

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Arquitetura e Design
Especialização em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados
ao Ambiente Construído

Isabela Ribeiro Nunes

Proposta de projeto luminotécnico para uma facção de roupas em
Formiga-MG

Belo Horizonte
2018

Isabela Ribeiro Nunes

**Proposta de projeto luminotécnico para uma facção de roupas em
Formiga-MG**

Monografia apresentada ao curso de Especialização em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído da Escola de Arquitetura e Design da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de especialista

Orientadora: Profa. Dra. Eng. Ana Carolina Veloso.

Belo Horizonte

2018

FICHA CATALOGRÁFICA

N973p

Nunes, Isabela Ribeiro.

Proposta de projeto luminotécnico para uma facção de roupas em Formiga-MG [manuscrito] / Isabela Ribeiro Nunes. – 2018.

42 f. : il.

Orientadora: Ana Carolina Veloso.

Monografia (especialização) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura.

1. Iluminação de interiores. 2. Iluminação (Arquitetura e Decoração) 3. Iluminação elétrica. 4. Formiga (MG). I. Veloso, Ana Carolina. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Arquitetura. III. Título.

CDD 749.63




ATA DA REUNIÃO DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE MONOGRAFIADO ALUNO ISABELA RIBEIRO NUNES, COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Às 16:00 horas do dia 14 de dezembro de 2018, reuniu-se na sala 320D da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, a Comissão Examinadora composta pela Orientadora-Presidente Dra. Ana Carolina de Oliveira Veloso e por Me. Caio Vasconcellos Sabido Gomes e Ma. Carla Patrícia Santos Soares, designada pela Comissão Coordenadora do Curso de Especialização Sustentabilidade do Ambiente Construído para avaliação da monografia intitulada "**Proposta de projeto luminotécnico para uma facção de roupas em Formiga-MG**", de autoria da aluna **Isabela Ribeiro Nunes**, como requisito final para obtenção do Certificado de Especialista em Sustentabilidade do Ambiente Construído. A citada Comissão examinou o trabalho e, por unanimidade, concluiu que a monografia atende às exigências para a obtenção do Certificado de Conclusão do Curso e recomenda que sejam encaminhados 02 (dois) exemplares para a Biblioteca da Escola de Arquitetura.

Nota ~~80~~ Conceito: **B**

Belo Horizonte, 14 de dezembro de 2018


Professora Dra. Ana Carolina de Oliveira Veloso
Orientadora-Presidente


Me. Caio Vasconcellos Sabido Gomes
Membro Titular


Arquiteta Ma. Carla Patrícia Santos Soares
Membro Titular

Laurels

AGRADECIMENTOS

Meu primeiro agradecimento à Deus, minha fonte de e maior inspiração por tantas coisas maravilhosas que criou.

Agradeço aos meus pais e minha irmã, minha base e apoio para tudo que faço.

Meus professores, pelo conhecimento e conselhos.

À minha orientadora Dra. Ana Carolina, por toda paciência e dedicação, obrigada uma pela oportunidade de poder trabalhar ao seu lado.

Aos demais colegas da especialização e amigos, obrigada pelo companheirismo.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma proposta de projeto luminotécnico para o setor de produção de uma fábrica de facção de roupas na cidade de Formiga, Minas Gerais, a partir da avaliação da iluminação artificial existente. O levantamento no local foi realizado de acordo com a norma ABNT NBR 5382/1985 – Verificação de iluminância de interiores e em seguida, os resultados foram comparados, para serem adequados com os limites determinados na norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1/2013 - Iluminação de ambientes de trabalho, parte 1: Interior. Assim, foi proposto um projeto luminotécnico, que além de atender os requisitos da norma mencionada, proporcionará uma iluminação mais eficiente e garantir o conforto e segurança do usuário. Ainda verificou-se a eficiência do sistema de iluminação proposto, de acordo com alguns requisitos do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C). Espera-se que com esse novo projeto, os funcionários do local poderão ter maior conforto e o ambiente uma maior eficiência energética.

Palavras-chave: Iluminação. Conforto. Projeto.

