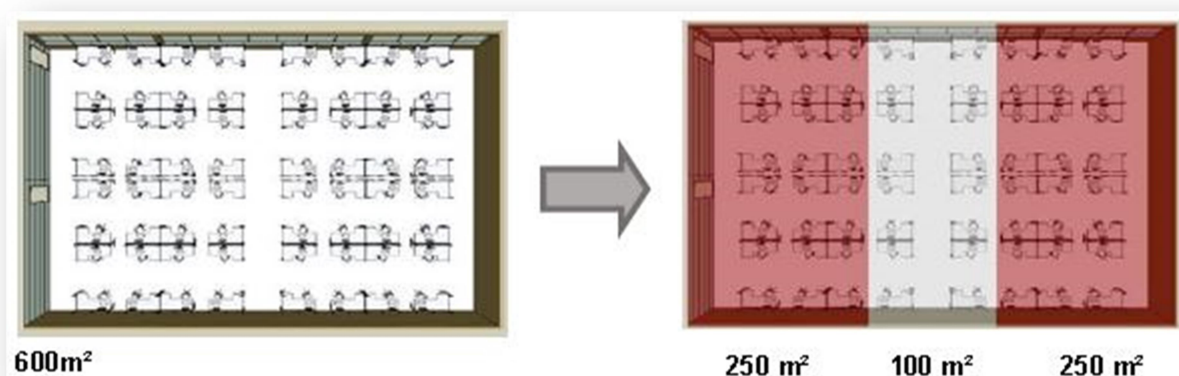
Tabela 3 – Áreas de controle independente

Área total de piso do ambiente	Área máxima de piso da parcela iluminada por sistema com um controle independente
$\leq 1000 \text{ m}^2$	250 m^2
$> 1000 \text{ m}^2$	1000 m^2

Fonte: Manual RTQ-C (2016)

A figura 13 representa a divisão de circuitos de um sistema que ilumina 600 m^2 de área de piso. Dividido em três circuitos de controle, sendo que os dois laterais possuem a área máxima permitida, de 250 m^2 , e o circuito central possui 100 m^2 . Desta forma, não se faz necessária a permanência de todos os circuitos ligados no momento em que há ocupantes somente em uma determinada área.

Figura 13 – Divisão de circuitos em controles com áreas de 250 m^2 .



Fonte: Manual RTQ-C (2016)

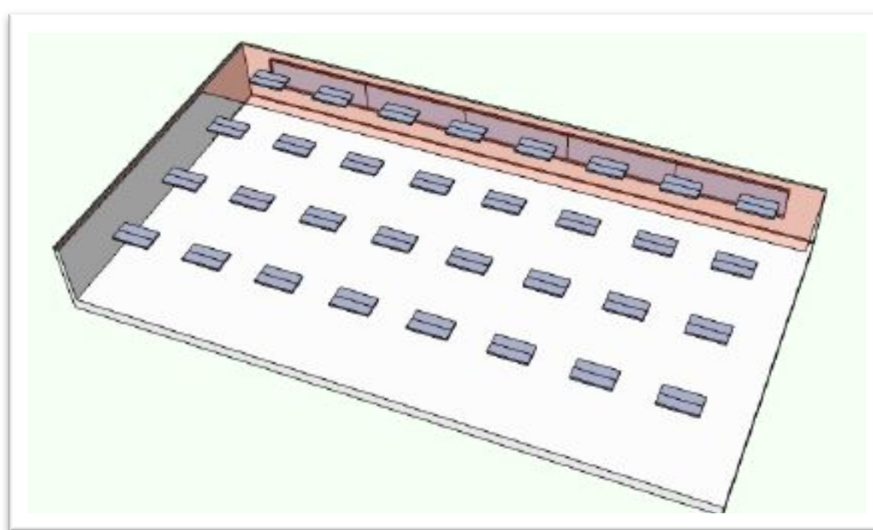
2.2.4.1.2 CONTRIBUIÇÃO DA LUZ NATURAL

Outro pré-requisito necessário do Manual RTQ-C (2016, p.126), no seu item 4.1.2, diz respeito à contribuição em ambientes com abertura(s) voltada(s) para o ambiente externo, para átrio não coberto ou de cobertura translúcida que possibilitem a entrada de luz natural onde contenham mais de uma fileira de luminárias paralelas, à(s) abertura(s) devem possuir um controle instalado, manual ou automático, para o acionamento independente da fileira de

luminárias mais próxima à abertura, de forma a propiciar o aproveitamento da luz natural disponível.

Também é determinado no RTQ-C que as luminárias próximas às janelas devem possuir um dispositivo de desligamento independente do restante do sistema. É ilustrada na figura 14 a divisão de circuitos aplicada às janelas com incidência de luz, o posicionamento das luminárias é também um item importante a ser considerado no projeto luminotécnico, segundo Manual RTQ-C.

Figura 14 – Divisão de circuitos nas janelas



Fonte: Manual RTQ-C (2016)

2.2.4.1.3 DESLIGAMENTO AUTOMÁTICO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

Na compreensão do Manual RTQ-C (2016, p.126), no seu item 4.1.3, o sistema de iluminação interna de ambientes maiores que 250 m² devem possuir um dispositivo de controle automático para desligamento da iluminação. Sendo assim este dispositivo de controle automático deve funcionar de acordo com uma das seguintes opções:

- Um sistema automático com desligamento da iluminação em um horário pré-determinado. Deverá existir uma programação independente para um limite de área de até 2500 m²; ou
- Um sensor de presença que desligue a iluminação 30 minutos após a saída de todos ocupantes; ou

- Um sinal de outro controle ou sistema de alarme que indique que a área está desocupada.

Exceções aos ambientes seguintes:

- Ambientes que devem propositadamente funcionar durante 24 h;
- Ambientes onde existe tratamento ou repouso de pacientes e
- Ambientes onde o desligamento automático da iluminação pode comprovadamente oferecer riscos à integridade física dos usuários.

Para evitar ambientes desocupados com iluminação artificial ativada, o RTQ-C determina a utilização de dispositivos que garantam o desligamento dos sistemas de iluminação quando ninguém se encontra presente. O RTQ-C estipula três métodos para garantir que ambientes não ocupados não continuem com o sistema de iluminação ligado.

Como caracteriza no Manual RTQ-C a aplicação de um destes métodos é obrigatória para ambientes com área superior a 250 m² para o nível A. Sendo necessário frisar que o cumprimento deste pré-requisito transcritos do Manual RTQ-C não exclui a necessidade de existir um controle manual no ambiente, proporcionando ao ocupante, flexibilidade de uso. Esta medida, controle independente de acionamento do sistema de iluminação, visa permitir que o usuário possa controlar o uso da iluminação de acordo com a necessidade. Já o desligamento automático, visa melhorar o uso do sistema de iluminação na ausência de usuários.

Cada método, portanto, tem objetivos diferentes e o cumprimento de um não substitui o atendimento ao outro defende o Manual RTQ-C.

Na afirmação do RTQ-C caso o ambiente possua área inferior a 250 m² e não possua sistema com desligamento automático, considera-se que o pré-requisito foi atendido.

2.2.5 INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA - INMETRO

O Instituto Nacional de Metrologia, qualidade e tecnologia (INMETRO) é uma autarquia federal vinculada ao Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. Ele atua como órgão fiscalizador de parâmetros como peso, medidas, desempenho e qualidade em inúmeros produtos, funcionando como um “Sistema de Proteção ao Consumidor”. Desempenhando testes laboratoriais, avaliações e exames, consiste na etiquetagem do selo de

identificação na conformidade dos diagnósticos, reconhecendo competências estipuladas segundo requisitos estabelecidos em normas técnicas: Programas, ABNT, NBR, ISO entre outras. A figura 15 demonstra o selo INMETRO em conjunto com selo PROCEL e PBE de uma lâmpada LED.

Figura 15 – Selo INMETRO



Fonte: Ambiente Energia (acesso 2018)

2.3 CONTEÚDO E ANÁLISE ABNT NBR ISO/CIE 8995-1: 2013

A atual norma que se refere à iluminação interna nos ambientes de trabalho teve sua primeira publicação em 21 de março de 2013 e entrou em vigor dia 21 de abril de 2013 quando cancelou e substituiu a norma ABNT NBR 5413:1992 que abordava a verificação de iluminância de interiores, acerca deste assunto:

A NBR 5413 teve sua última revisão em 1992. Ela apenas estabelecia os valores mínimos para a iluminância de diferentes atividades. A norma apresentava três valores crescentes de iluminância, ambos em lux. O critério de escolha do valor era determinado pela idade do observador, precisão da tarefa e refletância do fundo da tarefa. (MODESTO, 2014, pg. 27).

A ABNT NBR ISO/CIE 8995-1: 2013 foi elaborada pela comissão de estudo de aplicações luminotécnicas e medições fotométricas CE-03:034.04 do Comitê Brasileiro de Eletricidade - COBEI e contou com a participação de mais de 60 profissionais representantes de

empresas, arquitetos luminotécnicos, projetistas de sistemas de iluminação, concessionárias de energia elétrica, fabricantes de equipamentos de iluminação, laboratórios de ensaios, estes vinculados ao Inmetro, Procel, CIE Brasil, Eletrobrás entre outros. (JORNAL DA INSTALAÇÃO, 2013).

Destaca-se que este projeto circulou em consulta nacional pelo edital de nº 08 no período de 28 de agosto de 2012 a 26 de setembro de 2012 com o projeto número 03:034.04-100 antes de ser publicada em 21 de março 2013. (ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 p. vi)

Assim a citada norma estabelece as premissas de iluminação para ambientes de trabalhos internos e tem como objetivos que sejam atendidos os critérios de avaliação, propiciando as condições necessárias para o usuário desempenhar suas atividades com segurança, conforto e maneira mais eficiente durante o período de trabalho. (ABNT, 2013)

A iluminação deve atender os aspectos quantitativos e qualitativos que o ambiente exige para propiciar o trabalhador a realizar suas tarefas as condições necessárias os principais parâmetros para que isso ocorra deve ser observado o prescrito na ABNT NBR ISO/CIE 8995-1: 2013 seguindo a tabela 4 a seguir:

Tabela 4 – Parâmetros e seus itens na ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013

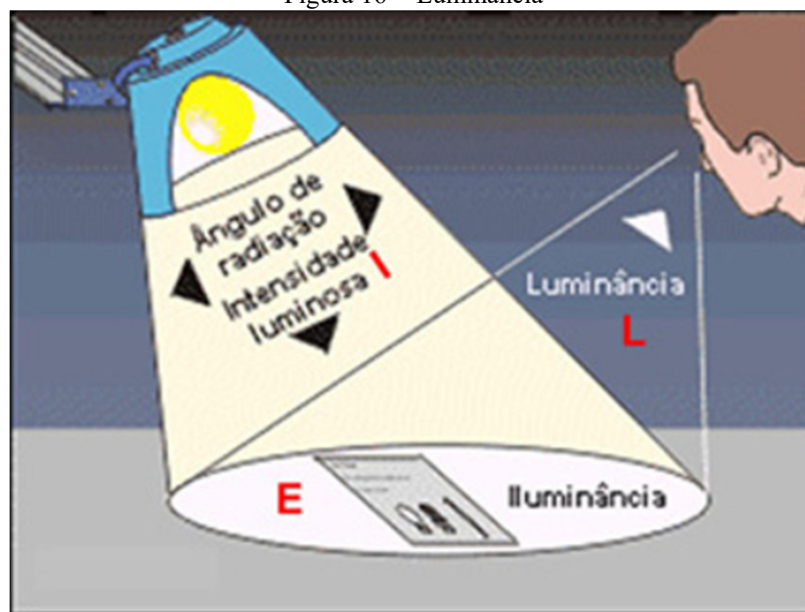
Parâmetros	Item NBR ISO/CIE 8995-1
Distribuição da luminância	4.2
Iluminância	4.3
Ofuscamento	4.4
Direcionalidade da luz	4.5
Aspectos da cor da luz e superfícies	4.6
Cintilação	4.11
Luz natural	4.7
Manutenção	4.8

