

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA E SEGURANÇA DO TRABALHO**

VANESSA RIBEIRO GIARETA

**AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE ILUMINÂNCIA EM POSTO DE TRABALHO
ESTUDO DE CASO DE UMA INDÚSTRIA TÊXTIL**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2014

VANESSA RIBEIRO GIARETA

**AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE ILUMINÂNCIA EM POSTO DE TRABALHO
ESTUDO DE CASO DE UMA INDÚSTRIA TÊXTIL**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho, do Departamento de Construção Civil, da Universidade Tecnológica do Paraná.

Orientador: Prof. M.Eng. Massayuki Mario Hara

CURITIBA

2014

VANESSA RIBEIRO GIARETA

**AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE ILUMINÂNCIA EM POSTO DE
TRABALHO ESTUDO DE CASO DE UMA INDÚSTRIA TÊXTIL**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Banca:

Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. Dr. André Nagalli
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. M.Eng. Massayuki Mário Hara (Orientador)
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Curitiba
2014

“O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso”

Dedico esta conquista àqueles que estiveram comigo em todos os momentos da minha vida até a conclusão deste trabalho, meus pais (Nilda de Fátima Ribeiro e Valdecir Giareta), minha irmã (Jéssica Ribeiro Giareta) e ao meu querido tio (Henor Pinto dos Reis). Este trabalho não se realizaria sem vocês!
Esta vitória é nossa!

Vanessa Ribeiro Giareta

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus.

RESUMO

A presente pesquisa consiste em uma análise das condições luminotécnicas do ponto de vista de conforto ambiental, qualidade e segurança no trabalho, do setor de acabamento de uma fábrica de malhas localizada em Santa Catarina. Um ambiente que apresenta o nível de iluminação deficiente ou com excesso de iluminação, pode causar o comprometimento da saúde visual, segurança e do rendimento dos trabalhadores. O estudo considerou a análise de variáveis ambientais no processo de produção, com observações *in loco* e utilização de instrumentos de medição. O processo de investigação ocorreu por meio de um levantamento de bibliografias sobre o tema, a partir de sites oficiais, monografias, teses, manuais e livros. Em seguida apresentam-se as verificações do sistema atual de iluminação, dividida em quatro etapas: verificação de modelos e fabricantes das luminárias, reatores e lâmpadas; verificação das condições do ambiente de trabalho (apresentação de poeiras, particulados, condições de limpeza e iluminação ambiente); avaliação de níveis de iluminâncias mínimos exigidos pela equipe de segurança de trabalho e por último as medições de iluminância. Partindo dos resultados obtidos, realizaram-se então avaliações técnicas, verificação de atendimento à norma vigente e apresentação de um método de cálculo luminotécnico que poderá ser de uso da empresa para estudar formas de melhorar o sistema de iluminação, uma vez que a simulação demonstra que apenas a substituição das lâmpadas não atende aos requisitos de segurança dos trabalhadores e conseqüentemente redução de custos com absenteísmo.

Palavras-chave: Sistemas de Iluminação. Segurança do Trabalho. Indústria

ABSTRACT

This research consists in an analysis of the luminotechnical conditions from the standpoint of environmental confort, quality and work safety, on the finishing sector of a textile factory located in Santa Catarina, Brazil. An environment which presents insufficient or excessive lighting may compromise visual health, safety and the production of workers. The study considered the analysis of environmental variables in the production process, with in situ observations and using measuring instruments. The investigation process is made through bibliographies on the subject, from official websites, monographs, theses, manuals and books. In the sequence are presented the checks of the current lighting system, split into four stages: verification of models and manufacturers of fixtures, ballasts and lamps; verification of the work conditions on the location (existence of dust and particulates, cleaning and lighting conditions); evaluation of minimum illuminance levels required by safety staff; and illuminance measurement. With the results in hand, were performed technical evaluations, compliance checks with current standards and presentation of a luminotechnical calculation method that may be used by the company to study ways to improve the lighting system, aiming its workers safety and therefore reducing costs with absenteeism.

Key-words: Lighting Systems. Safety. Industry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Representação gráfica de fluxo luminoso	16
Figura 2 – Representação gráfica de intensidade luminosa.....	16
Figura 3 – Representação gráfica de nível de iluminância	17
Figura 4 – Representação gráfica de nível de eficiência luminosa.....	17
Figura 5 – Lâmpada Incandescente	19
Figura 6 – Lâmpada Halogênea	19
Figura 7 – Lâmpada Fluorescente.....	20
Figura 8 – Lâmpada de Descarga	20
Figura 9 – Fibra ótica	21
Figura 10 – Lâmpada LED	21
Figura 11 - Luminária de Sobrepor Intral AS-810.....	30
Figura 12 - Dimensões da luminária.....	31
Figura 13 – Sistema atual de iluminação	34
Figura 14 – Lâmpada LED LumineLed.....	35
Figura 15 - Dados da Curva Fotométrica	35
Figura 16 - Dados do Fator de depreciação.....	36
Figura 17 - Dados das Refletâncias de paredes, teto e piso.....	36
Figura 18 - Dados das Dimensões do Ambiente	37
Figura 19 - Dados do Plano de Trabalho	37
Figura 20 – Distribuição das luminárias	38
Figura 21 - Dados Altura de Instalação das Luminárias.....	38
Quadro 1 – Especificações técnicas da luminária.....	30
Quadro 2 – Fator de depreciação.....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Subdivisão das áreas do setor de acabamento.....	32
Tabela 2 – Nível de Iluminância informado pela Segurança do Trabalho	33
Tabela 3 – Nível de Iluminância medido	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABILUX	Associação Brasileira de Indústria de Iluminação
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN	Balanço Energético Nacional
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento
Color.	Colorido
comp.	Compilador
coord.	Coordenador
CTEnerg	Fundo Setorial de Energia
D	Média do número de dias trabalhados por mês
DPE	Demanda primária de energia
ed.	Edição
Ed.	Editor
En _c	Energia elétrica consumida
f.	Folha
GE	General Electric
H	Hora
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ideal.	Idealizador
IEA	<i>International Energy Agency</i>
il.	Ilustrador
IRC	Índice de Reprodução de cores
ISBN	<i>International Standard Book Number</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
Lm	Lúmen
lux	Iluminância
mm	Milímetro
MME	Ministério de Estado de Minas e Energia
N	Número de lâmpadas
NBR	Norma Brasileira Regulamentar
N ^o	Número
°C	Celsius

P&b	Preto e branco
p.	Página
Pto	Ponto
T	Tempo médio para manutenção de uma luminária
trad.	Tradutor
V	Volts

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
W	<i>Watt</i>
m ²	Metro quadrado
kWh	Quilo <i>Watt</i> hora
TWh	Tera <i>Watt</i> hora
W/m ²	<i>Watt</i> metro quadrado
lm/W	Lúmen por <i>Watt</i>
lm/m ²	Lúmen por metro quadrado

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 OBJETIVOS.....	14
1.1.1 Objetivo Geral	14
1.1.2 Objetivos Específicos.....	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1 SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO.....	15
2.1.1 Iluminação	15
2.1.2 Conceitos de Iluminância.....	15
2.1.3 Sistemas de Iluminação Natural	17
2.1.4 Sistemas de Iluminação Artificial	18
2.1.5 Tipos e Características de lâmpadas	18
2.2 ILUMINAÇÃO NO AMBIENTE DE TRABALHO.....	22
2.2.1 A visão	22
2.2.2 Conforto visual	23
2.2.3 A iluminação e o comportamento humano	24
2.2.4 Iluminação eficiente.....	25
2.2.5 Normas Técnicas	26
3 METODOLOGIA.....	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	30
4.1 DIAGNÓSTICO DO SISTEMA ATUAL DE ILUMINAÇÃO	30
4.2 MÉTODO DE CÁLCULO LUMINOTÉNICO PROPOSTO.....	34
4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
4.3.1 Sugestões de trabalhos futuros	40
5 CONCLUSAO	41
REFERÊNCIAS.....	42
ANEXO A – PLANTA BAIXA DA ÁREA DE ESTUDO	47

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a indústria tem assistido transformações muito amplas no ambiente em que atuam, passando a considerar além de preocupações econômicas, as de caráter social, ambiental e de segurança do trabalho.