ABSTRACT

This work presents a proposal for a lighting project for the production sector of a clothing factory in the city of Formiga, Minas Gerais, based on the evaluation of existing artificial lighting. The on-site survey was performed according to the ABNT standard NBR 5382/1985 - Verification of interior illuminance and then the results were compared, to be adequate with the limits determined in the standard ABNT NBR ISO / CIE 8995-1 / 2013 - Lighting of work environments, part 1: Interior. Thus, a lighting project was proposed, which in addition to meeting the requirements of the mentioned standard, will provide a more efficient illumination and guarantee the comfort and safety of the user. The efficiency of the proposed lighting system has also been verified, according to some requirements of the Technical Regulation of Quality for the Energy Efficiency Level of Commercial, Services and Public Buildings (RTQ-C). It is hoped that with this new project, the local staff will be able to have greater comfort and the environment a greater energy efficiency.

Keywords: Lighting. Comfort. Project.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Imagem de Fluxo luminoso	16
Figura 2 - Iluminância medida pelo luxímetro.....	17
Figura 3 - Mapa da micrroregião que a cidade está inserida.....	18
Figura 4 - Localização da construção	19
Figura 5 - Fachada Frontal da construção	20
Figura 6 - Planta baixa do imóvel.....	21
Figura 7 - Visão geral da parte de produção da facção	22
Figura 8 - Mesa de trabalho	23
Figura 9 - Lâmpada apagada	24
Figura 10 - Ofuscamento na parede	24
Figura 11 - Sistema de abertura, iluminação e pilares existentes	25
Figura 12 - Vedação de janela alta no ambiente.....	26
Figura 13 - Luxímetro utilizado para medição	27
Figura 14 - Número de pontos em relação ao fator K	28
Figura 15 - Disposição dos pontos de medição	29
Figura 16 - Tabela de planejamento dos ambientes (áreas), tarefas e atividades com a especificação da iluminância, limitação de ofuscamento e qualidade da cor.....	31
Figura 17 - Linha de produtos da Lumicenter Lighting.....	32
Figura 18 - Informações da luminária modelo EAA06-E3500850	33
Figura 19 - Fator de utilização da luminária modelo EAA06-E3500850	34
Figura 20 - Coeficiente de manutenção.....	35
Figura 21 - Tabela de limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPIL) para o nível de eficiência pretendido	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 01- Pontos de medição da iluminância artificial existente	30
---	-----------

ABREVIATURAS

PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
NR	Norma Regulamentadora
RTQ-C	Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS.....	15
2.1 Objetivo geral	15
2.2 Objetivos específicos	15
3 REVISÃO TEÓRICA	16
3.1 Unidades e grandezas fotométricas.....	16
3.1.1 Fluxo luminoso (ϕ)	16
3.1.2 Iluminância ou iluminamento (E).....	16
3.1.3 Coeficiente de utilização (Ku).....	17
3.1.4 Coeficiente de manutenção ou depreciação (Fd)	17
3.1.5 D.P.I.....	18
3.2 Iluminação artificial em ambientes de trabalho.....	18
3.3 Diretrizes para o projeto	18
3.4 Contextualização do objeto de estudo.....	18
3.4.1 A cidade de Formiga.....	18
3.4.2 Identificação do ambiente.....	19
4. METODOLOGIA	22
4.1 Levantamento de dados no local.....	22
4.2 Condições de conforto visual	23
4.2.1 Sistema de iluminação	23
4.2.2 Aberturas.....	26
4.3 Medição do nível de iluminância artificial.....	27
4.3.1 Fator K	27
4.3.2 Disposição dos pontos de medição.....	28
4.3.3 Cálculo da iluminância média.....	28
5 NOVO PROJETO.....	32
5.1 Escolha da luminária	32
5.2 Cálculo da quantidade de luminárias	33
5.3 Distribuição das luminárias	35
5.4 O sistema de iluminação	36
5.4.1 Divisão de circuitos	36
5.4.2 Contribuição de luz natural.....	36

5.4.3 Desligamento automático	36
5.5 Nível de eficiência x D.P.I.....	37
6 RESULTADOS.....	39
6.1 Projeto luminotécnico	39
6.1.1 Layout	39
6.1.2 Iluminação indireta	39
6.2 Comparando potências x número de luminárias	40
7 CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS.....	42
ANEXO A.....	43

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Almeida (2003), as condições ambientais dos diferentes locais de trabalho ainda continuam carentes em relação a certos aspectos, particularmente aqueles que se relacionam com o bem-estar do trabalhador e a preservação das suas condições de saúde, fatores de grande importância na qualidade dos serviços e produção.