Fonte: elaboração própria

2.3.1 QUANTO A DISTRIBUIÇÃO DA LUMINÂNCIA

A citada norma expõe que a distribuição da luminância está diretamente ligada à adaptação ótica do observador ao ambiente em que exposto. A luminância, como conceitua a ABNT NBR ISO/CIE 8995-1 é a intensidade luminosa de uma fonte emissora de luz e a superfície que reflete e é vista pelo observador, conforme figura 16:

Figura 16 – Luminância

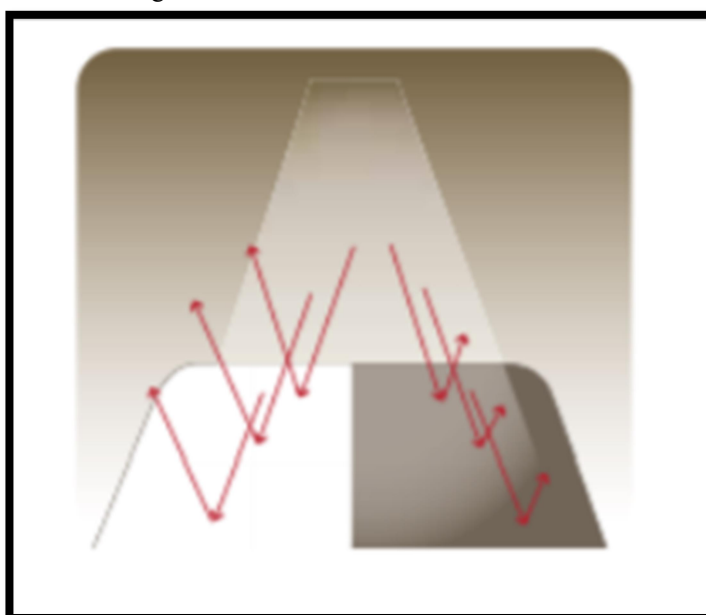


Fonte: DGEG (2018)

A luminância é a diferença de zonas claras e escuras e liga-se com contrastes, como se pode ver uma página escrita em letras pretas (refletância 10%) sobre um fundo branco (papel, refletância 85%) melhor do que em um fundo escuro. Quando as luminâncias se aproximam, como é o caso das letras pretas e fundo escuro, a visualização torna-se mais difícil (contraste reduzido) e há a necessidade de mais luz. (LUMICENTER, 2012).

Ilustrando a luminância conforme descrito anteriormente na figura 17.

Figura 17 – Luminância luz visível refletida



Fonte: Lumicenter (2012)

Segundo ABNT (2013) as luminâncias de todas as superfícies são importantes, são determinadas pela sua iluminância e pela refletância nas superfícies. Na próxima tabela 5 são demonstradas as faixas de refletâncias úteis das superfícies internas mais importantes:

Tabela 5 – Refletância nas superfícies

— teto:	0,6 – 0,9
— paredes:	0,3 – 0,8
— planos de trabalho:	0,2 – 0,6
— piso:	0,1 – 0,5

Fonte: retirada da ABNT NBR ISO/CIE, 2013 (p.4)

2.3.2 QUANTO À ILUMINÂNCIA

De acordo com a citada norma, a iluminância é um termo usado para descrever a medição de quantidade de luz sobre uma área em uma determinada superfície onde serão executadas as tarefas visuais.

Segundo Ferreira (2014) Iluminância, iluminamento, ou nível de iluminação é a luz que é irradiada por uma fonte de luz incidente em uma superfície a certa distância. É a quantidade de luz de um ambiente.

Para Nabeshima (2013) a iluminância é o fluxo luminoso ou quantidade de luz que atinge uma unidade de área de uma superfície.

“A luz que uma lâmpada irradia, relacionada à superfície a qual incide, define uma nova grandeza luminotécnica, denominada de Iluminamento ou Iluminância” (Manual OSRAM, 2017). A iluminância do entorno imediato, item 4.33 da ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, está ligado a iluminância da área que está sendo executada a tarefa e deve ter uma distribuição de forma harmoniosa para que não haja extremas diferenças entre as iluminâncias o que podem acarretar um esforço visual e desconforto ao trabalhador. Conforme exemplo na tabela 6 apresentada posteriormente, constituinte da norma:

Tabela 6 – Diferença de iluminância do entorno imediato

Iluminância da tarefa lux	Iluminância do entorno imediato lux
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	Mesma iluminância da área de tarefa

Fonte: NBR ISO/CIE 8995-1:2013, pg.05

Segundo Modesto (2014, pg. 30) A iluminância da área de trabalho e entorno imediato tem grande relevância na percepção e execução de tarefas visuais. O entorno imediato é definido como uma região distante 0,5m do entorno da área de trabalho conforme figura 18, ou seja, da área onde serão realizadas tarefas visuais.

Figura 18 – Entorno imediato na área de trabalho



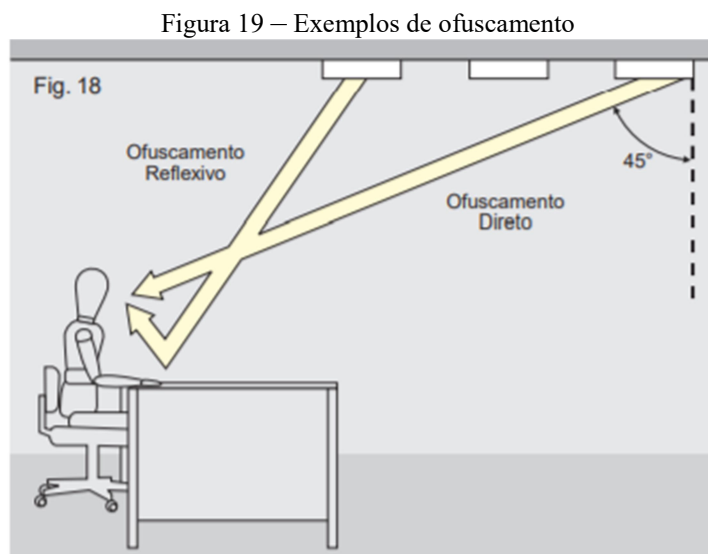
Fonte: ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, 2013 p.26

2.3.3 QUANTO AO OFUSCAMENTO

Segundo Paula Freitas (2009, p. 28), o ofuscamento gera uma redução na capacidade de visualização dos objetos e desconforto visual. Pode ser de dois tipos:

-Ofuscamento Direto: ocorre pela visualização direta da fonte de luz (lâmpada ou luminária). Pode ser neutralizado pela utilização de aletas ou difusores nas luminárias.

-Ofuscamento Indireto ou Reflexivo: ocorre quando a reflexão da luz sobre o plano de trabalho atinge o campo visual. Pode ser causado pelo excesso de luz no ambiente ou pelo mau posicionamento das luminárias. A Figura 19 seguinte apresenta os dois tipos:



Fonte: (OSRAM) Acesso em: 15 mai. 2018

2.3.4 QUANTO À DIRECIONALIDADE DA LUZ

Para Modesto (2014 pg.30) o fator da direcionalidade, tem como princípio a utilização de uma iluminação direcionada a um objeto ou superfície. Quando utilizado em uma tarefa visual, pode-se aumentar a visibilidade, tornando mais visíveis os detalhes da tarefa, resultando em uma maior facilidade de execução e precisão.

Deve-se tomar cuidado no direcionamento do foco de uma luminária, para evitar que sejam criadas sombras incômodas, lembrando, porém, que a total ausência de sombras leva à perda da identificação da textura e do formato dos objetos. Uma boa iluminação não significa luz distribuída por igual. (OSRAM, 2014 pg.27)

2.3.5 QUANTO AO ÍNDICE DE REPRODUÇÃO DE COR - IRC

Segundo a norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1: 2013 todos os fabricantes de lâmpadas devem fornecer dados do Índice de Reprodução de Cor - IRC para as lâmpadas utilizadas em projeto. As lâmpadas utilizadas devem ser verificadas de acordo com as especificações e assim atender parâmetros do IRC igual ou superior ao valor especificado no projeto.

Para Lumicenter (2017) o Índice de Reprodução de Cor, conhecido como IRC ou Ra, em inglês conhecido como *Color Rendering Index* – CRI, é a medida de correspondência entre a

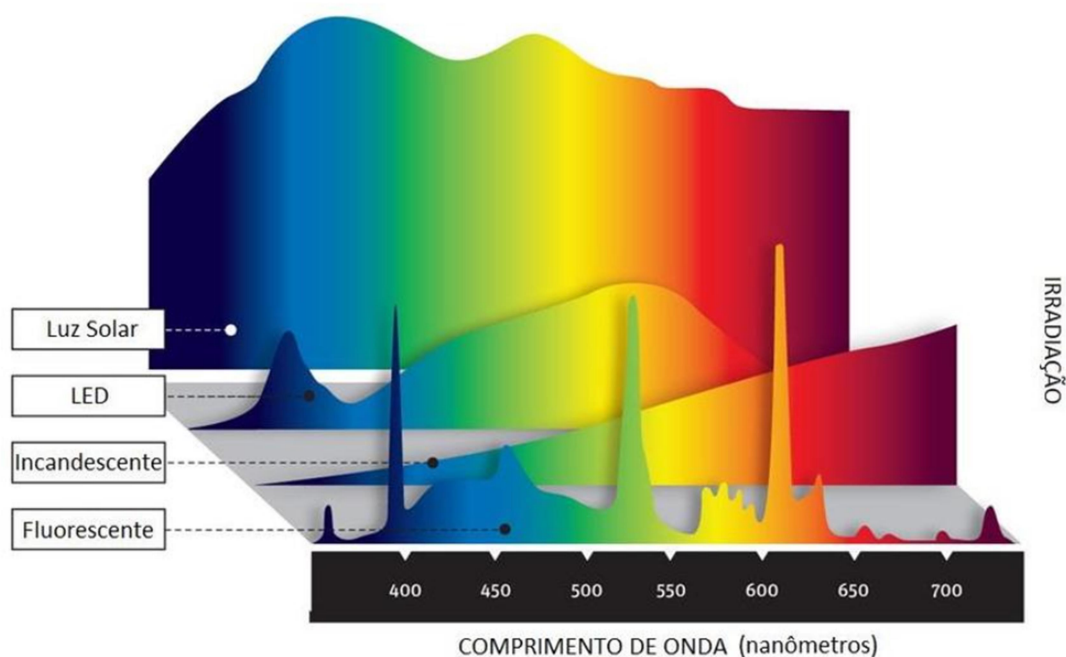
cor real de um objeto ou superfície e sua aparência diante de uma fonte luminosa. A luz artificial deve possibilitar ao olho humano perceber as cores corretamente, convergindo para o mais próximo da luz natural do dia.

Como afirma, Alumbra (2014), o índice de reprodução de cor compara a cor de um objeto sob uma luz artificial, com a cor real desse mesmo objeto, sob a luz natural do sol.

De acordo com Ferreira (2014), O IRC não depende da temperatura de cor, pois lâmpadas com mesma temperatura de cor podem possuir índices de reprodução de cor diferentes.

Entretanto nem toda fonte de luz, principalmente as artificiais permite uma boa reprodução das cores, isto ocorre devido ao espectro de cores de cada lâmpada, conforme mostra a figura 20 com respectivo espectro de cores.

Figura 20 – Comparativos físicos, espectro lâmpadas.