As instalações de uma empresa, ou seja, o conjunto de postos/locais de trabalho onde os trabalhadores exercem diferentes atividades, devem ser adequados às atividades que nelas decorrem, promovendo um ambiente seguro e produtivo, além de cumprirem um conjunto de requisitos legais.

A iluminação é um elemento fundamental para o bem estar físico e mental daqueles que fazem uso de um determinado ambiente, facilitando a visualização de objetos de modo que o trabalho possa ser efetuado em condições aceitáveis de eficiência, comodidade e segurança.

Uma iluminação adequada nos locais de trabalho é uma condição imprescindível para a obtenção de um bom ambiente de trabalho, e assim, aumentar a produtividade e diminuir os absenteísmos e os acidentes de trabalhos, uma vez que temas como acidentes de trabalho, doenças profissionais e boas condições de trabalho são cada vez mais prioridades nas empresas.

O setor de acabamento de uma indústria têxtil é o local onde a iluminação possibilitará o desenvolvimento das atividades relacionadas à estética dos produtos, portanto deve ser eficiente no ponto de vista de qualidade e do conforto ambiental.

Aparentemente, o objetivo geral dos projetos de iluminação artificial é atingir os níveis de iluminação mínimos recomendados, com baixo custo de implantação. A busca pela economia faz que com que muitos projetos sejam pouco eficientes ou até impróprios para a aplicação destinada. Com base nesta observação, um projeto luminotecnico deve ser elaborado e seguido à risca, para que o sistema funcione eficientemente.

Tendo em vista que um dos principais objetivos da empresa concentra-se na melhoria das condições de trabalhado de seus trabalhadores, surgiu a oportunidade de realizar este estudo. Pretende-se então com o trabalho desenvolvido avaliar a exposição dos trabalhadores às condições de iluminação no seu local de trabalho.

1.1 OBJETIVOS

A seguir são apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos a serem alcançados por meio deste estudo.

1.1.1 Objetivo Geral

Esta monografia tem como objetivo geral analisar os níveis de iluminâncias de um indústria têxtil perante a ABNT NBR 8995-1.

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do trabalho são:

- a) Realizar levantamento das luminárias e tipos de lâmpadas utilizadas na área de estudo;
- b) Realizar medições dos níveis de iluminância da área de estudo;
- c) Avaliar o desempenho do sistema de iluminação atual a partir da comparação dos dados obtidos em campo com norma vigente;
- d) Realizar simulações luminotécnicas a fim de realizar uma proposta para o sistema de iluminação adequada à NBR 8995-1.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica, como constituinte da primeira parte do estudo, apresenta os conceitos teóricos necessários para o desenvolvimento do mesmo. Servindo como suporte teórico para as análises e futuras tomadas de decisões.

2.1 SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

2.1.1 Iluminação

Um sistema de iluminação é composto essencialmente por luminárias, lâmpadas e reatores, podendo completá-lo com equipamentos de acionamento ou controle (sensores de presença, potenciômetros ou sensores de luminosidade).

Segundo Vianna e Gonçalves (2001) e Hopkinson *et al.* (1975), os raios luminosos não são visíveis. Tem-se a sensação de luminosidade pela reflexão dos raios de luz a partir de superfície dos objetos por eles atingidos e devolvidos à vista.

A iluminação é um elemento muito importante e indispensável em nossas vidas. Imagine os dias sem sol, sem luz, seria muito triste e vazio, sem cor e sem vida, isso mostra como a iluminação faz parte do nosso dia a dia e o quanto à luz é capaz de influenciar ações e atitudes das pessoas e dos ambientes.

Ao longo dos anos as tecnologias que envolvem os sistemas de iluminação tem se desenvolvido bastante. Impulsionados pela busca de sistemas cada vez mais modernos, pela preocupação com a escassez de energia e pela busca por alternativas mais econômicas tornou-se uma prioridade para muitas aplicações.

No campo da iluminação sabemos que a qualidade da luz é decisiva, tanto no que id respeito ao desempenho das atividades, como na influencia que exerce no estado emocional e no bem-estar dos seres humanos (PROCEL, 2002).

2.1.2 Conceitos de Iluminância

Os principais conceitos de iluminâncias são (PHILIPS, 2008):

- a) Fluxo luminoso: É a quantidade total de luz emitida a cada segundo por uma fonte luminosa. A unidade de medida do fluxo luminoso é o lúmen (lm), representado pelo símbolo Φ .



Figura 1 – Representação gráfica de fluxo luminoso
Fonte: PHILIPS, 2008.

- Exemplo: uma lâmpada incandescente de 100 Watts emite cerca de 1.600 lúmens de fluxo luminoso por segundo ao ambiente.

- b) Intensidade Luminosa: É definida como a concentração de luz em uma direção específica, radiada por segundo. Representada pelo símbolo I e a unidade de medida é a candela (cd).

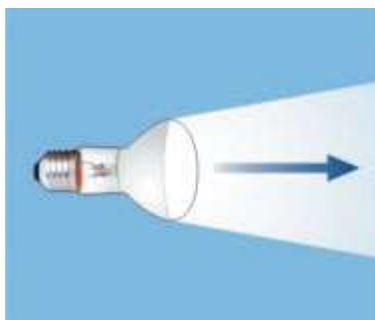


Figura 2 – Representação gráfica de intensidade luminosa
Fonte: PHILIPS, 2008.

- c) Nível de Iluminação ou Iluminância: Quantidade de luz ou fluxo luminoso que atinge uma unidade de área de uma superfície por segundo. A unidade de medida é o lux, representada pelo símbolo E . Um lux equivale a 1 lúmen por metro quadrado (lm/m^2).

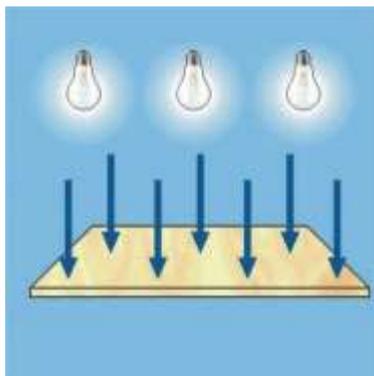


Figura 3 – Representação gráfica de nível de iluminância
Fonte: PHILIPS, 2008.

- d) Eficiência Luminosa de uma Lâmpada: É calculada pela divisão entre o fluxo luminoso emitido em lúmens e a potência consumida pela lâmpada em Watts. A unidade de medida é o lúmen por Watt (lm/W). Uma lâmpada proporciona uma maior eficiência luminosa quando a energia consumida para gerar um determinado fluxo luminoso é menor do que da outra.

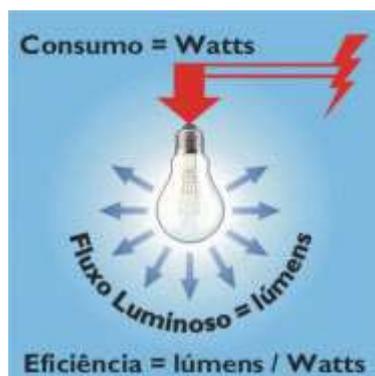


Figura 4 – Representação gráfica de nível de eficiência luminosa
Fonte: PHILIPS, 2008.

- Exemplo 1: 01 Lâmpada fluorescente tubular de 40W (33,5mm de diâmetro) - ELD proporciona 2.600 lm.
- Exemplo 2: 01 Lâmpada fluorescente tubular de 32W (26mm de diâmetro)
- S84 proporciona 2.700 lm.

2.1.3 Sistemas de Iluminação Natural

Neste trabalho, a iluminação natural será considerada como complementar a iluminação artificial, uma vez que o objetivo do projeto é a redução do consumo de energia elétrica por meio de sistemas de iluminação mais eficientes.