Tem-se observado na indústria uma preocupação quanto à melhoria das condições do ambiente de trabalho, visando a obtenção de maior produtividade.

Para isso, a NR-17 (Norma Regulamentadora), que descreve a respeito das condições de trabalho, afirma algumas instruções para o melhor desenvolvimento e conforto do usuário no ambiente:

Item 17.5.3.1–A iluminação geral deve ser uniformemente distribuída e difusa.

Item 17.5.3.2-A iluminação geral ou suplementar deve ser projetada e instalada de forma a evitar ofuscamento, reflexos incômodos, sombras e contrastes excessivos. (NR-17, 2009)

Sendo assim, destaca-se neste trabalho a iluminação como fator importante para um ambiente adequado de trabalho.

Segundo Rocha (2009), um espaço com uma má iluminação pode causar fadiga, cefaleia e irritabilidade ocular, que se traduzirão em diminuição da produtividade, erros e até mesmos acidentes. Um ambiente inadequado traz prejuízos de diversas formas, desde os aspectos físicos, ligados às ações, até os mentais, atrelados ao raciocínio, tomadas de decisão e memorização.

Porém, ainda existem ambientes de trabalho com inadequações, seja na escolha de lâmpadas e luminárias (ou na distribuição destas), as cores e revestimentos utilizados, distribuição dos postos de trabalho em relação ao sistema de iluminação e altura do plano de trabalho.

Em um primeiro momento foram analisadas as condições luminosas existentes do ambiente que, por se tratar de um ambiente de trabalho deve se ajustar a norma NBR ISO/CIE 8995-1:2013 - Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior.

1.1 Eficiência energética e o RTQ-C

Motivado pela crise energética ocorrida no país em 2001, foi instituído dois anos depois o Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações (PROCEL EDIFICA) pela Eletrobrás/Procel em conjunto com Ministério de Minas e Energia, Ministério das Cidades, universidades, centros de pesquisa, entidades das áreas governamental, tecnológica, econômica e de desenvolvimento e do setor da construção civil (CENTRO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2014).

Em 2009, foi instituído no Brasil o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) através da Portaria nº 53, sendo atualizado posteriormente pela Portaria nº 163, de 08 de junho de 2009, pela Portaria nº 372 de 17 de setembro de 2010, pela Portaria nº 17 de 16 de janeiro de 2012 e pela Portaria n.º 299, de 19 de junho de 2013.

Este regulamento classifica o nível de eficiência energética das edificações de A (mais eficiente) a E (menos eficiente) avaliando e classificando individualmente os sistemas de envoltória, iluminação e ar Condicionado. Entretanto, o RTQ-C não considera a iluminância dos ambientes na classificação do sistema de iluminação.

No Brasil, os limites de iluminância são determinados na norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1/2013 - Iluminação de ambientes de trabalho - Parte 1: Interior.

Diante disso, a proposta deste trabalho é a análise de um ambiente de uma fábrica de costura, contará com o levantamento do existente no local e assim, será feito um projeto luminotécnico para o local. Apenas seu sistema de iluminação será avaliado pela eficiência, de acordo com algumas diretrizes determinadas pelo RTQ-C.

1.2 Justificativa do tema

Atualmente, a cidade de Formiga possui aproximadamente 55 locais que prestam serviços de confecção e fabricação de roupas. A economia da cidade e

região está ligada ao comércio em geral, porém tem forte presença desta área. O sistema de facção é um serviço terceirizado por fábricas de roupas grande porte, onde prevê o corte e costura de peças de jeans e outros tecidos. Como qualquer trabalho com máquinas, é um trabalho que requer atenção, qualidade e precisão.

Foi a partir de um sistema de iluminação inadequado da fábrica de facção de roupas em questão que surgiu a necessidade da proposta de um projeto luminotécnico para tal, visando, além da melhoria no sistema de iluminação e adequação a norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1/2013 – Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior, proporcionar conforto e segurança aos usuários. Além disso, será analisado de acordo os requisitos do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas a eficiência energética do sistema proposto.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é a análise e melhoria do sistema de iluminação artificial do setor de produção de uma fábrica de facção de roupas em Formiga, Minas Gerais, através da proposta de um projeto luminotécnico.