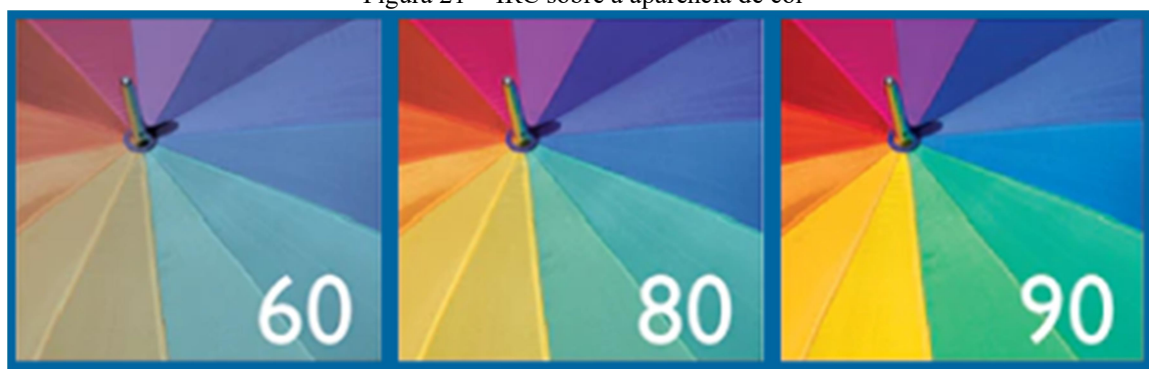


Fonte: info escola, Acesso em: 15 mai. 2018.

Para Piva (2009) o índice de reprodução de cor mostra a capacidade que a fonte de luz tem para reproduzir as cores. Segundo o autor supracitado, as lâmpadas com IRC de 100% apresentam as cores com total fidelidade e precisão. Quanto mais baixo o índice, mais deficiente é a reprodução de cores.

A figura 21 exemplifica o efeito de uma fonte de luz sobre a aparência da cor, nela observam-se os índices IRC de 60,80 e 90 respectivamente, mostrando como esses valores influenciam na cor do objeto, em uma perfeita definição e refletindo cores de modo real e natural.

Figura 21 – IRC sobre a aparência de cor



Fonte: Philips 2018.

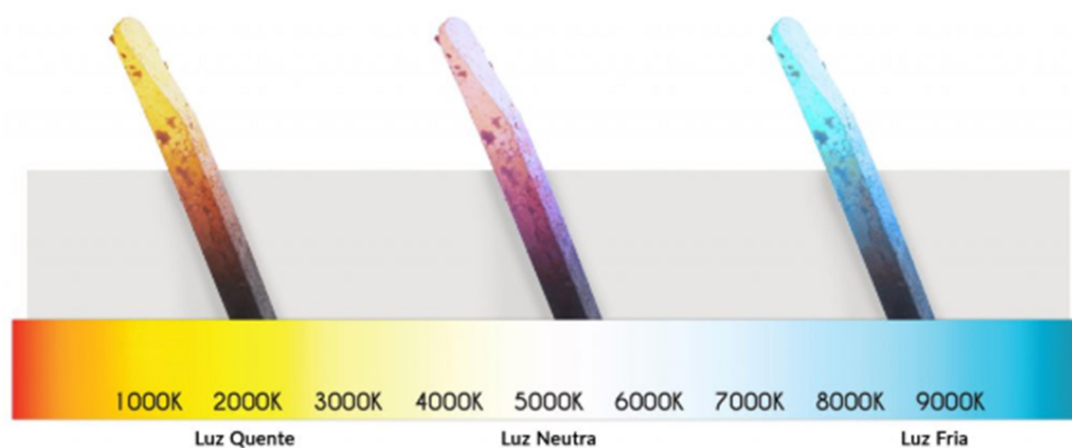
2.3.5.1 TEMPERATURA DA COR CORRELATA – TCC

De acordo com Osram (2007, p.6) a TCC é grandeza que expressa a aparência de cor da luz, sendo sua unidade o Kelvin (K).

A Temperatura de cor é uma analogia utilizada a um metal que foi aquecido e comparado com lâmpadas, exemplo: aqueceram um metal negro a uma temperatura de 2000K o tom alaranjado que surgiu foi comparado com uma lâmpada quente, aqueceram então um pouco mais e chegando a 3500K chegaram a uma temperatura mais amarelada, quando aqueceram mais ainda chegando a 5000K chegaram a um tom branco, ao continuar aquecendo e ultrapassando 6500K começou a tomar uma coloração mais azulada. (AVANT, 2017).

Segundo Avant (2017), fez então essa correlação a temperaturas de cor em Kelvin para as lâmpadas, como pode ser exemplificado na figura 22, seguinte:

Figura 22 – Correlação metal aquecido vs. temperatura de cor em Kelvin



Fonte: avantlux 2018

Para Pereira e Souza (2005), “as lâmpadas que apresentam uma temperatura entre 800K e 900K tem uma equivalência à cor vermelha. As amarelas são relacionadas às lâmpadas de 3000K e as brancas 5000K já as azuladas apresentam valores superiores a 8000K”.

A citada norma classifica em três grupos as lâmpadas quanto às temperaturas de cor correlatadas conforme a tabela 7 seguinte:

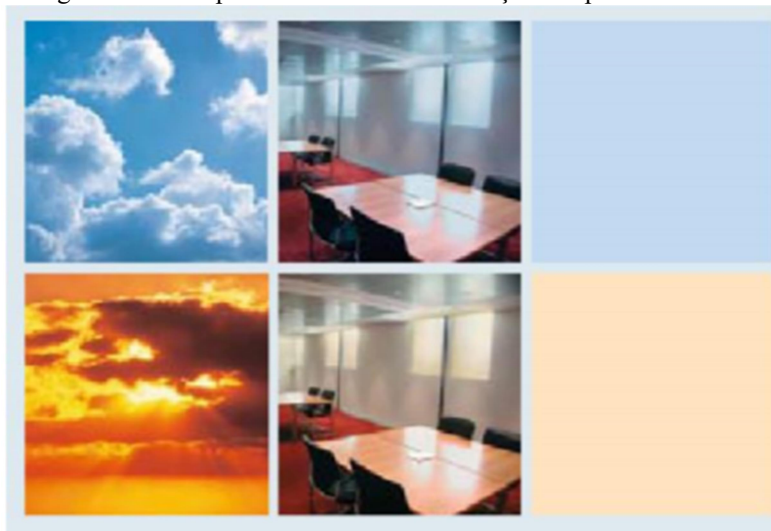
Tabela 7 – Aparência de cor e suas correlações

Aparência da cor	Temperatura de cor correlata
quente	abaixo de 3 300 K
intermediária	3 300 K a 5 300 K
fria	acima de 5 300 K

Fonte: ABNT ISO/CIE 8995-1, p.9, acessado em 24 de maio de 2018.

Na prática as lâmpadas quentes, ou seja, com baixa temperatura de cor estão associadas ao nascer e ao pôr do sol, estas estão relacionadas com atividades de início e fim de dia por ser mais aconchegante esse tipo de iluminação é comumente utilizado em ambientes como salas de estar e quartos, conforme figura 23. (OSRAM, 2014).

Figura 23 – Temperatura da cor em associação aos períodos diários



Fonte: OSRAM, 2014^a

Já as lâmpadas frias ou chamadas também de alta temperatura de cor (acima de 5300K) estão relacionadas à iluminação do meio dia, sendo assim referentes a períodos de maior produção, desta forma é utilizada em ambientes que executam atividades como exemplos, garagens, oficinas, cozinhas e escritórios. (ARCOWEB, 2006).

2.3.6 QUANTO À CINTILAÇÃO

Segundo Deckmann e Pomilio (2010) a cintilação é a ocorrência de uma variação na luminosidade que é percebida pelo usuário e pode ser conhecida também como *Flicker*. Para os autores, o olho humano consegue perceber a variação na iluminação que é causada por uma mudança da tensão nominal de 0,2%.

Conforme a norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, o item 4.11 trata da cintilação e efeito estroboscópico, onde mostra que é adequado que os sistemas de iluminação sejam projetados a fim de evitar estes. Segundo norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 os efeitos estroboscópicos podem provocar efeitos fisiológicos, como tonturas e dores de cabeça em alguns tipos de atividades como, por exemplo: operadores de equipamentos rotativos ou por máquinas de movimentos repetitivos podem levar a situações de perigo pela mudança da percepção.

2.3.7 QUANTO À ILUMINAÇÃO NATURAL

Para Rodrigues (2002) o uso da luz natural sob todos os aspectos é o ponto de partida principal para se obter um sistema de iluminação energeticamente eficiente.

Dentro desta compreensão, a iluminação dos ambientes durante os períodos do dia deve ser feita através da combinação da iluminação artificial e natural, todavia não é aconselhável que a radiação solar incida diretamente sobre este ambiente, uma vez que normalmente, causa aquecimento e ofuscamento no local. (FIORINI, 2006 p.71)

O item 4.7 da norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 ainda traz que se deve prover de um controle adequado dessa luz solar, utilizando de dispositivos como persianas ou *brises*, de forma em que a luz do sol não incida diretamente nos trabalhadores ou ainda as superfícies no interior do campo de visão.

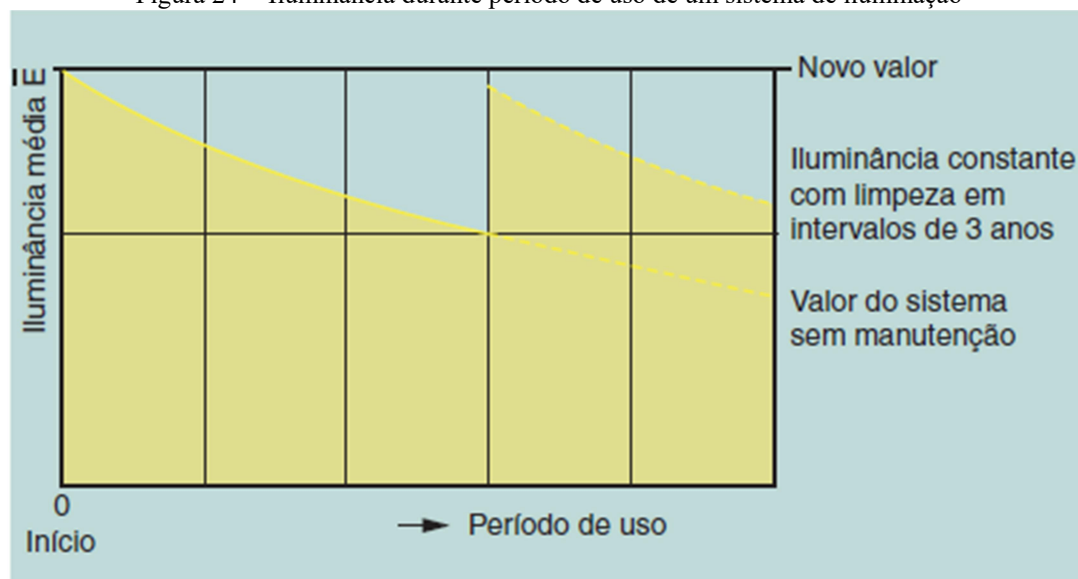
2.3.8 QUANTO À MANUTENÇÃO

O item 6.5 da ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, diz que, o fator manutenção está diretamente ligado a iluminância do sistema de iluminação, pois o fluxo luminoso tende a diminuir com o envelhecimento das lâmpadas, luminárias e com o acúmulo de pó nestes.

Por isso recomenda que se deva ter o cuidado em fase de projeto para que se faça a escolha correta das lâmpadas, luminárias e dispositivos de operação em relação às condições e ambientes em que estes estarão submetidos, para que não haja a queda antecipada do fluxo luminoso. ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013.

A Figura 24 mostra o fator de manutenção comparando a iluminância média quando novo em relação ao período de uso mostrando que no decorrer do tempo esta iluminância tende a diminuir.

Figura 24 – Iluminância durante período de uso de um sistema de iluminação



Fonte: ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 p.40.

O projetista deve preparar um cronograma de manutenção para o sistema de iluminação, neste é importante conter as frequências de substituição das lâmpadas, da luminária e o intervalo de limpeza da sala assim como as técnicas de limpeza utilizadas.

2.4 PROGRAMA WEBPRESCRITIVO

O WebPrescritivo é uma ferramenta de serviço disponível na web, para avaliação de Eficiência Energética da ENCE pelo método prescritivo para edifícios comerciais, públicos e de serviços. O objeto dessa ferramenta não é obter a etiqueta de conservação de energia, mas sim automatizar os procedimentos de avaliação da edificação conforme o RTQ-C. Com ela o usuário fornece os dados de projeto e programa simula as etiquetas parciais para envoltória, iluminação, condicionamento de ar e também a etiqueta geral da edificação.