A utilização da luz natural é, sob todos, os aspectos o sistema de iluminação energeticamente mais eficiente. Esta é a tendência mundial cada vez mais adotada nos modernos sistemas de iluminação, que encontra no Brasil razões ainda mais fortes para ser amplamente utilizada em função de nossas características climáticas bastante favoráveis. (RODRIGUES, 2002).

A preocupação com a economia de energia elétrica tende a conduzir à pesquisa de meios naturais para obter a necessária iluminação. Segundo o Manual ABILUX (1992), a combinação do controle da iluminância da janela e da incidência da radiação solar direta são estratégias que podem significar uma redução de até 50% do consumo da energia elétrica para iluminação em um prédio.

2.1.4 Sistemas de Iluminação Artificial

Segundo Brandonni (2006), a utilização de iluminação artificial permite a realização de tarefas a qualquer hora do dia, o que não poderia ser feito se fosse utilizada apenas a iluminação natural.

Lannone (2000) descreve que ao longo da evolução do pensamento humano, o processo cultural que criou a estrutura para o desenvolvimento de um projeto da luz é um fenômeno absolutamente recente. No final do século XIX, o ser humano começa a verificar as infinitas possibilidades do material luz, e inicia a compreensão do fato de que a presença da luz artificial poderia ser a origem de notáveis mudanças na qualidade de vida, a começar pelos hábitos cotidianos.

Para Scarazzato (1989), a iluminação adequada de um ambiente fornece o conforto visual, que segundo ele, melhora a percepção visual dos usuários, facilitando assim o desempenho das mais variadas tarefas nesses locais.

O nascimento da luz artificial, ainda segundo Lanone (2000), permite mudar os hábitos de trabalho ou domésticos, propicia prolongar algumas atividades humanas para além de um horário anteriormente tradicional.

2.1.5 Tipos e Características de lâmpadas

- a) Lâmpadas Incandescentes: Funcionam através da passagem da corrente elétrica por um filamento de tungstênio, que com o aquecimento, gera a luz.
 - Eficiência: extremamente baixa

- Vida útil: 800 horas
- Índice de Reprodução de cores (IRC): 100%
- Uso: geral, residencial, plafons, arandelas, abajures, luminárias de pé.



Figura 5 – Lâmpada Incandescente
Fonte: SALVEGO, 2011.

- b) Lâmpadas Halógenas: Funcionam em tensão de rede (110v/220v) ou baixa tensão, possuem filamento de tungstênio e trabalham em conjunto com o gás halogênio).
- Eficiência: alta eficiência (baixa tensão de rede)
 - Vida útil: 2.500 horas
 - Índice de Reprodução de cores (IRC): 100%
 - Uso: residencial decorativo e comercial



Figura 6 – Lâmpada Halogênea
Fonte: SALVEGO, 2011.

- c) Lâmpadas Fluorescentes: Funcionam a base de gases, trifósforos (combinação de fósforos e terras raras) para possibilitar alta eficiência, boa aparência e baixo consumo. Reatores são necessários. Quatro grupos: tubulares (comuns e alta resolução), eletrônicas (reatores integrados), circulares e compactas. Lâmpadas (18W/36W/58).
- Eficiência: alta eficiência

- Vida útil: de 7.500 à 10.000 horas
- Índice de Reprodução de cores (IRC): 85%
- Tensão de rede: 110/220V
- Uso: residencial e comercial



Figura 7 – Lâmpada Fluorescente
Fonte: SALVEGO, 2011.

- d) Lâmpadas de Vapor: Uma descarga (alta pressão) elétrica entre os eletrodos leva os componentes internos (gases sódio, xênon, mercúrio) do tubo de descarga a produzirem luz, levam reatores e ignitores em sua composição. Necessitam de 2 a 15 minutos para seu acendimento completo.



Figura 8 – Lâmpada de Vapor
Fonte: SALVEGO, 2011.

- e) Fibra ótica: É um filamento de vidro ou de elementos poliméricos utilizado para transmitir pulsos de luz.
- Eficiência: baixa
 - Vida útil: 3.000 horas
 - Uso: em iluminação de destaque, comercial e residencial.



Figura 9 – Fibra ótica
Fonte: SALVEGO, 2011.

f) Lighting Emitted Diodes (LED): Dispositivos semicondutores que convertem energia elétrica diretamente em energia luminosa, através de chips de minúscula dimensão.

- Vida útil: 100.000 horas

- Uso: iluminação de destaque, residencial, comercial e público.

Sinalizadores de trânsito, fachadas de prédios, balizadores, iluminação de casas noturnas, etc.

De baixo consumo, vida útil extremamente longa, os led's estão cada vez mais eficientes superando a eficiência das lâmpadas incandescentes. Os led's são monocromáticos, emitem luz somente numa faixa do espectro da luz, por isso não se aplica IRC, nem temperatura de cor.



Figura 10 – Lâmpada LED
Fonte: SALVEGO, 2011.

2.2 ILUMINAÇÃO NO AMBIENTE DE TRABALHO

Uma iluminação correta no local de trabalho é necessária, uma vez que vários apontam para a existência de uma relação entre a qualidade de iluminação e a produtividade, a motivação, o conforto, o desempenho e o bem-estar dos trabalhadores. No local de trabalho, as vantagens da promoção da saúde e bem-estar dos trabalhadores conduzem a menos erros e acidentes e mais segurança e maior assiduidade por parte dos trabalhadores (BOMMEL, 2006; KULLER & LAIKE, 1998 in Hoffmann et al.(2007). De acordo com Juslén et al. (2007), a melhoria da produtividade é suportada por 3 suposições:

- Uma boa iluminação melhora o desempenho visual, o que por sua vez permite aos trabalhadores realizarem o seu trabalho de forma mais rápida e precisa;
- A iluminação (e a escuridão) pode ser utilizada para avançar (ou atrasar) os ritmos circadianos;
- A iluminação pode criar efeitos de estimulação sobre os trabalhadores, mantendo-os mais despertos.

Por outro lado, condições insuficientes de iluminação podem causar dor de cabeça, fadiga e irritabilidade, além de aumentar a probabilidade de ocorrência de erros e acidentes.

Selecionar o tipo de iluminação adequada consiste então em encontrar o equilíbrio entre o ambiente luminoso, o desempenho e o conforto dos trabalhadores (PAIS, 2011). De acordo com Boyce e Fiesna (2003 in PAIS, 2011) “uma boa iluminação não é aquela que fornece apenas a quantidade de luz suficiente para executar as tarefas profissionais, mas também a que proporciona condições de visibilidade que favorecem o conforto visual dos trabalhadores”.

Usualmente os trabalhadores mais satisfeitos com o ambiente de trabalho são os que produzem melhores resultados. Dessa forma a satisfação dos trabalhadores é um fator importante no sucesso de uma organização e pode ser usada como indicador de desempenho.

2.2.1 A visão

Segundo Neto (1980), a visão representa, possivelmente, a mais importante fonte de contato do ser humano com o ambiente que o rodeia, é a principal forma de

percepção das informações. Embora o homem lhe dê grande importância, nem sempre lhe dedica a devida atenção, particularmente quando se trata de oferecer meios adequados para o bom desempenho da tarefa visual.

O olho é o órgão do qual se torna possível perceber sensações de luz e interpretar, por meio da imagem, o mundo que nos cerca. No olho, a sensação visual ocasionada por estímulos luminosos gera impulsos que são transmitidos, através do nervo ótico, até o cérebro, onde se processa a interpretação das diferentes intensidades de luz, permitindo distinguir formas, tamanho e posição dos objetos por meio da percepção visual.

Toda iluminação é feita com o objetivo de produzir um reflexo que transporte para o olho humano as informações do meio externo, para que o nosso cérebro possa analisá-las e interpretá-las, permitindo distinguir cor, forma, tamanho e posição dos objetos por meio de percepção visual (NETO, 1980).