2.2 Objetivos específicos

Para atender o objetivo geral do trabalho, propõe-se a análise do sistema de iluminação artificial da fábrica facção de roupas no que diz respeito:

- Distribuição correta de luz a partir do uso de luminárias;
- Ao atendimento dos requisitos da norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1/2013: Iluminação de Ambientes de Trabalho – Parte 1: Interior.

Apresentar projeto luminotécnico para o ambiente, que possibilite:

- A melhoria do conforto visual dos usuários quanto ao uso da iluminação artificial;
- O enquadramento do sistema de iluminação nos requisitos da norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1/2013.
- E a avaliação do sistema de iluminação determinada pelo RTQ-C.

3 REVISÃO TEÓRICA

3.1 Unidades e grandezas fotométricas

As definições a seguir foram descritas para melhor entendimento dos elementos da luminotécnica.

3.1.1 Fluxo luminoso (ϕ)

Medido na unidade de lúmen (lm), o fluxo luminoso é a quantidade de luz emitida por uma fonte. Exemplo de um conjunto de 2 lâmpadas, cada uma com $\text{fluxo}=1850\text{lm}$, que compõe uma luminária, com total de $\text{lúmens}=3700$.

Figura 1 - Imagem de Fluxo luminoso



Fonte: Osram (2003) p.3

3.1.2 Iluminância ou iluminamento (E)

Segundo Almeida (2003) apud Neto (1980), “iluminamento é a densidade do fluxo luminoso sobre uma superfície”. A superfície mencionada é considerada o plano de trabalho do usuário.

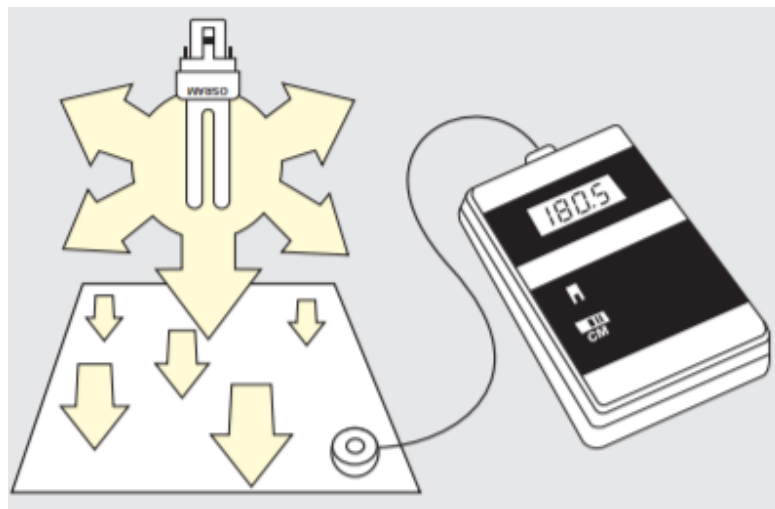
O plano de trabalho do usuário, segundo a norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1/2013: Iluminação de Ambientes de Trabalho – Parte 1: Interior, é considerada a superfície de referência definida como o plano onde o trabalho é

habitualmente realizado. Neste ambiente estudado, corresponde a 0,80m de altura.

Ainda segundo a norma, cada ambiente requer um determinado nível de iluminância ideal, que é estabelecido de acordo com as atividades desenvolvidas.

A sua unidade é correspondida por lux, ou lx, e pode ser medida por um aparelho chamado luxímetro.

Figura 2 - Iluminância medida pelo luxímetro



Fonte: Osram (2003) p.4

3.1.3 Coeficiente de utilização (Ku)

De acordo com Souza (2017), o coeficiente de utilização de uma instalação de iluminação artificial fornece a relação entre o fluxo luminoso que incide sobre o plano de trabalho e o fluxo luminoso total fornecido pelo sistema lâmpada mais luminária. Ele depende do tipo de local, do acabamento das luminárias e das cores das paredes, teto e piso.

3.1.4 Coeficiente de manutenção ou depreciação (Fd)

Souza (2017) determina que este fator relaciona o fluxo luminoso produzido por um sistema de lâmpada mais luminária no fim do seu período de manutenção com o fluxo luminoso produzido pela mesma luminária no seu início de funcionamento. Ele dependerá não apenas das características físicas da

luminária, mas também da limpeza e do tipo de atividade realizada neste ambiente.