O WebPrescritivo ainda está em fase desenvolvimento, mas uma versão preliminar pode ser acessada para testes. Como se trata apenas de um simulador, a ferramenta não garante a etiqueta da edificação analise.

Na sequência a figuras 25 faz avaliação na simulação utilizando opção **por áreas do edifício** onde é preciso inserir:

- Pré-requisitos dos ambientes;
- Atividade;
- N° de unidades;
- Potência; e
- Área.

Assim obtendo o resultado da simulação, e o cálculo na eficiência e desempenho na etiqueta do objeto em análise.

Figura 25 – Modelo por áreas do edifício

Iluminação

☒ Por áreas do edifício ☐ Por atividades do edifício

Pré-Requisitos de todos os ambientes

Divisão de circuitos ☒ Atende ☐ Não atende

Contribuição da luz natural ☒ Atende ☐ Não atende ☐ Não se aplica

Desligamento automático ☒ Atende ☐ Não atende ☐ Não se aplica

	- Atividade +	Nº. de Unidades	Potência [W]	Área [m²]
1	(nenhuma) ▾	- 1 +		

Calcular Eficiência Limpar

■ ■ ■ ■ ■

Fonte: WebPrescritivo (2018).

Posteriormente a figura 26 faz avaliação na simulação utilizando opção **por atividades do edifício** onde é preciso inserir:

- Os pré-requisitos por ambientes;
- Divisão de circuitos;

- Contribuição da luz natural;
- Desligamento automático;
- Atividade;
- Uso da área;
- Área;
- Potência; e
- Limite do ambiente. K ou RCR.

Assim obtendo o resultado da simulação, e o cálculo na eficiência e desempenho na etiqueta do objeto em análise.

Figura 26 – Modelo por atividades do edifício

Iluminação

☐ Por áreas do edifício ☒ Por atividades do edifício

Pré-requisitos por ambientes				Atividade	Uso	Área [m²]	Potência [W]	Limite do Ambiente
-	Divisão de circuitos	+	Contribuição da luz natural	Desligamento automático				
1	Atende		Atende	Atende	(nenhuma)	(nenhum)		☐ K ☐ RCR ↑

Barra de eficiência: [Verde] [Amarelo] [Laranja] [Vermelho]

Fonte: WebPrescritivo (2018).

Na sequência as figuras 27 e 28 foram fragmentadas da figura 26 para melhor visualização.

Figura 27 – Fragmento 01 da figura 27

Iluminação

☐ Por áreas do edifício ☒ Por atividades do edifício

Pré-requisitos por ambientes				Atividade	
-	Divisão de circuitos	+	Contribuição da luz natural	Desligamento automático	Atividade
1	Atende		Atende	Atende	(nenhuma)

Barra de eficiência: [Verde] [Amarelo] [Laranja] [Vermelho]

Fonte: WebPrescritivo (2018).

Figura 28 – Fragmento 02 da figura 43

	Uso	Área [m ²]	Potência [W]	Limite do Ambiente
▼	(nenhum)	▼		☐ K ☐ RCR ↑

Fonte: WebPrescritivo (2018).

Concluindo o capítulo de revisão bibliográfica, após breve embasamento sobre os programas de etiquetagem, regulamentos técnicos e análise da norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, dar-se início ao estudo de caso a seguir no capítulo três.

3 ESTUDO DE CASO

Estudo de caso, de acordo com Godoy (1995) é um método qualitativo de pesquisa que busca compreender e se aprofundar em avaliações em diversas áreas e situações contribuindo para o conhecimento comum, individual, organizacional, políticos e entre outros. Independente do campo de interesse de um estudo existe uma necessidade de um conhecimento específico dando fundamentação e embasamento no tema estudado, podendo assim o leitor tirar conclusões e criar estratégias e esclarecer decisões a serem tomadas com base em dados e amostras apresentados por esses estudos.

Sendo assim fez-se o estudo e levantamento de dados acerca da possibilidade de certificação para o edifício objeto da pesquisa.

3.1 O EDIFÍCIO

O estudo de caso em questão foi desenvolvido no edifício sede de uma instituição financeira pública brasileira, situado em Florianópolis no estado de Santa Catarina. Conforme figura 29:

Figura 29 – Localização edifício

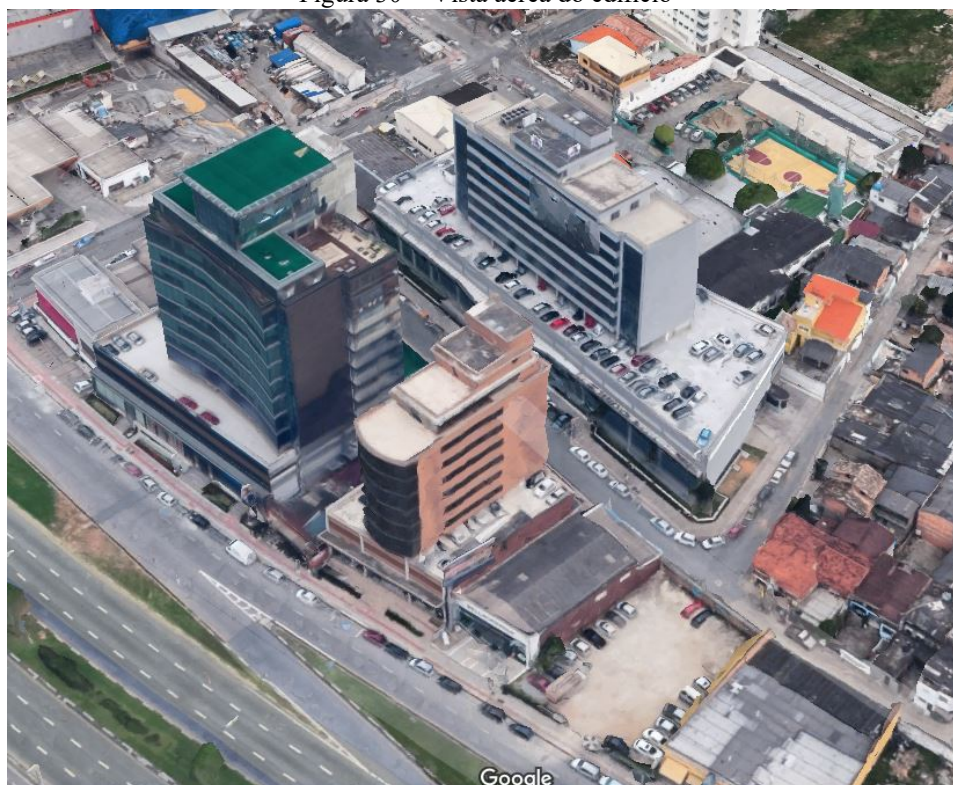


Fonte: Google Maps. Acesso em: 15 mai. 2018

O prédio vide figura 30, inaugurado dia 10 de agosto de 2008 possui na sua totalidade 7.200,00m² de área construída segundo projeto arquitetônico. Em horários de encontro

de turnos pode chegar a uma lotação de aproximadamente 700 pessoas, dentre esses, colaboradores, terceirizados e clientes, estes dados foram verificados no sistema de controle de acesso do próprio edifício.

Figura 30 – Vista aérea do edifício



Fonte: Google Maps. 3D. Acesso em 15 mai. 2018

O Edifício é composto por 12 pavimentos onde estão dispostos de seguinte forma, mostrados na tabela 8 em seguida.

Tabela 8 – Disposição

Pavimentos	Disposição
Ático	Sala de Reunião/Treinamento
6º tipo	Escritórios
5º tipo	Escritórios
4º tipo	Escritórios
3º tipo	Escritórios
2º tipo	Escritórios
1º tipo	Escritórios
Pilotis	Vagas de garagem/Sala terceirizados
Garagem	Vagas de garagem
Sobre Loja	Escritórios
Térreo	Recepção/ Escritórios
Sub Solo	Vagas de garagem

Fonte: Autoria própria

3.2 CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

A distribuição de energia elétrica para o edifício de estudo, tem o fornecimento realizado pela concessionária de energia elétrica regional CELESC.

O estudo se inicia com levantamentos de dados realizados quanto ao número de luminárias descritas no projeto elétrico e assim através de cálculos realizados para obtenção de informação quanto do consumo de energia elétrica, assim foram elaboradas planilhas com consumos de cargas e com simulação nos dois tipos de sistemas, o sistema de iluminação antigo com equipamentos fluorescentes e com novo sistema LED em implantação. A atualização do edifício encontra-se em processo, com alguns pavimentos já finalizados e outros em andamento.

3.3 ILUMINAÇÃO

Para coleta de dados foram utilizados plantas arquitetônicas e projetos elétricos obtidos mediante autorização, apenas para consulta juntamente ao setor responsável não podendo ser anexados a este trabalho.

Foram comparados dados técnicos nos pavimentos 3º, 4º, 5º e 6º onde estão localizados setores administrativos, com sistema de iluminação LED já concluído e totalmente atualizado.

Para análise do sistema de iluminação, primeiramente foi imprescindível fazer o levantamento de dados técnicos das lâmpadas, obtidos a partir das especificações nos manuais dos fabricantes.

3.3.1 DISPOSITIVOS DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

3.3.1.1 LÂMPADAS

As lâmpadas fluorescentes utilizadas anteriormente na edificação tratam-se de modelos tubulares e compactas, dentre suas marcas Osram e Philips com reatores eletrônicos de marcas Lumicenter, Intral e Philips, estes equipamentos possuem níveis de eficiência não satisfatórios para que se atingisse um bom nível de obtenção da etiquetagem.

No processo de substituição, todo sistema está sendo atualizado por lâmpadas LED de marca NVC Lighting, e seus respectivos níveis de eficiência atendendo pré-requisitos normativos e de certificações.

Na figura 31 seguir mostra as etiquetas nas embalagens das lâmpadas LED utilizadas no *retrofit*.

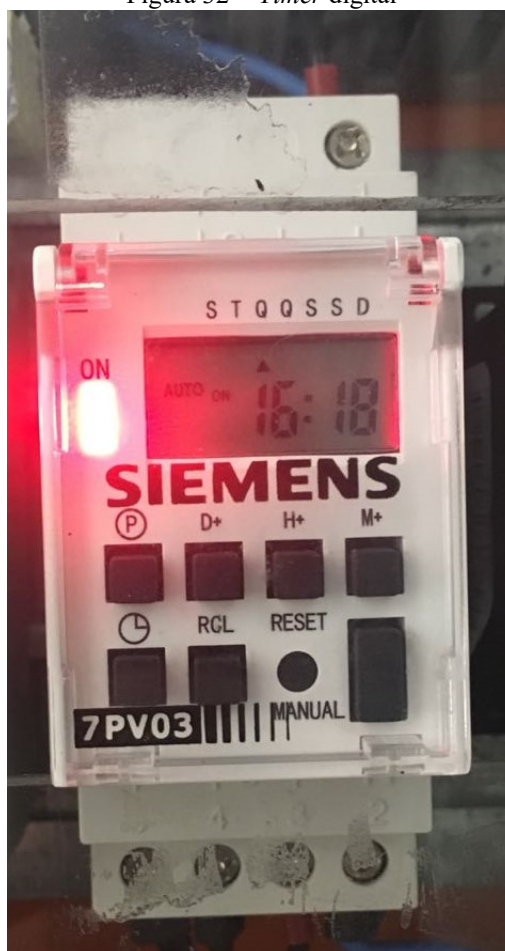
Figura 31 – Etiquetas lâmpadas LED



Fonte: autoria própria, edifício (2018).

3.3.1.2 TIMER

O *Timer* trata-se de um aparelho eletrônico instalado nos circuitos elétricos do edifício, como dispositivo de acionamento automático no sistema de iluminação através de um contador de tempo digital, pode ligar ou desligar setores ou parte deles, mantendo um intervalo de funcionamento pré-estipulado para cada horário e necessidade, conforme figura 32 a seguir.

Figura 32 – *Timer* digital

Fonte: autoria própria, edifício (2018).