Dado que a visão é o sentido que nos proporciona uma maior informação sobre o mundo, as suas perturbações têm várias repercussões seja a nível pessoal bem como profissional. O processo visual pode ser alterado em decorrência de diversos fatores, o que se traduz em ocorrência de alguns problemas de visão.

Eyes (2011) expõe que Problemas como sensação de corpo estranho, fotofobia, intolerância a luz e olhos vermelhos são diagnosticados por médicos como doenças causadas pelo ambiente de trabalho e não por correlação clínica. Estes problemas são classificados como astenopia ocupacional que se caracterizam por distúrbios oscilares, irritativos ou funcionais, apresentados quando o aparelho visual tenta se superar através de mecanismos estressantes, excedendo sua própria capacidade fisiológica, e caracterizada por sintomas multiformes (superfície ocular, refração, motilidade ocular). Entre os sintomas oculares encontram-se ardência, lacrimejamento, algia periorbital, hiperemia conjuntival. Já os visuais incluem visão ofuscada, diplopia e cansaço visual durante a leitura. As condições de iluminação de interiores, natural ou artificial, desenvolvem uma relação essencial no desenvolvimento da astenopia ocupacional.

2.2.2 Conforto visual

O conforto visual esta diretamente relacionando, entre outros fatores, com a tarefa visual que se desenvolve. Para cada tarefa é necessario um conjunto de

condições específicas, as quais são responsáveis pela intensidade do esforço físico que o olho do ser humano fará para desempenhar uma atividade com qualidade.

Segundo LAMBERTS;DUTRA;PEREIRA (2004):

Conforto visual é entendido como a existência de um conjunto de condições, um determinado ambiente, no qual o ser humano pode desenvolver suas tarefas visuais com o máximo de acuidade e precisão visual, com o menor esforço, com o menor risco de prejuízo à vista e com reduzidos riscos de acidentes.

De acordo com a norma ISO 8995 (2002), é necessário uma boa iluminação dos locais de trabalho para que as tarefas sejam desempenhadas com facilidade (sem esforço visual acrescido) e de uma forma confortável e segura.

Segundo Hopkinson; Petherbridge e Longmore (1966) um projeto de iluminação deve colocar a realização de trabalhos visuais de forma eficiente como primeiro requisito, porém devem existir métodos para determinar as quantidades de luz necessárias para desempenhar tarefas visuais com eficácia e garantir um ambiente visualmente confortável.

Vilar (1996 in Pais, 2011) cita que:

Para se obter boas condições de iluminação é necessário ter em consideração critérios qualitativos (temperatura da cor, etc.) e critérios quantitativos (iluminância, uniformidade) de forma a garantir: Conforto visual: sensação de bem-estar, com a qual o trabalhador pode desenvolver as suas tarefas com o máximo de precisão e acuidade visual, sem esforço e com o menor risco de prejuízos visuais (Lamberts et al., 1997). É conseguido através de uma boa distribuição de iluminâncias no local de trabalho e na garantia da existência de níveis adequados de contrastes e iluminação e ausência de encadeamentos e sombras (Lamberts et al., 1997; Grandjean, 1987).; bom desempenho visual: relacionado com a capacidade de execução da tarefa visual (com precisão e rapidez) mesmo durante períodos longos de trabalho e segurança: o trabalhador não deve perder a noção da vizinhança.

2.2.3 A iluminação e o comportamento humano

Segundo Okamoto (2002), o comportamento humano é conduzido por uma resposta à percepção do ambiente através dos estímulos provocados pelo mesmo.

Para o autor o processo de percepção consiste:

Temos a sensação do ambiente pelos estímulos desse meio, sem ter a consciência disso. Pela mente seletiva, diante do bombardeio de estímulos, são selecionados os aspectos de interesse ou que tenham chamado a atenção, e só aí é que ocorre a percepção (imagem) e a consciência (pensamento, sentimento), resultando em uma resposta que conduz a um comportamento.

Dessa forma pode-se considerar que a percepção é a resposta aos estímulos provenientes do meio, captados através dos sentidos humanos. Okamoto (2002) considera que os sentidos humanos são os mecanismos de interface com a realidade.

Portanto a percepção ambiental conduz o indivíduo a reconhecer o ambiente construído como realidade e a vivenciá-lo. No caso de locais de trabalho existem alguns elementos ambientais que atuam como estímulos e ao serem percebidos interferem no comportamento dos trabalhadores e conseqüentemente no seu desempenho e bem estar, dentre estes elementos destaca-se a cor.

Em relação ao papel funcional das cores no ambiente de trabalho, Haytem (1985) considera que:

A aplicação funcional das cores consiste na utilização destas segundo o propósito de satisfazer as necessidades de eficiência e conforto, que estão diretamente relacionadas ao desempenho do trabalho e à segurança do trabalhador.

Segundo Neto (1980), o uso da cor no ambiente de trabalho é um fator importante, podendo representar um auxiliar eficiente na promoção da saúde, segurança e bem-estar daquelas que trabalham. Além do efeito psicológico benéfico das boas condições ambientais, há um menor risco de fadiga visual e trabalhos falhos, bem como um aumento na eficiência da produção.

A cor é um elemento ambiental que atua como estímulo, podendo influenciar o humor, a satisfação e a motivação do indivíduo (STONE, 2003). De acordo com o tipo de tarefa realizada, a cor do ambiente pode ter efeitos também sobre o desempenho (KWALLEK et al., 1998; KWALLEK & LEWIS, 1990) e a percepção das tarefas (grau de exigência) (STONE & ENGLISH, 1998). Então, determinar o impacto das cores do ambiente sobre o indivíduo pode ser útil para o projeto de ambientes de local de trabalho (STONE, 2001).

2.2.4 Iluminação eficiente

Um projeto de iluminação deve prover uma distribuição da luminosidade razoavelmente uniforme nos planos iluminados, deve também evitar o deslumbramento das pessoas que utilizam o local, pois o deslumbramento é uma impressão de mal-estar que o ambiente gera nos olhos. Vale também lembrar que a iluminação não é um complemento, mas sim, parte de um projeto global, e que se

deve criar uma iluminação que responda à todos os requisitos que o usuário exige do espaço que está utilizando (RODRIGUES,2002).

Um projeto luminotécnico eficiente deve sempre buscar os seguintes pontos:

- Boas condições de visibilidade;
- Boa reprodução de cores;
- Economia de energia elétrica;
- Facilidade e menores custos de manutenção;
- Preço inicial compatível;
- Utilizar iluminação local de reforço;
- Combinar iluminação natural com artificial.

É necessário uma iluminação especial além da iluminação geral em trabalhos delicados e trabalhos com objetos extremamente pequenos, nestes, muitas vezes é necessário também o uso de lupas, lentes de aumento ou aparelhos semelhantes.

2.2.5 Normas Técnicas

A iluminação dos ambientes deve atender a padrões de Iluminância, que no Brasil é determinado pela NBR ISO/IEC 8995-1 de 03/2013 - Iluminação de ambientes de trabalho - Parte 1 desenvolvida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), substituindo e cancelando a ABNT NBR 5413 (Iluminância de interiores), com última revisão em 1992 e a ABNT NBR 5382 (Iluminação de ambientes de trabalho), que havia sido inicialmente publicada em 1977 e que se encontrassem atualização há 28 anos (desde 1985).

A NBR 8995-1 especifica os requisitos de iluminação para locais de trabalho internos e os requisitos para que as pessoas desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente, com conforto e segurança durante todo o período de trabalho.

Adicionalmente a norma apresenta quatro anexos informativos, elaborados com o intuito de informar detalhes referentes aos requisitos desta Norma elaborados com o intuito de informar detalhes referentes aos requisitos desta Norma.

3 METODOLOGIA

Para verificar a eficiência no sistema de iluminação do empreendimento a pesquisa foi dividida em duas partes. A primeira parte trás a fundamentação teórica do estudo por meio da qual foi feito um levantamento de bibliografias sobre o tema, a partir de sites oficiais, monografias, teses, manuais e livros. A qual pode ser encontrada no capítulo dois.