As lâmpadas e luminárias instaladas no ambiente de trabalho sofrem depreciação mecânica ao longo do tempo, devido a ação de poeira, umidade, e outros, devido as atividades desenvolvidas ali. Em consequência, tem seu fluxo luminosos reduzido.

Para este ambiente, o coeficiente foi determinado de acordo com a luminária escolhida.

3.1.5 D.P.I

A densidade de potência instalada (DPI) é a razão entre o a potência instalada no local (total), pela área do ambiente. Neste trabalho a potência será o somatório de todas as potências encontradas nas luminárias previstas para o projeto.

De acordo com o Manual RTQ-C:

A eficiência da iluminação é determinada calculando a densidade de potência instalada pela iluminação interna, de acordo com as diferentes atividades exercidas pelos usuários de cada ambiente. Quanto menor a potência utilizada, menor é a energia consumida e mais eficiente é o sistema, desde que garantidas as condições adequadas de iluminação. (Manual RTQ-C)

3.2 Iluminação artificial em ambientes de trabalho

Segundo Souza (2017) a prática de uma boa iluminação para locais de trabalho é muito mais que apenas fornecer uma boa visualização da tarefa. É essencial que as tarefas sejam realizadas facilmente e com conforto. Desta maneira a iluminação deve satisfazer os aspectos quantitativos e qualitativos exigidos pelo ambiente.

Para se obter uma boa iluminação em um ambiente de trabalho, neste estudo será proposto atender a dois tipos de iluminação: geral e de tarefa.

A iluminação geral se baseia no fornecimento de luz uniforme em todo o ambiente, sendo ideal para ambientes que podem sofrer mudanças de *layout*.

Já a iluminação de tarefa ou individualizada é uma iluminação a mais no ambiente, onde são adicionados aos postos de trabalho as luminárias locais.

3.3 Diretrizes para o projeto

As aferições luminotécnicas realizaram-se de acordo com a ABNT NBR 5382 (Verificação da iluminância de interiores – método de ensaio). Ao decorrer da metodologia serão mostrados os cálculos utilizados de acordo com esta norma.

3.4 Contextualização do objeto de estudo

3.4.1 A cidade de Formiga

Formiga é uma cidade brasileira do estado de Minas Gerais, situada na região sudeste do país. Possui limites com as cidades de Arcos, Pains, Guapé, Cristais, Pedra do Indaiá, Itapeçerica e Pimenta. Está a uma distância de 200 (duzentos) quilômetros da capital do estado, Belo Horizonte, à qual se liga pela rodovia MG-050.

Figura 3 - Mapa da microrregião que a cidade está inserida



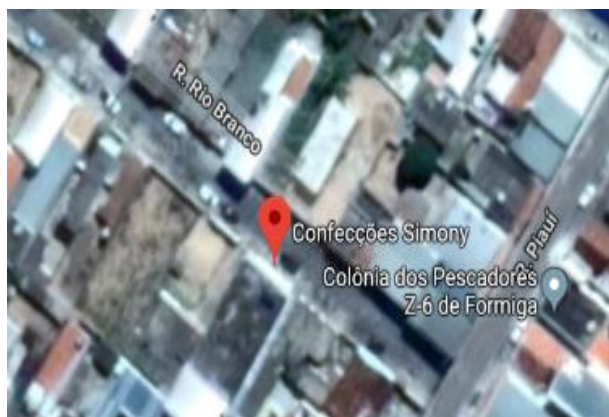
Fonte: http://www.formiga.mg.gov.br/?pg=14&id_busca=18. Acesso em 2 dez. 2018.

3.4.2 Identificação do ambiente

A fábrica de facção de roupas escolhida: Simony, localiza-se na rua Rio Branco, número 120 – bairro São Judas Tadeu. A figura 4 mostra a localização dela na cidade.

Se trata de uma construção de alvenaria convencional (Figura 5), com estrutura térrea e 1 pavimento superior (sendo este um mezanino, para a parte administrativa da fábrica). A área total é de aproximadamente 308,0m² (Figura 6). Este imóvel sofreu algumas modificações ao longo do tempo, devido ao crescimento do empreendimento.