3.3.1.3 SENSOR DE PRESENÇA

O sensor de presença trata-se de um aparelho eletrônico ligado no circuito elétrico do edifício, onde seu acionamento dá-se por sensibilidade na ocupação do ambiente por pessoas, também possuindo um *Timer* interno onde a corrente elétrica é desativada após um tempo pré-programável, estipulado pelo usuário após a desocupação do ambiente, como exemplo do aparelho na figura 33 na sequência.

Figura 33 – Sensor de presença



Fonte: autoria própria, edifício (2018).

3.3.1.4 FOTO CÉLULA

A foto célula trata-se de um aparelho eletrônico ligado no circuito elétrico do edifício com função de liberar corrente elétrica para acionamento das lâmpadas em períodos noturnos, seu acionamento acontece por um sensor de luminosidade, como exemplo do aparelho descrito posteriormente na figura 34.

Figura 34 – Foto célula.



Fonte: autoria própria, edifício (2018).

Nesta edificação as fotocélulas estão presentes apenas nos elementos externos, nos totens e letreiros da instituição financeira.

3.3.2 ANÁLISE DA DIVISÃO DE CIRCUITOS

A divisão dos circuitos descrito no item 4.1.1 do Manual RTQ-C(2016, p.124) e seus parâmetros de eficiência, se dá com a setorização de circuitos elétricos independentes, podendo ser desligados em alguns períodos do dia.

Quanto à divisão de circuitos, a iluminação da edificação do estudo de caso está separada por circuitos de modo que não ultrapassem ambientes maiores que 250m². (Manual RTQ-C).

O sistema de iluminação é controlado nas salas técnicas, localizadas no corredor de cada andar da edificação, os controladores manuais de circuitos estão localizados e identificados onde não é possível a visualização do ambiente a ser controlado conforme figura 35.

Nas copas e banheiros a iluminação é controlada individualmente pelos interruptores localizados no próprio ambiente.

Segundo manual RTQ-C, por questões de segurança, ambientes de uso públicos devem ter o controle manual em local de acesso aos funcionários.

Figura 35 – Painel frontal quadro de iluminação do andar.



Fonte: autoria própria, edifício (2018).

3.3.3 ANÁLISE CONTRIBUIÇÃO DA LUZ NATURAL

Esses ambientes são localizados próximos a janelas e vidraças. O edifício descrito no estudo de caso possui arquitetura com fachada parcialmente revestida em vidro, isso gera uma grande contribuição da luz natural dentro do ambiente.

Apesar desta vantagem arquitetônica a edificação não conta com nenhum tipo de separação de circuitos relacionados às luminárias instaladas próximas das aberturas e vidraças de maneira aproveitar essa luz natural, desta forma não atendendo a este pré-requisito citado no item 4.1.2 do RTQ-C (2016, p. 126).

Uma mudança nos dispositivos elétricos relacionados ao desligamento independente das luminárias próximas as janelas podem melhorar os resultados quanto à classificação da iluminação.

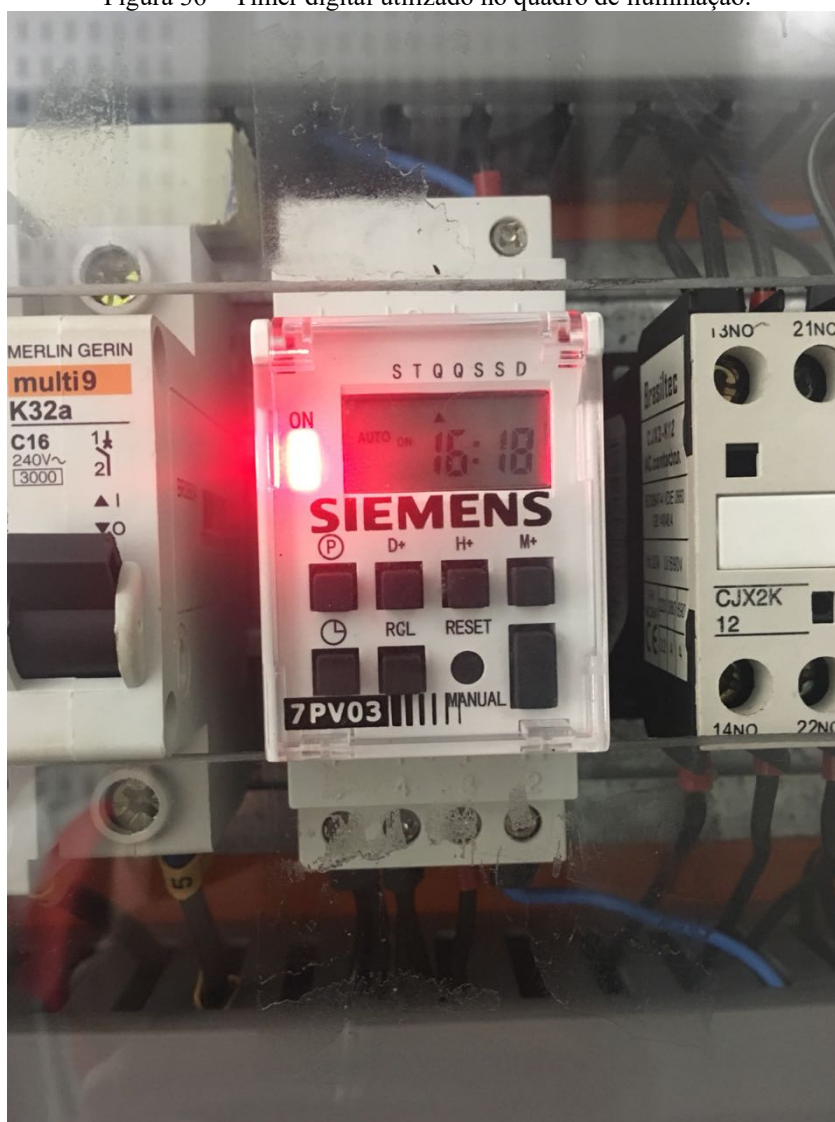
Nos banheiros existe apenas uma fileira de luminárias, por esse motivo, não se aplica este pré-requisito.

Para as escadarias, este pré-requisito também não se aplica, pois se trata de escadaria enclausurada e com sistema de iluminação individual através de sensor de presença.

3.3.4 ANÁLISE DESLIGAMENTO AUTOMÁTICO

O sistema elétrico de iluminação do edifício proposto nesse estudo de caso possui *timer* de desligamento automático por pavimentos, variando seu desligamento de acordo com o termino do expediente de cada setor. Após a programação predefinida de horários, a energia elétrica do sistema de iluminação é desativada, a figura 36 a seguir mostra o *timer* digital utilizado dentro do quadro elétrico de iluminação de cada andar, este *timer* controla a iluminação total dentro do setor, porém não controla o sistema de iluminação das copas e banheiros, estes possuem dispositivos de controle manual conforme citado no item 4.1.3 do RTQ-C (2016, p. 126).

Figura 36 – Timer digital utilizado no quadro de iluminação.



Fonte: autoria própria, edifício (2018).

3.3.5 LUMINÁRIAS

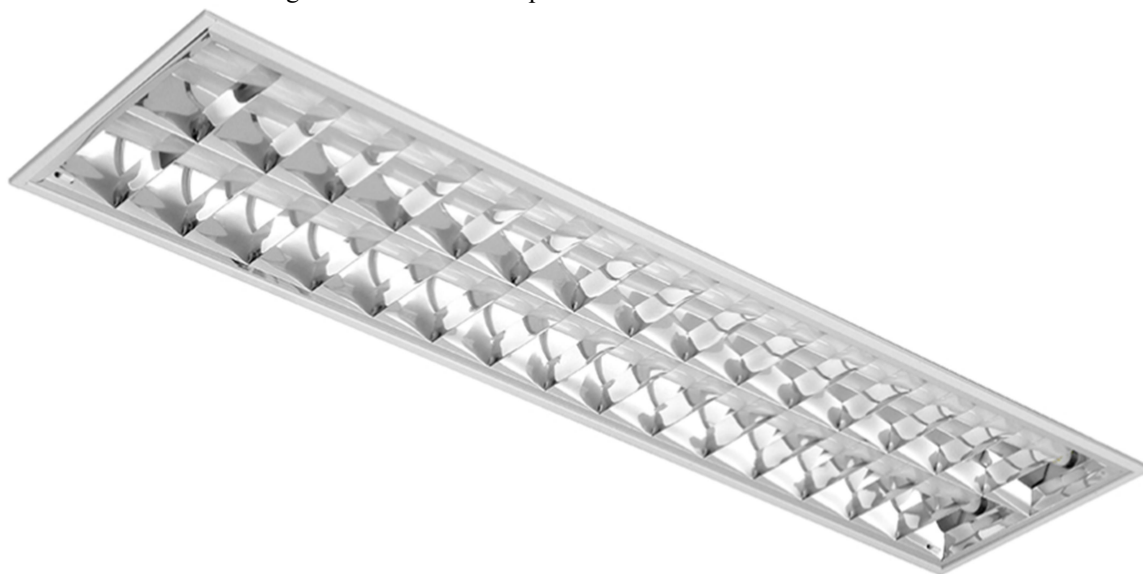
Para Niskier e Macintyre (2000) luminárias são aparelhos onde são colocadas as lâmpadas, estes aparelhos protegem as lâmpadas, orientam ou concentram os feixes luminosos, difundem a luz, reduzem o brilho.

Segundo o Manual de Iluminação Eficiente do PROCEL (2011) “São equipamentos que acoplam a fonte de luz (lâmpada) e modificam a distribuição espacial do fluxo luminoso produzido pela luminária. Suas partes principais são: receptáculo para a fonte luminosa, refletores, difusores e carcaça”.

As luminárias usadas no prédio são dos modelos mostrados nas figuras 37 e 38 seguintes, são luminárias do tipo Embutir e Sobrepor da fabricante Lumicenter. Este padrão de

luminária tem um rendimento de aproximadamente 73%, neste tipo de luminárias as lâmpadas ficam protegidas dentro das luminárias com refletores e aletas parabólicas em alumínio anodizados com alto grau de pureza e refletância o que protege a visão direta do observador evitando desta maneira o ofuscamento do usuário, como recomenda a norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 iluminação de ambientes de trabalho.

Figura 37 – Luminária tipo embutir Mod. CAA-01 – E232.



Fonte: Lumicenter, 2018

Figura 38 – Luminária tipo sobrepor Mod. CAA-01 S232.

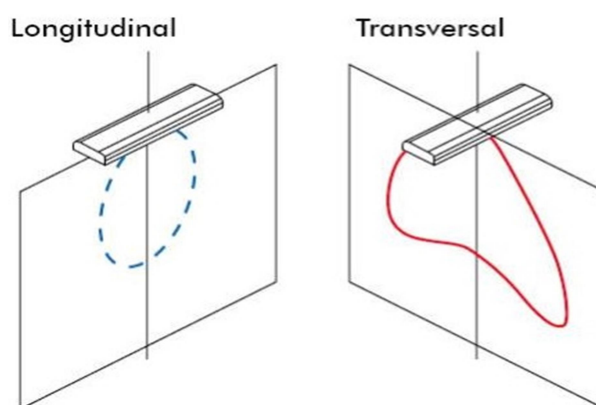


Fonte: Lumicenter, 2018

Segundo Niskier e Macintyre (2008), a curva de distribuição luminosa – CDL é um diagrama polar que considera tanto para lâmpada ou a luminária reduzida a um ponto no centro do diagrama, onde está representada a intensidade luminosa nas várias direções a partir de vetores que se originam no centro do diagrama, esta distribuição varia de acordo com o tipo da luminária.