A segunda parte se refere ao diagnóstico do sistema atual de iluminação, medições “*in loco*” e informações sobre iluminância necessária adequada à tipologia de atividade desenvolvida no local.

As metodologias utilizadas para as subdivisões da seção do sistema de iluminação podem ser observadas a seguir:

a) Descrição do local:

A empresa escolhida para o desenvolvimento do projeto, chamada hipoteticamente de Empresa XYZ, a princípio destinava-se ao comércio de malhas e artigos de vestuário ao varejo e com atuação apenas regional. Em 1983, passou a fabricar e tingir malhas por meio de serviços terceirizados, e fornecer malhas para as pequenas confecções.

Foi em 1986, que a empresa adquiriu seus primeiros teares, substituindo a facção de tecelagem por produção própria e desta forma passou a atender o setor atacadista de toda região sul do Brasil.

Durante este período, a empresa construiu seus prédios próprios para a instalação da tecelagem, da tinturaria, do desenvolvimento e hoje conta com um parque fabril de 44mil m², 900 colaboradores trabalhando em três turnos e mais de 60 representantes comerciais atendendo todos os estados brasileiros (STEFFENS, 2014).

A Empresa XYZ possui Certificado de Destaque Ambiental, um reconhecimento nacional de preservação do meio ambiente e de responsabilidade socioambiental. O prêmio é concedido com base em pesquisa realizada pelo IBAMA (Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) e Ministério do Meio Ambiente,

juntamente com as Secretarias Estaduais de Meio Ambiente da Região Sul, Sudeste, Norte, Nordeste e Centro-Oeste ao analisarem o cumprimento com normas e leis ambientais vigentes das indústrias e prestadores de serviço.

A Empresa XYZ e o Grupo, ao qual pertence, possuem também o Selo Verde – “Colaborando com a Sustentabilidade e Preservando a Natureza”, que tem como princípio o comprometimento com a qualidade de vida da comunidade.

b) Definição da área piloto:

Devido a questões sigilosas no processo industrial a Empresa XYZ selecionou o setor onde o projeto piloto foi realizado.

O local de estudo do empreendimento definido para a avaliação do sistema de iluminação foi o setor de acabamento. Este setor possui iluminação artificial com a utilização de 1346 lâmpadas distribuídas em uma área total de 3.116m² e altura do pé direito de 8m, onde foi subdividido em 12 áreas conforme Anexo A.

c) Diagnóstico do sistema de iluminação atual:

Levantamento da quantidade e tipos de luminárias, lâmpadas e reatores. Medição do nível de iluminância existente para verificar se atende às recomendações da norma NBR 8995-1, verificação das características da fonte de luz (lâmpada) atuais para adequação quanto ao tipo de trabalho executado e outras fontes de contribuição de iluminação.

Para registrar o levantamento de iluminâncias nas áreas recorreu-se a um Luxímetro Digital marca Milwaukee, Modelo MW 700 com precisão de $\pm 6\%$ e ± 1 dígito, fotocélula com correção de cosseno e de cor, com temperatura ambiente entre 15 e 50 °C. A célula foi exposta a uma iluminância mais ou menos igual a da instalação por um período próximo a 10 minutos a fim de garantir a estabilização do aparelho, para em seguida efetuar a coleta de dados.

d) Método de cálculo luminotécnico para o sistema proposto

Simulação do sistema de iluminação com os produtos propostos utilizando o *software* DiaLux. O DIALux é um programa cálculo luminotécnico com interface

parecida com o AutoCAD. Seu desenvolvimento é auxiliado por dezenas de empresas mundiais de iluminação, como Philips, GE e Osram, estando assim em pleno acordo com as novidades e normas que regem o setor. Com ele é possível avaliar o resultado proposto de um novo sistema de iluminação, onde os níveis de iluminação em lux são os principais tópicos disponíveis.

A partir dos resultados obtidos constataram-se as iluminâncias médias, máxima e mínima, ponto por ponto e uniformidade. Nesta etapa foram levados em consideração fatores como:

- O espaço: altura útil, refletâncias das principais superfícies, como teto e paredes, interferências como máquinas altas e estantes, instalação elétrica existente.
- Condições do ambiente: poeira, fumaça ou óleo em suspensão, umidade, sujeira, presença de gases inflamáveis, alta temperatura.
- Campo visual: tamanho, textura, cor, contraste dos objetos, ângulos visíveis pelo observador, ofuscamento.
- Flexibilidade: adaptação às necessidades da produção devido a possíveis trocas de layout.
- Necessidade de controle: redução de iluminação em áreas produtivas em horários ociosos, aproveitamento da contribuição de iluminação natural.
- Saúde e segurança: minimizar riscos de acidentes de trabalho proporcionando iluminação apropriada, segurança do profissional e rendimento no trabalho.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A efetiva resolução da problemática no escopo deste trabalho será solucionada nesta seção, onde serão apresentados a análise realizada no sistema atual de iluminação no empreendimento, seu enquadramento junto a norma vigente e simulações luminotécnicas.

4.1 DIAGNÓSTICO DO SISTEMA ATUAL DE ILUMINAÇÃO

A realização da avaliação no setor de acabamento fez-se em 4 (quatro) etapas.

No primeiro momento verificaram-se os modelos e fabricantes das luminárias, reatores e lâmpadas.

a. Luminárias e reatores

A Figura 12 apresenta a luminária de sobrepor da marca Intral com as características conforme Quadro 2. Esta luminária comporta duas lâmpadas, possui 1250mm de comprimento, 205mm de largura e 108mm de altura, dimensões conforme demonstrado na Figura 13.



Figura 11 - Luminária de Sobrepor Intral AS-810
Fonte: Intral, 2014.

Quadro 1 – Especificações técnicas da luminária

Marca / Modelo	Tipo de lâmpada	Características de corpo	Características do refletor
Intral / Luminária sobrepor T8, T10, T12 AS-810	Fluorescente tubular	Chapa de aço tratada e pintada	Facetado em alumínio anodizado brilhante de alta refletância e alta pureza 99,85%

Fonte: Adaptado de Intral, 2014.

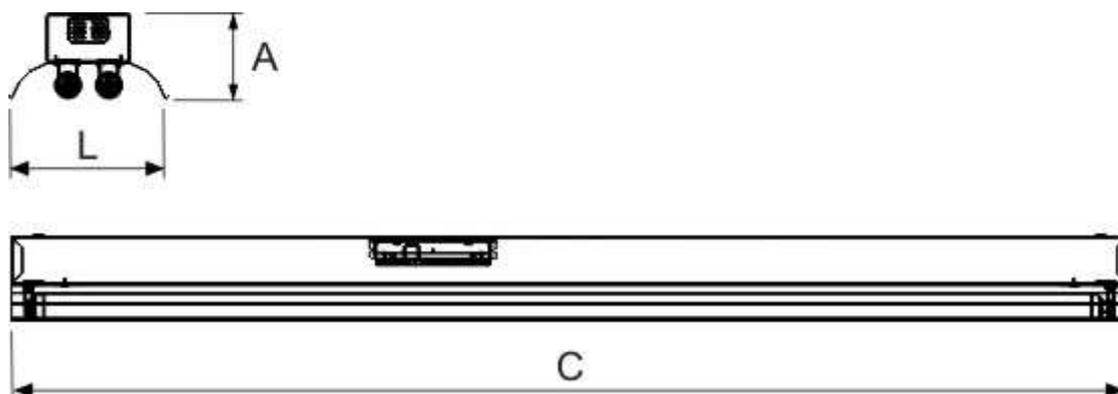


Figura 12 - Dimensões da luminária
Fonte: Intral, 2014.

Quanto ao reator, trata-se de um modelo para acionar duas lâmpadas de 40W também do fabricante Intral e do tipo eletromagnético.

b. Lâmpadas

As lâmpadas utilizadas no setor do acabamento são fluorescentes tubulares T10 das marcas Philips, Osram e General Eletric, com potência nominal de 40W e, segundo catálogo Philips (2007) vida útil média 8000 horas.