Figura 4 - Localização da construção



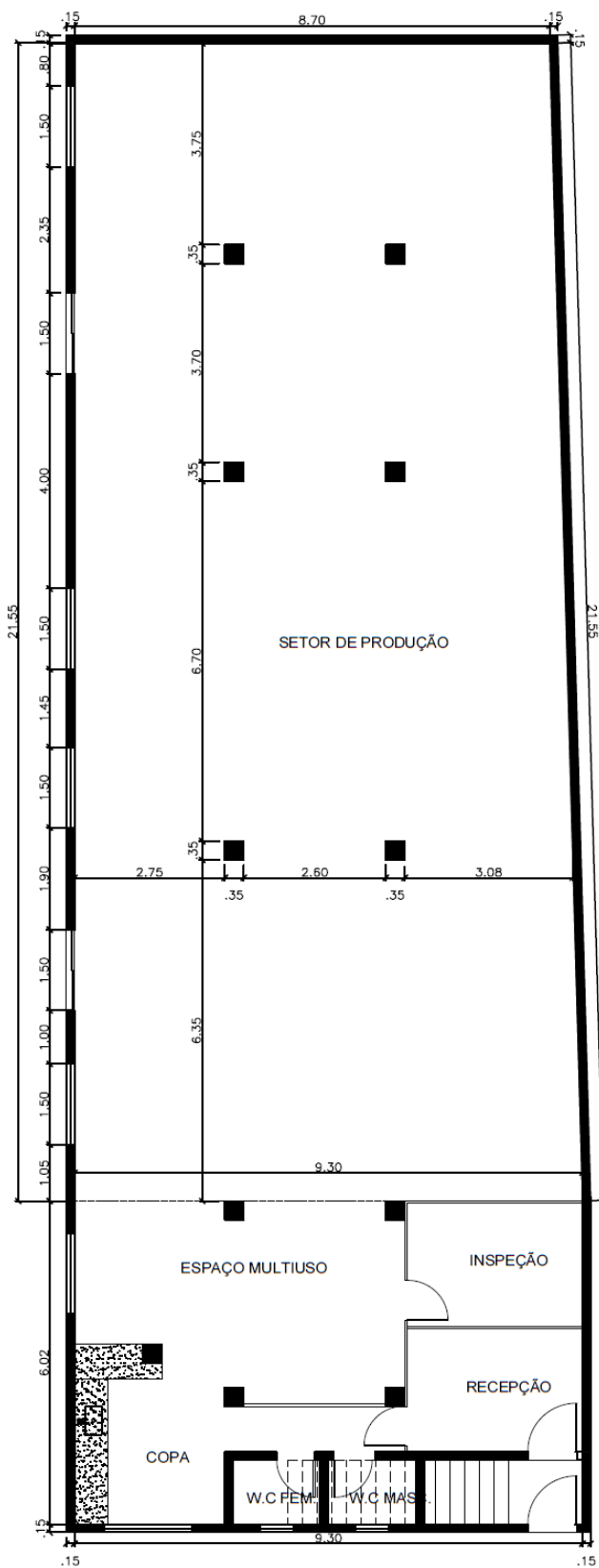
Fonte: Google Maps

Figura 5 - Fachada Frontal da construção



Fonte: Autora, out. 2018

Figura 6 - Planta baixa do imóvel



PLANTA BAIXA IMÓVEL - PAV. TÉRREO
SEM ESCALA

Fonte: autora

4. METODOLOGIA

4.1 Levantamento de dados no local

O local de estudo deste trabalho é o setor de produção da fábrica de facção de roupas mencionada anteriormente. Tem uma área de aproximadamente 200,4 m², sendo 21,55 m de comprimento e 9,55 m de largura. O pé direito é de 4,30 m.

No interior do local, o teto é pintado na cor branca, porém está em falta da manutenção (Figura 7), possui piso com revestimento cerâmico na cor terra, com manutenção em dia, e as paredes e pilares são pintadas da mesma cor da parte externa, verde-claro.

Figura 7 - Visão geral da parte de produção da facção



Fonte: autora, 2018

No local são encontradas 34 mesas (considerados os postos de trabalho) (Figura 08) com máquinas de corte e costura, com as seguintes dimensões:

- altura (considerado o plano de trabalho): 0,80m
- largura: 0,60m
- comprimento: 1,00m

Figura 8 - Mesa de trabalho



Fonte: Autora, 2018

4.2 Condições de conforto visual

As informações de conforto visual foram identificadas através de visita ao local.