Por convenção, as curvas fotométricas são traçadas para fluxos luminosos de 1000 lúmens, com intuito de permitir comparações entre luminárias. (RE, 1978). As curvas segundo um plano passam pelo centro em uma função da direção como exemplificada na figura 39. (PROCEL, 2011)

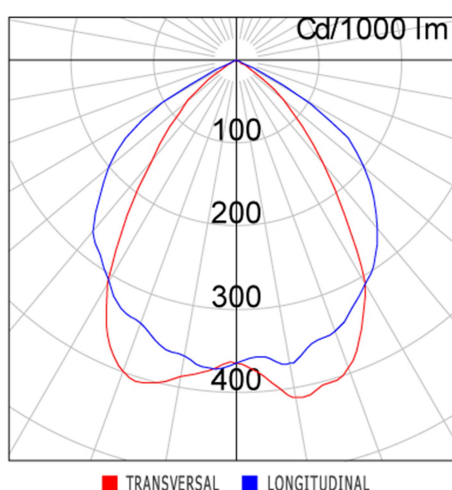
Figura 39 – Esquema de curvas de distribuição de intensidade luminosas em planos ortogonais



Fonte: Adaptado do Manual de Iluminação Procel EPP, 2011 p. 8.

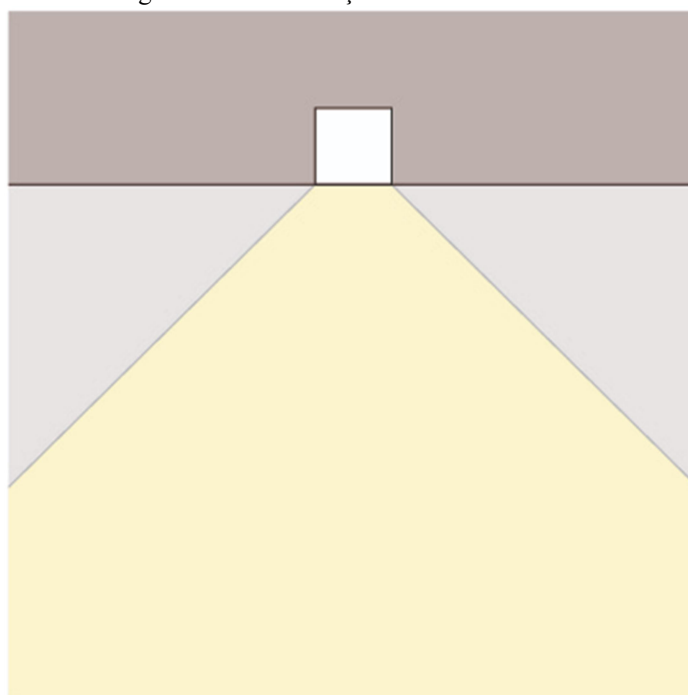
As distribuições luminosas são apresentadas, geralmente, superpostas e segundo fabricante está representada nas figuras 40 e 41.

Figura 40 – Distribuição fluxo luminoso luminária mod. CAA01-E232



Fonte: Lumicenter

Figura 41 – Distribuição luminosa luminária



Fonte: Lumicenter

Para Ghisi (1997), o coeficiente de utilização de uma luminária descreve a percentagem de lumens emitidos pela lâmpada que atingem a superfície de trabalho, isto depende das dimensões do ambiente, do tipo da luminária e das refletâncias das superfícies do ambiente. As especificações técnicas referentes ao explicado anteriormente, estão disponibilizadas no site do fabricante das luminárias e está exposta através da tabela 9 a seguir:

Tabela 9 – Fator de utilização luminária

Teto (%)	70			50			30			0
Parede (%)	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0
Chão (%)	20			20			20			0
RCR	Fator de Utilização (%)									
0	84	84	84	81	81	81	77	77	77	73
1	77	75	73	74	73	71	72	70	69	66
2	70	67	64	68	65	63	65	63	61	59
3	64	59	56	62	58	55	60	57	54	52
4	58	53	49	56	52	49	55	51	48	46
5	53	48	44	51	47	44	50	46	43	41
6	48	43	39	47	43	39	46	42	39	37
7	44	39	36	43	39	35	42	38	35	34
8	41	36	32	40	35	32	39	35	32	31
9	38	33	29	37	32	29	36	32	29	28
10	35	30	27	35	30	27	34	30	27	26

Fonte: Lumicenter

3.3.6 DESCARTE DAS LÂMPADAS

Com intuito de preservação ambiental, após a substituição, identificou-se na edificação em estudo que todas as lâmpadas fluorescentes são testadas individualmente e analisadas quanto a sua qualidade de funcionamento, sendo então, separadas, as em bom estado das com defeito.

As lâmpadas em bom estado são separadas para envio a matriz da empresa contratada pela instituição financeira; estas lâmpadas por estarem ainda em funcionamento são guardadas até que tenham um uso.

As lâmpadas queimadas ou com vida útil próxima do fim, são armazenadas e encaminhadas para uma empresa responsável pelo descarte. As empresas responsáveis pelo descarte correto emitem uma declaração contendo:

- Nome da empresa que está enviando o material para reciclagem;
- Método utilizado para descaracterização e descontaminação das lâmpadas;
- Licença ambiental da instituição recicladora;
- Destino dos resíduos gerados;
- Relação de matérias descartada; e
- Carimbo e assinatura do responsável pela empresa de descarte.

Certificação de descarte de lâmpadas, demonstrado na figura 42 a seguir.

Figura 42 – Certificado de descarte



ENERGI LUZ
Material Elétrico | Iluminação | Segurança
São José, 08 de Novembro de 2012

Declaramos para os devidos fins que recebemos da empresa Koerich Engenharia e Telecomunicações S/A, as lâmpadas queimadas, conforme relação abaixo, as quais serão encaminhadas, para a realização de serviços de descaracterização e descontaminação de lâmpadas através de método Bolbox (licença ambiental FATMA Nº 103/2007-itj) E QUE OS RESÍDUOS GERADOS SÃO DESTINADOS CONFORME LEGISLAÇÃO VIGENTE.

Lâmpadas descartadas

11 pç lâmpada fluorescente 8 Watts;	12.821.926/0001-27 ENERGI LUZ COM. MAT. ELET.LTDA AV Leoberto Leal, 55 Barreiros - CEP 88117-001 SÃO JOSÉ - SC
28 pç lâmpada fluorescente 14 Watts;	
132 pç lâmpada fluorescente 16 Watts;	
212 pç lâmpada fluorescente 32 Watts;	
37 pç lâmpada eletrônica comp 8 W;	
06 pç lâmpada incandescente 40W;	


ENERGI LUZ COMÉRCIO DE MATERIAIS ELETRICOS
CNPJ – 12.821926000127

Cnpj: 12.821.926/0001-27 Insc. Est.: 256.247.960
Av. Leoberto Leal, 55 – Barreiros – São José – SC – Cep 88110-055
www.energiluz.com.br - contato@energiluz.com.br
Fone: (48) 3211-7000

Fonte: dado fornecido pela instituição (2018)

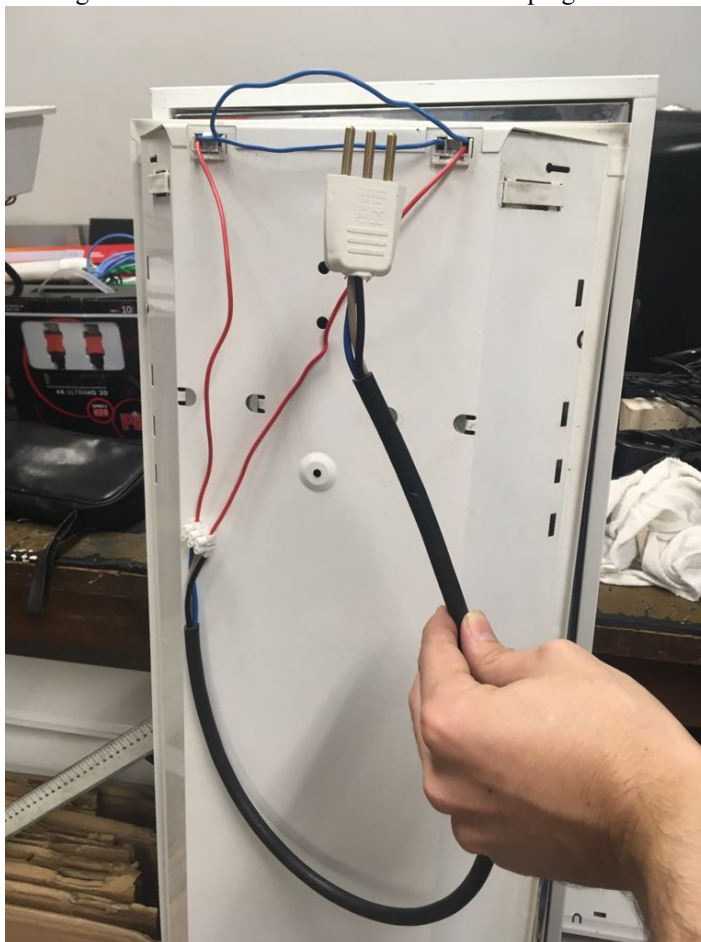
3.4 PLANO DE SUBSTITUIÇÃO

Para substituição adotou-se um sistema de troca de 10 luminárias por ciclo, como a substituição ocorre em horário comercial e com setores em funcionamento, adotou-se esta logística de trabalho.

A equipe de manutenção inicia as trocas retirando 10 luminárias com lâmpadas fluorescentes e reatores, substituindo-as por lâmpadas LED, a agilidade de troca se dá ao fato das luminárias serem montadas em bancada pela equipe de manutenção, outra vantagem que ajuda na hora da substituição é das luminárias serem de embutir e possuírem encaixe rápido e prático em forro mineral modulado com perfil em T, e seu modelo de instalação elétrica composto de

conexão através de *plug* macho/fêmea como representado na figura 43, após a remoção, as luminárias fluorescentes são levadas até a sala de manutenção para ser feito a limpeza total do conjunto, remoção do reator e lâmpadas fluorescentes e montagem das lâmpadas LED, após esses passos concluídos é executado teste em bancada para verificar seu funcionamento e assim reinstaladas, dando início ao novo ciclo.

Figura 43 – Luminária modelo de embutir e plug elétrico



Fonte: autoria própria (2018)

3.5 DETERMINAÇÃO DA POTÊNCIA INSTALADA E ÁREA ILUMINADA

Para que se possa fazer o estudo da iluminação, foram coletados os dados presentes na tabela 10 para iluminação fluorescente comparada com tabela 11 em iluminação LED.

Para efeito de cálculo foram abordados somente áreas como ambientes administrativos excluindo, escadarias, banheiros, elevadores e garagens.

Tabela 10 – Consumo de potência fluorescente e área

Ambiente	Pavimento	Reatores ¹	Potência das Lâmpadas (W)	Quantidade de Lâmpadas	Potencia dos Reatores (W) ²	Potência (W)	Potência Total (W)	Área (m²)
Escritório	Ático	43	32	86	4	2.924	2.963	172,34
		1	16	2	3,5	39		
	6	126	32	252	4	9.072	9.267	536,32
		5	16	10	3,5	195		
	5	0	32	256	4	9.216	9.333	536,32
		3	16	6	3,5	117		
	4	128	32	256	4	9.216	9.294	536,32
		2	16	4	3,5	78		
	3	129	32	258	4	9.288	9.522	536,32
		6	16	12	3,5	234		
	2	144	32	288	4	10.368	10.602	536,32
		6	16	12	3,5	234		
	1	143	32	286	4	10.296	10.686	536,32
		10	16	20	3,5	390		
	Sobreloja	180	32	360	4	12.960	13.506	905,36
		14	16	28	3,5	546		
	Térreo	302	32	604	4	21.744	23.070	1.101,93
		34	16	68	3,5	1.326		
						Pot. Total	98.243	5.397,55
Legenda	¹ = Reatores eletrônicos com alto fator de potencia e partida ultra-rapida.							
	² = Média calculada atraves de diferentes marcas utilizadas.							