Num segundo momento verificaram-se as condições do ambiente de trabalho, que são descritas a seguir:

No que diz respeito à limpeza o ambiente foi considerado normal, sem a presença de grandes quantidades de poeiras ou materiais particulados.

Quanto à refletância do ambiente, definida pelas cores e materiais que são feitas as paredes, teto e piso, identificaram-se paredes feitas de tijolo a vista de cor vermelho-alaranjada, piso de cimento na cor cinza e teto de telhas de amianto também na cor cinza.

A iluminação do ambiente é concebida por iluminação direta e indireta, sendo que a direta é a luz dirigida diretamente ao plano de trabalho enquanto a indireta é pela luz que é refletida pelas paredes, tetos e pisos, ou seja, a refletância é importante para a iluminação do ambiente pois quanto mais claros forem os tons ou cores, maior a luz direcionada para o ambiente. Por exemplo, para um teto na cor branca adota-se um valor de 75% de reflexão, para paredes claras, 30% de reflexão

e para o piso claro, 10%. Estes percentuais são comumente aplicados em simulações luminotécnicas.

Com base nestas informações e no intervalo de manutenção dos equipamentos de iluminação que ocorre entre 5000 e 7500 horas foi possível adotar o valor de depreciação do sistema, conforme Quadro 2.

Quadro 2 – Fator de depreciação

Ambiente	Período de Manutenção		
	2.500 horas	5.000 horas	7.5000 horas
Limpo	0,95	0,91	0,88
Normal	0,91	0,85	0,80
Sujo	0,80	0,66	0,57

Fonte: Philips, 2008.

Inicialmente o nível de iluminação é o esperado para o ambiente, porém ao longo do tempo deprecia-se em função dos fatores avaliados anteriormente. Para garantir a iluminâncias requerida por norma durante todo o ciclo de vida do sistema adota-se o fator de depreciação. Para o sistema avaliado foi adotado 0,80 para fator de depreciação.

Na etapa seguinte foram solicitados à equipe de Segurança do Trabalho os níveis mínimos de iluminância aprovados para cada tipo de atividade realizada no setor de acabamento, e por fim foram medidas as iluminâncias. Para melhor desenvolvimento do projeto o setor do acabamento foi subdividido conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Subdivisão das áreas do setor de acabamento

ID	Descrição da área por atividade	Área (m ²)
1	Embaladeiras	448,8
2	Calandras	238,8
3	Corredor Ramas 1	155,2
4	Corredor Ramas 2	195,3
5	Corredor Ramas 3	200,0
6	Corredor Ramas 4	228,4
7	Revisadora	23,7
8	Entrada Ramas	245,5
9	Saída Ramas	83,3
10	Secadora	135,5
12	Felpadeira	84,5
13	Lavadoras/Abridoras	717,7

Fonte: O autor, 2014.

O nível de iluminâncias informado pela equipe de Segurança do Trabalho e as iluminâncias medidas podem ser observados na Tabelas 2 e Tabela 3, respectivamente.

Tabela 2 – Nível de Iluminância informado pela Segurança do Trabalho

ID	Descrição da área por atividade	Iluminância média (lux)
1	Embaladeiras	174
2	Calandras	195
3	Corredor Ramas 1	302
4	Corredor Ramas 2	302
5	Corredor Ramas 3	302
6	Corredor Ramas 4	302
7	Revisadora	356
8	Entrada Ramas	240
9	Saída Ramas	240
10	Secadora	242
11	Felpadeira	242
12	Lavadoras/Abridoras	286

Fonte: O autor, 2014.

Tabela 3 – Nível de Iluminância medido

ID	Descrição da área por atividade	Nº de medições (unidade)	Iluminância média (lux)
1	Embaladeiras	10	75
2	Calandras	13	89
3	Corredor Ramas 1	12	48
4	Corredor Ramas 2	12	38
5	Corredor Ramas 3	12	47
6	Corredor Ramas 4	12	39
7	Revisadora	10	223
8	Entrada Ramas	13	91
9	Saída Ramas	13	113
10	Secadora	9	71
11	Felpadeira	9	54
12	Lavadoras/Abridoras	14	72

Fonte: O autor, 2014.

Após a coleta e análise dos dados, verificou-se que a situação atual não se encontra adequada às necessidades mínimas exigidas tanto no âmbito da norma

quanto do laudo da segurança do trabalho, proporcionando, desta forma, desconforto visual aos colaboradores, maiores riscos de acidentes após horas de trabalho, além de comprometer a produtividade individual e conseqüentemente a linha de produção como um todo.

Os valores de iluminância recomendados variam em função das tarefas a desempenhar, e de acordo com a norma considerada, o valor de iluminância média recomendado para as tarefas de acabamento é de 500 lux.

Estes resultados podem ser consequência da falta de manutenção, pois se constataram diversas lâmpadas queimadas conforma demonstra Figura 13, ou mesmo pela depreciação da refletância da luminária, prejudicando assim a eficiência do sistema.



Figura 13 – Sistema atual de iluminação
Fonte: O autor, 2014.

4.2 MÉTODO DE CÁLCULO LUMINOTÉNICO PROPOSTO

Baseado no levantamento de dados do sistema atual, o estudo para melhoria da eficiência do sistema de iluminação compreende a análise de uso de lâmpadas LED, visando adequar o nível de iluminação, a redução de gastos com energia e redução de impactos ambientais.

Seguindo orientações do fabricante escolhido das lâmpadas tubulares LED, LumineLed, e comparando com a lâmpada atualmente utilizada (lâmpada fluorescente tubular de 40W), optou-se pelo modelo de 18W à LED para a realização do estudo e aplicação. Apesar de a lâmpada LED apresentar menor fluxo luminoso, o rendimento do conjunto (lâmpadas + luminária) é superior, pois toda luz emitida é direcionada para o plano de trabalho, diferentemente do que ocorre com as lâmpadas fluorescentes de 40W, uma vez que essas emitem luz para todos os

lados, que geram perdas tanto no refletor, que não possui 100% de refletância, quanto por possuírem diâmetro maior, o que bloqueia a passagem de raios de luz e reduz a eficiência do conjunto. Estas lâmpadas LED foram escolhidas pois encaixam-se perfeitamente ao tipo de luminária existente.



Figura 14 – Lâmpada LED LumineLed
Fonte: O autor, 2014.

Utilizando o *software* de simulações luminotécnicas DiaLux, podem-se estimar os níveis de iluminação resultantes. Com base nas informações citadas até então, os dados de entrada para o estudo de iluminação são:

- Curva fotométrica das lâmpadas LED - Esta informação representa a maneira que a lâmpada distribui sua luz pela ambiente (Figura 15).

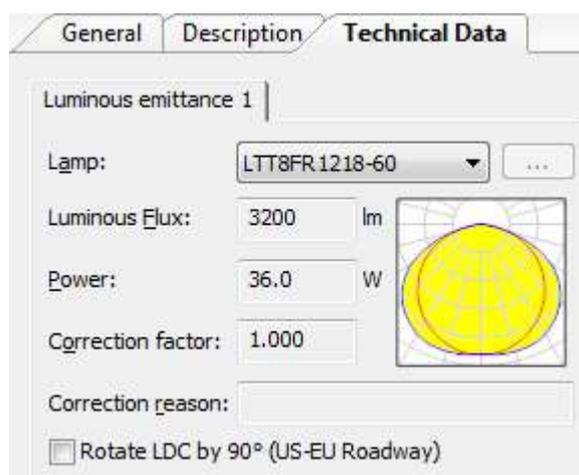


Figura 15 - Dados da Curva Fotométrica
Fonte: O autor, 2014.

- Fator de depreciação - Adotado valor de 0,80, conforme citado no item 4.1 (Figura 17).

General Maintenance plan method Room Surfaces Alic

All inclusive

Light loss factor: 0.80

Reference values:
Please select an application example.