Fonte: autoria própria (2018)

Tabela 11 – Consumo de potência LED e área

Tabela 11 - Consumo de potência LED - Área								
Ambiente	Pavimento	Reatores ¹	Potência das Lâmpadas (W)	Quantidade de Lâmpadas	Potencia dos Reatores (W) ²	Potência (W)	Potência Total (W)	Área (m²)
Escritório	Ático	N/A	20	86	N/A	1.720	1.740	172,34
			10	2		20		
	6	N/A	20	252	N/A	5.040	5.140	536,32
			10	10		100		
	5	N/A	20	256	N/A	5.120	5.180	536,32
			10	6		60		
	4	N/A	20	256	N/A	5.120	5.160	536,32
			10	4		40		
	3	N/A	20	258	N/A	5.160	5.280	536,32
			10	12		120		
	2	N/A	20	288	N/A	5.760	5.880	536,32
			10	12		120		
	1	N/A	20	286	N/A	5.720	5.920	536,32
			10	20		200		
	Sobreloja	N/A	20	360	N/A	7.200	7.480	905,36
			10	28		280		
	Térreo	N/A	20	604	N/A	12.080	12.760	1.101,93
			10	68		680		
						Pot. Total	54.540	5.397,55
Legenda	¹ = Reatores eletrônicos com alto fator de potencia e partida ultra-rápida.							
	² = Média calculada através de diferentes marcas utilizadas.							

Fonte: autoria própria (2018)

Esses valores são utilizados para fazer o cálculo da determinação da eficiência, como previsto no item 4.2 do RTQ-C (2016, p.127), do projeto adotado para o ambiente. Destaca-se que foram feitas análises por pavimentos e em ambientes utilizados como escritórios.

3.6 SIMULAÇÃO WEBPRESCRITIVO NO ESTUDO DE CASO

A fim de verificar a classificação do Edifício com adequações propostas neste trabalho, foi realizada uma simulação utilizando WebPrescritivo para avaliação do nível eficiência energética da edificação pelo método prescritivo do RTQ-C.

Com dados de entrada utilizando a opção de cálculo **por áreas do edifício** selecionou-se o *checklist* onde a divisão de circuitos é atendida pela edificação, logo após a opção de contribuição da luz natural não atende o padrão necessário, pois as luminárias no entorno e paralela as janelas não possuem dispositivos manuais ou automáticos independentes do restante do circuito de iluminação para desligamento durante a incidência de iluminação natural, no próximo item desligamento automático é atendido, toda edificação dispõe de sensores de presença e *timers*.

Analisou-se o resultado para iluminação, conforme tabela 12 com sistema fluorescente e tabela 13 com sistema LED. Uma vez que, a classificação referente à iluminação é um comparativo de adequações e atualizações futuras no Edifício do estudo.

Tabela 12 – WebPrescritivo cálculo fluorescente

Iluminação

☒ Por áreas do edifício ☐ Por atividades do edifício

Pré-Requisitos de todos os ambientes

Divisão de circuitos ☒ Atende ☐ Não atende

Contribuição da luz natural ☐ Atende ☒ Não atende ☐ Não se aplica

Desligamento automático ☒ Atende ☐ Não atende ☐ Não se aplica

Atividade	Nº de Unidades	Pré-Requisitos por ambientes			Potência [W]	Área [m²]
		Divisão de circuitos	Contribuição da luz natural	Desligamento automático		
1 Escritório	9	Atende	Não atende	Atende	2963	172.34
		Atende	Não atende	Atende	9267	536.32
		Atende	Não atende	Atende	9333	536.32
		Atende	Não atende	Atende	9294	536.32
		Atende	Não atende	Atende	9522	536.32
		Atende	Não atende	Atende	10602	536.32
		Atende	Não atende	Atende	10686	536.32
		Atende	Não atende	Atende	13506	905.36
		Atende	Não atende	Atende	23070	1101.93

Calcular Eficiência Limpar



* Desde que observados os pré-requisitos de iluminação.

Fonte: WebPrescritivo (2018)

Tabela 13 – WebPrescritivo cálculo LED

Iluminação

☒ Por áreas do edifício ☐ Por atividades do edifício

Pré-Requisitos de todos os ambientes

Divisão de circuitos ☒ Atende ☐ Não atende

Contribuição da luz natural ☐ Atende ☒ Não atende ☐ Não se aplica

Desligamento automático ☒ Atende ☐ Não atende ☐ Não se aplica

	- Atividade +	Nº. de Unidades	Pré-Requisitos por ambientes			Potência [W]	Área [m²]
			Divisão de circuitos	Contribuição da luz natural	Desligamento automático		
1	Escritório	9	Atende	Não atende	Atende	1740	172.34
			Atende	Não atende	Atende	5140	536.32
			Atende	Não atende	Atende	5180	536.32
			Atende	Não atende	Atende	5160	536.32
			Atende	Não atende	Atende	5280	536.32
			Atende	Não atende	Atende	5880	536.32
			Atende	Não atende	Atende	5920	536.32
			Atende	Não atende	Atende	7480	905.36
			Atende	Não atende	Atende	12760	1101.93

Calcular Eficiência Limpar



* Desde que observados os pré-requisitos de divisão dos circuitos

Fonte: WebPrescritivo (2018)

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo, será analisado os resultados obtidos a partir dos dados apresentados no capítulo anterior, desta maneira será dispostos os resultados quanto a possibilidade e nível na classificação, referente aos métodos brasileiros de etiquetagem de edificações públicas e de serviços - RTQ-C e normativas vigentes da ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013.

Através do estudo de caso em questão, realizado no edifício sede de uma instituição financeira, foram possíveis demonstrar o desempenho do sistema de iluminação na classificação de etiquetagem, utilizando a ferramenta de simulação online WebPrescritivo.

Para análise referente ao estudo de caso, obteve-se resultados em comparação ao *retrofit* proposto no edifício e também será demonstrada a hipótese de melhoria na classificação dessa etiquetagem.

4.1 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

Os dados obtidos no estudo demonstram uma melhora significativa no nível de eficiência com a atualização de seu sistema de iluminação. Como citado no item 2.1, busca-se pelo aperfeiçoamento quanto à eficiência energética das lâmpadas, a alta eficiência do sistema LED como exposto no item 2.1.1.3 gera um menor desperdício, devido a sua constante evolução tecnológica, desta maneira com menor consumo de energia elétrica que outros sistemas de iluminação.

Os resultados obtidos na análise da etiquetagem do capítulo anterior representaram níveis de eficiência abaixo do esperado, mesmo após o retrofit, devido o alto consumo de potência em relação à área útil de escritórios apresentados anteriormente na tabela 9 e a falta do pré-requisito, contribuição da luz natural, um dos fundamentais para obtenção de uma classificação superior exposto anteriormente na tabela 14.

Constatou-se que a análise do simulador WebPrescritivo com resultado na substituição do sistema de iluminação fluorescente para LED, implantado no edifício, obteve classificação de eficiência energética elevando do nível E para o nível C, apresentado nas tabelas 12 e 13 demonstradas anteriormente.

A seguir será apresentada uma proposta de adequação, com intuito de obter uma classificação melhor no sistema de iluminação.

4.1.1 HIPÓTESE DE CONTRIBUIÇÃO DA LUZ NATURAL

Analisou-se a eficiência nos dois sistemas de iluminação, o antigo em lâmpadas fluorescente e o novo em lâmpadas LED, utilizando a hipótese de o edifício receber nova alteração para atender mais um pré-requisito, da contribuição da luz natural. Com intuito de descobrir qual seria o nível de classificação da edificação, caso esta, atendesse a todos os pré-requisitos estabelecidos, foram recalculados os valores utilizando a ferramenta de simulação WebPrescritivo.

Os dados estão descritos conforme as tabelas 14 e 15.

Tabela 14 – Tabela lâmpadas fluorescente todos os requisitos atendidos

Iluminação

☒ Por áreas do edifício ☐ Por atividades do edifício

Pré-Requisitos de todos os ambientes

Divisão de circuitos ☒ Atende ☐ Não atende

Contribuição da luz natural ☒ Atende ☐ Não atende ☐ Não se aplica

Desligamento automático ☒ Atende ☐ Não atende ☐ Não se aplica

	- Atividade +	Nº. de Unidades	Potência [W]	Área [m ²]
			2963	172.34
			9267	536.32
			9333	536.32
			9294	536.32
1	Escritório	- 9 +	9522	536.32
			10602	536.32
			10686	536.32
			13506	905.36
			23070	1101.93

Calcular Eficiência Limpar

 E

* Desde que observados os pré-requisitos de iluminação.

Fonte: WebPrescritivo 2018

Tabela 15 – Tabela lâmpadas LED todos os requisitos atendidos

Iluminação

☒ Por áreas do edifício ☐ Por atividades do edifício

Pré-Requisitos de todos os ambientes

Divisão de circuitos ☒ Atende ☐ Não atende

Contribuição da luz natural ☒ Atende ☐ Não atende ☐ Não se aplica

Desligamento automático ☒ Atende ☐ Não atende ☐ Não se aplica

	- Atividade +	Nº. de Unidades	Potência [W]	Área [m²]
1	Escritório	- 9 +	1740	172.34
			5140	536.32
			5180	536.32
			5160	536.32
			5280	536.32
			5880	536.32
			5920	536.32
			7480	905.36
			12760	1101.39

Calcular Eficiência Limpar

 B

* Desde que observados os pré-requisitos de contribuição da luz natural e divisão dos circuitos

Fonte: WebPrescritivo 2018

Através da nova simulação com todos os pré-requisitos atendidos obteve-se um aumento no nível de eficiência energética somente para o sistema de iluminação LED, onde este passou do nível C de eficiência para o nível B.

Já para o sistema de iluminação fluorescente não houve variação quanto ao nível de eficiência energética, continuando assim nível E devido a sua alta potência consumida.

Segundo a tabela 4.1 do RTQ-C para etiquetagem de nível B deve-se atender necessariamente as características dispostas nos itens 4.1.1 – Divisão de circuitos e 4.1.2 – Contribuição da luz natural, conforme demonstrado na tabela 2 anteriormente. Por conta desse item obteve-se o aumento no nível de eficiência energética da edificação.

Ressalta-se a análise do mesmo sistema de iluminação, com novo ajuste proposto na alteração do pré-requisito no que diz respeito à contribuição da luz natural é possível ainda obter um nível de eficiência com classificação superior de C para o nível B. Com adequação nos circuitos próximos as áreas de incidência de luz natural, instalando dispositivos de desligamento podendo assim aumentar o controle de utilização.

5 CONCLUSÃO

Finalizando este estudo de caso com o levantamento de dados sobre eficiência energética e sistemas de iluminação, foi descrito na revisão bibliográfica a evolução dos modelos de iluminação artificial e suas adequações. Com passar dos anos devido às necessidades em relação adequações de normas, novas políticas de meio ambiente e sustentabilidade, conclui-se que a tecnologia LED apresenta vantagens em relação à eficiência energética. Sendo assim foi analisado no estudo de caso o *retrofit* em execução no edifício comercial público.

Buscando em dados descritos na metodologia de pesquisa, a comparação de parâmetros da norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 onde estipula qualidade de iluminação propicia para realização de tarefas visuais de maneira eficiente, precisa e segura nos ambientes em questão, juntamente com requisitos contidos no Regulamento Técnico da Qualidade – RTQ, onde apresenta procedimentos para alcançar níveis mais elevados de eficiência energética, para avaliação e obtenção da etiqueta ENCE.

Levando-se em conta como observado no estudo de caso à implantação do sistema de iluminação atentou-se para processo de substituição das luminárias e atualização dos dispositivos mantendo total padrão uma logística de agilidade, sendo concluído com seu sistema de descarte, almejando a preservação ambiental.

Pela observação dos aspectos analisados e a conclusão do contexto bibliográfico buscou-se comparar com o estudo de caso a análise e avaliação do desempenho, em relação à etiquetagem e à conformidade do RTQ. A edificação atendeu parcialmente os pré-requisitos estabelecidos nos manuais do Regulamento Técnico da Qualidade em Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, RTQ-C, desta forma utilizando o programa de simulação WebPrescritivo, o estudo chegou a uma simulação na classificação da etiqueta ENCE de iluminação, Nível E com iluminação fluorescentes anterior ao *retrofit* com dado de 98.243 watts em consumo de potência e Nível C para iluminação LED, posterior a conclusão do *retrofit* com uma redução para 54.540 watts em consumo de potência.

Conclui-se no estudo de caso que a tecnologia de iluminação LED promoveu um desempenho superior em relação à eficiência energética em torno de 55,52% de economia e com análise comprovada pela simulação feita nos padrões RTQ-C para etiquetagem do selo PROCEL.

Buscando a obtenção de um nível superior na classificação, o estudo fez uma nova simulação utilizando como hipótese à adequação dos circuitos em ambientes próximos as luminárias que recebem contribuição da luz natural, sendo um item faltante, à realidade do

edifício, como descrito no subtítulo de simulação feito anteriormente. Com esta proposta de adequação os cálculos passaram do nível C de eficiência para o nível B de eficiência, devido à economia gerada através do desligamento parcial da iluminação em determinados períodos do dia.

A importância desse estudo é de demonstrar como o uso de novas tecnologias é promissor em relação à sustentabilidade e diminuição de custos.

Como sugestão para futuros trabalhos acadêmicos, sugere-se a avaliação de outros itens pertencentes ao RTQ-C, sendo eles envoltória e condicionamento de ar para esta edificação, a fim de obter a etiqueta ENCE total.

REFERÊNCIAS

AECWEB. **Luminárias LED têm vida útil prolongada e economizam até 58% de energia.**

Disponível em: < https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/luminarias-led-tem-vida-util-prolongada-e-economizam-ate-58-de-energia_6489_0_0 > Acesso em: 25 maio, 2018.

ALUMBRA. **Conceitos de iluminação.** Disponível em:

<<http://www.alumbra.com.br/iluminacao/conceitos.php>> Acesso em 22 maio, 2018

ARCOWEB. **LIGHTING.** [on line]. 2006. Disponível:

<<http://www.arcoweb.com.br/lightdesign/lightdesign5.asp>> Acesso em: 23 maio, 2018.

AMBIENTE ENERGIA, **Ambiente Energia - Meio Ambiente, Sustentabilidade e inovação,**

Disponível em: < <https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2018/01/esta-proibida-venda-de-lampadas-led-sem-certificacao-inmetro/33654> > Acesso em: 16 maio 2018

AVANT, **Temperatura de Cor: Vamos entender a diferença entre luz quente e luz fria e qual unidade de medida é utilizada para medi-la.**

Disponível em: < <http://avantlux.com.br/noticias/temperatura-de-cor/> > Acesso em: 26 maio 2018

BARATTO. **"Governo torna obrigatório que edifícios públicos federais sejam energeticamente eficientes"** 11 Jul 2014. ArchDaily Brasil. Acessado 28 Mai 2018.

<<https://www.archdaily.com.br/br/623839/governo-torna-obrigatorio-que-edificios-publicos-federais-sejam-energeticamente-eficientes>> ISSN 0719-8906

BRAINSTORM9 - B9, **B9 Conteúdo e Mídia Ltda..** Disponível em:

<<http://www.b9.com.br/32100/nick-holonyak-o-inventor-do-led/>> Acesso em: 18 maio 2018

BEN, Balanço Energético Nacional; **Relatório Síntese** Disponível em:

<<https://ben.epe.gov.br/BENRelatorioInicial.aspx>> Acesso em: 23 maio 2018

BLEY, Francis Bergmann, **LEDs versus Lâmpadas Convencionais Viabilizando a troca.** Pós-graduação em Iluminação e design de Interiores. IPOG. 2012.

BOREALLED, **Boreal Led, Dicas Econômicas em Energia.** Disponível em:

<<http://blog.borealled.com.br/historia-das-lampadas-led>> Acesso em: 18 maio 2018.

DECKMANN, S. M.; POMILIO, J. A. **Avaliação da qualidade da energia elétrica.**

Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. 2010.

DGEG, **Direção Geral de Energia e Geologia** Disponível em: <http://www.dgeg.gov.pt/>>

Acesso em: 17 maio 2018.

DUTRA, Eduardo; **LEDTec Brasil. (2014)** Disponível em: <<http://www.ledtecbrasil.com/leds-nao-emitem-uv>>. Acesso em: 20 maio 2018

COLETIVO VERDE. **Residência verde: uma tendência no mercado imobiliário.** Disponível em: <www.coletivoverde.com.br/residencia-verde-uma-tendencia-no-mercado-imobiliario>.

Acesso em: 23 maio 2018.

CORRÊA, Francyel; **eficiência energética em edifícios públicos: estudo dos requisitos para eficiência energética em uma edificação escolar**. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Civil; Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2016.

COSTA, G. J. C., **Iluminação econômica: Cálculo e avaliação**.4. Ed Porto Alegre: EDIPURCS, 2006, 562p.

EDIFÍCIO EXEMPLO RTQ-C 2015; **Determinação do nível de eficiência energética de um edifício exemplo utilizando o RTQ-C**; Disponível em: <[http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/Determinacao_do_nivel_de_eficiencia_energetica_de_um_edificio_exemplo_utilizando_o_RTQ-R\(2\).pdf](http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/Determinacao_do_nivel_de_eficiencia_energetica_de_um_edificio_exemplo_utilizando_o_RTQ-R(2).pdf)>. Acesso em: 20 maio 2018.

ELEKTRO. **Desempenho comercial**. Disponível em: <http://www.elektro.com.br/ra2010/desempenho-comercial.aspx> Acesso em 25 maio. 2018

FERREIRA, J. Z. **Estudo comparativo entre lâmpadas fluorescentes tubulares T8 e tubulares de LED**. Monografia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. 2014

FIORINI, Thiago M. S. **Projeto De Iluminação de Ambientes Internos Especiais**. Trabalho de conclusão de curso – Engenharia Elétrica; Centro tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006, 125p.

GHISI, E. **Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação: estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina**. Dissertação de mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil; Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997, 246 p.

GODOY, A. S. Pesquisa qualitativa - tipos fundamentais. **Revista de Administração de Empresas**, v. 35, n. 3, p. 20-29, 1995

INFOESCOLA, **Info Escola Navegando e Aprendendo**. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/fisica/espectro-eletromagnetico>> Acesso em: 23 maio. 2018.

INMETRO, Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
Disponível em:<<http://www.inmetro.gov.br/>>. Acesso em: 20 maio 2018

INSTRUÇÃO NORMATIVA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA IN 02-2014
<<http://cpsustentaveis.planejamento.gov.br/assets/conteudo/uploads/instrucao-normativa-de-eficiencia-energetica-n%C2%BA-02-2014.pdf>> Acesso em: 23 maio. 2018.

JORNAL DA INSTALAÇÃO, **Publicada norma brasileira de iluminação em locais de trabalho**. Disponível em: <http://www.jornaldainstalacao.com.br/index.php?id_secao=1¬icia=11592>. Acesso em 24 maio 2018.

LABEEE, **Laboratório de Eficiência Energética em Edificações**. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Aula-Etiquetagem-RTQR%20e%20RTQC.pdf>> Acesso em 24 maio 2018.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R.. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: ELETROBRAS/PROCEL, 2014. 366 p.

LOPES, Carlos Eduardo Mota, **Liderança verdadeiramente eficaz e eficiente**; 1ªEd, Edição do autor, Manaus. 2013. 227p.

LUMICENTER, **Grupo Lumaticenter Lighting, Catálogo de produtos** – Disponível em: <<http://www.lumicenteriluminacao.com.br/catalogo/caa01-e-p2281/>> Acesso em: 24 maio. 2018

LUMICENTER, **Grupo Lumaticenter Lighting** - Disponível em: <<http://www.lumicenteriluminacao.com.br/o-grupo>> Acesso em: 23 maio. 2018.

LUMICENTER, **Grupo Lumaticenter Lighting** - Disponível em: <<http://www.lumicenteriluminacao.com.br/reproducao-de-cores-irc-e-tm-30/>> Acesso em: 24 maio. 2018.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, **Portaria Interministerial nº 1.007, de 31 de dezembro de 2010**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/904396/Portaria_interminestral+1007+de+31-12-2010+Publicado+no+DOU+de+06-01-2011/d94edaad-5e85-45de-b002-f3ebe91d51d1?version=1.1> Acesso em: 18 maio 2018

MINIPA, **Minipa do Brasil Ltda.** – Disponível em: <<http://www.minipa.com.br/temperatura-e-ambiente/luxímetros/138-mlm-1011>> Acesso em: 30 maio 2018

MODESTO, A. L. N.. Avaliação do Consumo Energético de Sistemas de Iluminação Utilizando Lâmpadas Fluorescentes e LED. 106 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Bacharelado em Engenharia Elétrica – Universidade Estadual de Londrina, 2014.

NETO, Egidio Pilotto, **Cor e Iluminação nos Ambientes de Trabalho**. Livraria Ciência e Tecnologia Editora. São José dos Campos, São Paulo, 1980. 131 p.

NISKIER, J.; MACINTYRE, A. J. **Instalações elétricas**. LTC, Rio de Janeiro. 2008.

OSRAM, **Web Site Globais da OSRAM** - Disponível em: <<https://www.osram.com.br/cb>> Acesso em: 23 maio 2018

PBE Edifica, **Programa Brasileiro de Etiquetagem**, Disponível em: <<http://www.pbeedifica.com.br>> Acesso em: 15 maio 2018.

PEREIRA, F. O. R.; SOUZA, M. B. **Apostila de conforto ambiental - iluminação**. Universidade Estadual de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 2005.

PHILIPS, **A qualidade da iluminação LED Philips é evidente graças ao seu alto valor de processamento de cores, garantindo que as cores permaneçam sempre reais e naturais**. Disponível em <<https://www.philips.com.br/c-m-li/led-lights/quality-of-light-led-lighting>>, Acesso em: 23 maio 2018.

PIVA, W. W., **Análise comparativa da eficiência de lâmpadas incandescentes e fluorescentes compactas de uso residencial**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Engenharia Elétrica -Área de Ciências Tecnológicas - Universidade São Francisco, 2009

PORTAL G1, **Portal G1 Globo**, Disponível em: <<http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2014/10/trio-ganha-nobel-de-fisica-por-invencao-de-luz-que-economiza-energia.html>>. Acesso em: 20 maio 2018.

PROCEL INFO, **Plataforma OnLine Procel**, Disponível em: <www.procelinfo.com.br> Acesso em: 15 maio 2018.

PROCEL, **Manual de Iluminação**, Procel EPP Eficiência energética nos prédios públicos. Rio de Janeiro. 2011, 54 p.

RE, Vittorio Re; **Iluminação interna: civil e industrial**. Editora: hemus. São Paulo, 1978 120p.

RTQ-C, **Manual para Aplicação do RTQ-C**. Versão 4.1 2017. Disponível em: <http://www.pbenedifica.com.br/sites/default/files/Manual_20170411_Notas_T%C3%A9cnicas%2BCapa.pdf> Acesso em: 18 maio 2018

RAC, **Manual para Aplicação do RAC**. Versão 4.3 2013. Disponível em: <http://www.pbenedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/Manual_RAC-C_20141215.pdf> Acesso em: 18 maio 2018

RODRIGUES, Pierre.; **Manual de Iluminação eficiente**; 1ª edição , julho 2002, 36p.

SIENGE, **software especialista em gestão de empresas da construção civil**, Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/venda-de-lampadas-incandescentes-proibicao-comeca-julho>>. Acesso em: 20 maio 2018

SOARES, Ricardo Matheus Meliande, **projeto de eficiência energética de uma base de operação de uma distribuidora de combustíveis**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação) Engenharia elétrica, Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2017. 148p.

SILVA, Edna Lúcia da.; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Florianópolis: UFSC/PPGEP/LED, 2000, 118 p.

TONYALIGHT, **Tonya Light Professional Lighting Supplier**; Disponível em: <<http://www.tonyalight.com/product/showproduct.php?lang=en&id=187#ad-image-1>>. Acesso em: 20 maio 2018.

VIANA, Algusto. N. C.; BORTONI, Edson. C.; N.; NOGUEIRA, Fábio J. H.; HADDAD, Jamil; NOGUEIRA, Luiz A. H.; VENTURINI, Osvaldo J.; YAMACHITA, Roberto A.: **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES**, 1. Ed. São Paulo, 2012. 314 p.

WEBPRESCRITIVO, **web de avaliação da ENCE**. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/projetos/s3e/webprescritivo>>. Acesso em: 20 maio 2018.