Extended (EN 12464)

Ambient conditions:
Normal

Maintenance interval:
Annually

Figura 16 - Dados do Fator de depreciação
Fonte: O autor, 2014.

- Refletâncias - Conforme descrito no item 4.1. No *software* determinam-se as cores das paredes, teto e piso, e os percentuais de refletância são definidos por meio de informações do banco de dados do DiaLux (Figura 18).

General Maintenance plan method Room Surfaces Alic

Reflection	Material	Color:
Ceiling: 27 %		
Walls: 20 %		
Floor: 27 %		

Standards:

Figura 17 - Dados das Refletâncias de paredes, teto e piso
Fonte: O autor, 2014.

- Dimensões do ambiente - Como exemplo representam-se as dimensões da subdivisão “Embaladeiras” (Figura 19).

Room Editor

Dimensions of the Enclosing Cuboid

Length: m Width: m

Height: m Surface Coordinates
 World Coordinates

	x	y	l
1	0.000	0.000	40.000
2	40.000	0.000	11.230
3	40.000	11.230	40.000
4	0.000	11.230	11.230
---->			

Figura 18 - Dados das Dimensões do Ambiente
Fonte: O autor, 2014.

- Altura do plano de trabalho - O plano de trabalho é o local onde necessita-se da luz para a execução da atividade. Define-se para o estudo o valor de 0,80m (Figura 20).

Name

Name:

Height: m

Wall Zone: m

Figura 19 - Dados do Plano de Trabalho
Fonte: O autor, 2014.

- Distribuição das luminárias - Com base no projeto elétrico da instalação, distribuíram-se as luminárias no ambiente. Ressalta-se neste item que existe uma diferença entre o número de lâmpadas instaladas e o número de lâmpadas apresentado no projeto elétrico, sendo a primeira em maior quantidade. (Figura 21).



Figura 20 – Distribuição das luminárias
Fonte: O autor, 2014.

- Altura de instalação das luminárias - É necessário alocar as luminárias na altura da infraestrutura elétrica (perfilados, eletrocalhas), compatibilizando o estudo com a prática (Figura 22).

Figura 21 - Dados Altura de Instalação das Luminárias
Fonte: O autor, 2014.

Os resultados das simulações luminotécnicas podem ser observados na tabela comparativa a seguir.

ID	Descrição da área por atividade	Iluminância média medida (lux)	Iluminância média simulada (lux)
1	Embaladeiras	75	278
2	Calandras	89	348
3	Corredor Ramas 1	48	223
4	Corredor Ramas 2	38	186
5	Corredor Ramas 3	47	306
6	Corredor Ramas 4	39	285
7	Revisadora	223	236
8	Entrada Ramas	91	254
9	Saída Ramas	113	277
10	Secadora	71	217
11	Felpadeira	54	214
12	Lavadoras/Abridoras	72	280

4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao se desenvolver um projeto de iluminação para um determinado ambiente não se deve analisar apenas o conjunto de luminárias e lâmpadas, mas também a quantidade da luz resultante, sua distribuição no ambiente – minimizando o ofuscamento e evitando a criação de áreas muito escuras - garantindo que as atividades do local sejam executadas com conforto e, conseqüentemente, maior produtividade.

A coleta de dados do atual sistema de iluminação foi essencial para verificar o nível insuficiente de iluminância e a diferença entre o número de luminárias existente na planta elétrica e o instalado no ambiente, sendo o segundo com maior quantidade de pontos. Outro fator em destaque é o número de lâmpadas queimadas, o que de fato pode ter contribuído para que o nível de iluminância esteja insuficiente.

Os dados quantitativos indicam a necessidade de que sejam tomadas medidas de modo a garantir melhores condições de conforto para os trabalhadores dessa indústria, para tanto foi apresentado um método luminotécnico que poderá ser de utilidade da empresa para realização de projetos de melhoria.

Salienta-se que devido a normas da empresa não foi possível realizar questionários com os funcionários, limitando-se apenas às medições de iluminâncias

e verificação das condições do ambiente de trabalho (presença de poeiras, particulados e cores de paredes, piso e teto).

4.3.1 Sugestões de trabalhos futuros

Como sugestão para trabalhos futuros há também a possibilidade de se realizarem estudos que demonstrem a relação entre o sistema de iluminação e o sistema de climatização dos ambientes, uma vez que o conforto térmico está estritamente relacionado com o equilíbrio térmico do corpo humano e que esse equilíbrio é influenciado por fatores ambientais, dessa forma, há ambientes em que as condições são favoráveis ao equilíbrio térmico do corpo humano e o homem sente-se bem disposto e há outros em que as condições são desfavoráveis, provocam indisposição, diminuem a sua eficiência no trabalho e aumentam a possibilidade da ocorrência de acidentes.

5 CONCLUSÃO

A partir da análise realizada no sistema de iluminação do setor de acabamento da fábrica de malhas, verificou-se que a situação atual não se encontra adequada às necessidades mínimas exigidas tanto no âmbito da norma NBR 8995-1, quanto do laudo da segurança do trabalho.

Analisando as luminárias e tipos de lâmpadas utilizadas pode-se afirmar no que diz respeito às luminárias existentes, as mesmas são confeccionadas de forma a proporcionar maior refletância do fluxo luminoso emitido, não havendo necessidade de substituição para o novo sistema.

As medições nos níveis de iluminâncias das subdivisões da área de estudo mostraram a ineficiência do sistema de iluminação atual. Nenhuma das subdivisões da área de trabalho encontra-se adequada à norma.

Com base na planta elétrica realizaram-se simulações luminotécnicas do sistema proposto com lâmpadas LED sendo possível observar uma melhoria na iluminância em todas as subdivisões da área de estudo, mas não atingindo o nível de iluminância recomendado pela ABNT NBR NBR 8995-1.

Conclui-se com este estudo que apenas as substituições das lâmpadas atuais por lâmpadas de maior potência não seriam suficientes para a adequação no sistema de iluminação, sendo necessário a alteração da malha de luminárias existentes, com aumento da quantidade ou mesmo outras formas de distribuição mais eficientes. Para esta atividade cabe à empresa a contratação de um Engenheiro Eletricista.

REFERÊNCIAS

(ABNT) Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 015215-4 – **Iluminação Natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição**. Novembro, 2004.

(ABNT) Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5413 – **Iluminância de interiores**. Abril, 1992.

AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA (AIE). **Key World Energy Statistics** . Disponível em: <
http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/key_world_energy_stats-1.pdf>. Acesso em: 10 jan 2014.

ANEEL; **Manual pra Elaboração do PEE**, Fevereiro/2008.

BERNS Waldecir. **Re: RES: RES: Informações para o TCC**. [email] Mensagem recebida por <vanessa.giaretta@gmail.com>. Em: 31 de jan de 2014.

BOMMEL, W.J.M., & Beld, G.J. (2004). **Lighting in indoor environments: visual and non-visual effects of light sources with different spectral power distributions**. Lighting Research and Tecnology, 46 (4): 255-269.

BOMMEL , W.J.M (2006). **Non-visual biological effect of lighting and the practical meaning for lighting for work**. Applied Ergonomics, Issue number 37: 461-466.

BRONDANI, S.A. **A percepção da luz artificial no interior de ambientes edificados**. Florianópolis: UFSC, 2006. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

BRUNDTLAND, Gro Halem. **Nosso Futuro Comum**. Rio de Janeiro, Fundação Getúlio Vargas, 1987.

CASTRO, Newton de. **A questão ambiental: o que todo empresário precisa saber**. Brasília: SEBRAE, 1996. 71 p.

COSTA, Gilberto J. C. da. **Iluminação Econômica; Cálculo e Avaliação**. Porto Alegre: EDIPUCRS,1998. 503p.

DUARTE, O. F. P.. **Proposição de uma Metodologia de Suporte ao Uso Eficiente de Energia em Sistemas de Iluminação, Aplicada em Salas de Aula**. 1998. 337 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Faculdade de Engenharia, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

Eletrobrás/PROCEL, 2006 – **Conservação de Energia: Eficiência Energética em Instalações e Equipamento**, 3ª Edição, Editore EFEI, Itajubá, Minas Gerais, Brasil.

EYES, Lotonn. **Ergoftalmologia: a visão, o trabalho e as novas** Disponível em: <<http://www.portaldosolhos.com.br/ergoftalmologia/ergoftalmologia-a-visao-o-trabalho-e-as-novas-tecnologias/>> Acesso em: 10 jan 2014.

FILHO, Gilberto Montibeller. **O mito do desenvolvimento sustentável: meio ambiente e custos sociais no moderno sistema produtor de mercadorias**. 2. ed. Florianópolis: UFSC, 2004.

GOLDSTEIN, Ilana. **Responsabilidade social: das grandes corporações ao terceiro setor**. São Paulo: Ática, 2007.

Goldemberg J. **Energia e desenvolvimento**. Estud Avanç. 1998;12(33):7-15.

Goldemberg J, Moreira JR. **Política energética no Brasil**. Estud Avanç. 2005;19(55):215-28.

HAYTEN, P.J., **El color em la indústria**. Barcelona: Las ediciones de arte, 1958.

INTRAL, Reatores e Luminárias. **Detalhes do Produto: LUMINÁRIA SOBREPOR T8, T10, T12**. Disponível em: < <http://intral.com.br/pt/produtos/detalhes/22>>. Acesso em: 10 jan. 2014.

KWALLEK, N. & LEWIS, C. M. **Effects of office interior color on workers' mood and productivity**. Perceptual and Motor Skills , v. 66, p. 123-128, 1998.

KWALLEK, N. & LEWIS, C. M. **Effects of environmental colour on males and females: A red or white or green office**. Applied Ergonomics , v. 21, p. 275-278, 1990.

LAMBERTS,R;DUTRA,L;PEREIRA,F.O.R.**Eficiencia energética na arquitetura**. São Paulo: Pro Licros, 2004.

LANNONE, F. A iluminação poética no espaço público. **Projeto Design – 6º Lighting Design**, São Paulo, n. 250, p.102-103, dez. 2000.

LOBATO, Monteiro. **No mundo da Lua e Miscelânea**. Ed. Brasiliense.1946.

MANUAL ABILUX (Associação Brasileira da Indústria de Iluminação); Agência para a Aplicação de Energia Eletrobrás (Centrais Elétricas Brasileiras); PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica). **Uso racional de energia elétrica em edificações – Iluminação**. São Paulo: ABILUX, 1992.

MARINOSKI, Deivis Luis; SALAMONI, Isabel Tourinho; RÜTHER, Ricardo. **Prédimensionamento de sistema solar fotovoltaico: estudo de caso do edifício sede do CREA-SC**. São Paulo, 2004.

MEBRATU, D.**Sustainability and Sustainable Development: Historical and Conceptual Review**. Environmental Impact Assessment Review, v. 18, p. 493-520, 1998.

MINISTERIO DE ESTADO DE MINAS E ENERGIA. Relatório de Atividades do Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética – CGIEE 2009 – 2010. Disponível

em: <http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/conselhos_comite/cgiee/Relatorio_CGIEE_2009-2010_-_Versxo_x30-06-11x.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2014.

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

O SETOR ELÉTRICO. **Meio Ambiente e o Setor Elétrico**. Disponível em: <[WWW.oseletrico.com.br/web/component/content/article/81-michel-epelbaum/805-meio-ambiente-e-o-setor-eletrico.html](http://www.oseletrico.com.br/web/component/content/article/81-michel-epelbaum/805-meio-ambiente-e-o-setor-eletrico.html)>. Acesso em: 11 fev. 2014.

OKAMOTO, J. **Percepção Ambiental e Comportamento**: visão holística da percepção ambiental na arquitetura e na comunicação. São Paulo: Editora Mackenzie, 2002.

OLIVEIRA, José Antônio Puppim de **Empresas na Sociedade**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

OSRAM. **Life Cycle Assessment of Illuminantis**: A comparison of Light Bulbs, Compact Fluorescent Lamps and Led Lamps. Disponível em: <[WWW..osram.com/osram_os/EN/About_Us/We_shape_the_future_of_light/Our_obligation/LED_life-cycle_assessment/OSRAM_LED_LCA_Summary_November_2009.pdf](http://www.osram.com/osram_os/EN/About_Us/We_shape_the_future_of_light/Our_obligation/LED_life-cycle_assessment/OSRAM_LED_LCA_Summary_November_2009.pdf)>. Acesso em: 09 fev. 2014.

OSRAM. **Manual Luminotécnico Prático**. São Paulo: 2006. 26 p.

PAIS, A. **Condições de Iluminação em ambiente de escritório**: influência no conforto visual. Dissertação de mestrado em Ergonomia na Segurança no Trabalho, Faculdade de Motricidade Humana da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2011.

PARSONS, K.C. **Ergonomics of the physical environment. Applied Ergonomics**. International Organization for Standardization [ISO] 8995 (2002). Lighting of indoor workplaces, 1995

PHILIPS. **Guia de Iluminação** – Lâmpadas, Reatores, Luminárias e LEDs. 2008.

PHILIPS. **Guia de Iluminação**. São Paulo: 2004.

PHILIPS. **Catálogo Geral Luminárias 2008**. São Paulo: 2007.

PHILIPS. **Lâmpadas Fluorescentes Tubulares TLT/TLD Standard**. São Paulo: 2007.

PHILIPS. **Reatores Eletromagnéticos partida rápida para lâmpadas fluorescentes ‘TL’ e ‘TL HO’**. São Paulo: 2007.

PORTER, M. E.; van der LINDE, C. **Verde e Competitivo**. In: PORTER, M. E. *Competição*. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Campus. Cap. 10, p. 371-397, 1999.

PORTER, M. E. **Vantagem Competitiva**: criando e sustentando um desempenho superior. trad. de Elisabeth Maria de Pinho Braga. 7. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

PROCEL. **Manual de prédios eficientes em energia elétrica**. Rio de Janeiro: IBAM/ELETOBRAS/PROCEL, 2002.

RAMOS, Caio Prat. **Energia alternativa**: uma meta para o futuro. Disponível em: <www.escolaviva.com.br/7serie/aenergia_caio.htm>. Acesso em: 07 mar. 2014.

RIBEIRO, Maurício Andrés. **Ecologizar**: Pensando o Ambiente Humano. Belo Horizonte: Rona, 2000.

RODRIGUES, P. **Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Manual de Iluminação Eficiente** - ELETROBRÁS, PROCEL. 1ª. ed. Julho 2002.

RODRIGUES, Pierre. **Manual de Iluminação Eficiente**. 1ª Edição. 2002.

STONE, N. J. & ENGLISH, A. J. Task type, posters, and workspace color on mood, satisfaction, and performance. *Journal of Environmental Psychology* , v. 18, p.175-185, 1998.

SANTOS, A.H.M. et al. **Conservação de energia**: eficiência energética de equipamentos e instalações. 3. ed. Itajubá: FUPAI, 2006. 596 p

SHEN, T.T. **Industrial pollution prevention**. Springer-Verlag, Berli: [s.l.]. 1995. 371 p.

Slack N, Chambers S, Harland C, Harrison A, Johnston R. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas; 2002.

SCARAZZATO, P.S. **Avaliação Pós-Uso: Considerações sobre Conforto Térmico e Iluminação**. In: Seminário Avaliação Pós-Uso, 1989, São Paulo. Seminário Avaliação Pós-Uso. São Paulo : Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 1989. v. único.

STEFFENS, Ricardo Alberto. **Re: Info TCC**. [email] Mensagem recebida por <vanessa.giaretta@gmail.com>. Em: 25 de nov de 2013.

STONE, N. J. **Designing effective study environments**. *Journal of Environmental Psychology*, v.21, p.179-190, 2001.

TEIXEIRA, Wilson et al. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

ANEXO A – PLANTA BAIXA DA ÁREA DE ESTUDO