4.2.1 Sistema de iluminação

As condições de iluminação do local estão em situação regular. O sistema não possui luminárias, apenas um conjunto de trilhos em alumínio (pintados na cor preta) que são fixados no final do pé direito do ambiente, até a altura de 2,30m em relação ao piso. A partir deles são instaladas as lâmpadas, lado a lado. No dia do levantamento foram contabilizadas 41 lâmpadas, divididas em 4 trilhos suspensos, porém mal distribuídos (com distâncias diferentes), e 5 lâmpadas estavam queimadas ou com mal funcionamento (ver exemplo na figura 9. É percebido pela figura 10 que a má distribuição ocasionou em uma das paredes do ambiente uma iluminação excessiva e em local desnecessário.

As lâmpadas utilizadas no local ficam acesas durante todo o horário de funcionamento da facção de roupas, de 7:00 – 15:45hrs. Algumas informações sobre a lâmpada utilizada:

- fluorescente, modelo tubular T8;
- temperatura de cor: branca fria;
- potência: 36W;
- fluxo luminoso: 1850 lm;

Figura 9 - Lâmpada apagada



Fonte: autora

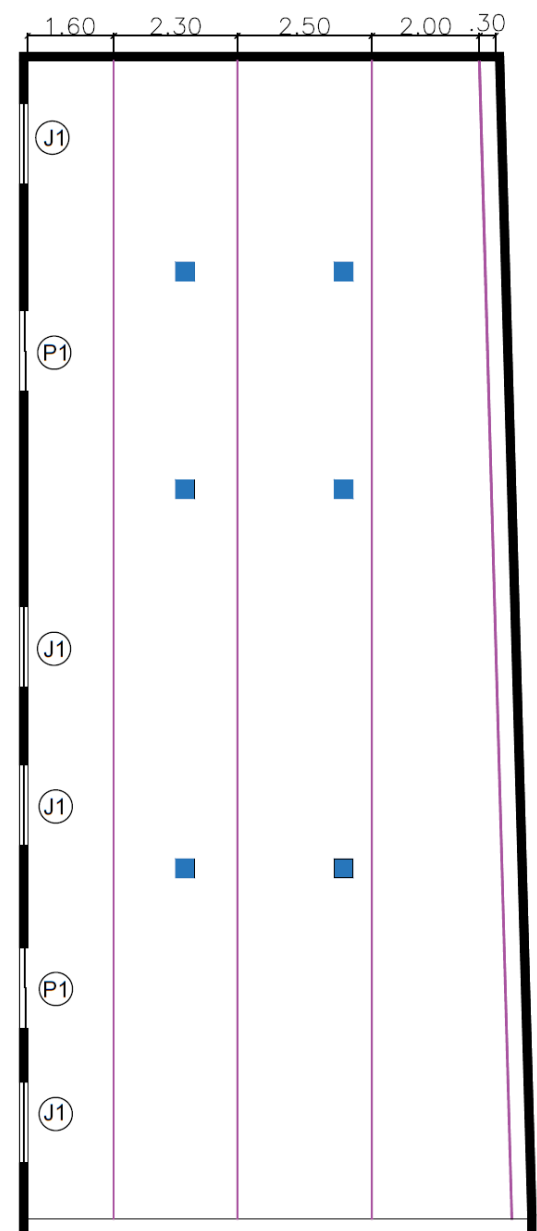
Figura 10 - Ofuscamento na parede



Fonte: autora

Através da figura 11 observa-se a disposição existente dos trilhos (demarcados na cor roxa) no local, com distâncias diferentes. As siglas J1 são para as janelas com dimensões 1,50x1,20m e peitoril com altura=1,00m, e P1 para as portas com dimensões 1,50x2,20m. Em azul foram destacados os pilares, com dimensões 0,30x0,30m.

Figura 11 - Sistema de abertura, iluminação e pilares existentes



PLANTA BAIXA SETOR PRODUÇÃO
DISTRIBUIÇÃO DE TRILHOS EXISTENTES
SEM ESCALA

Fonte: Autora

4.2.2 Aberturas

As aberturas do local são em número reduzido. Existem algumas janelas, com 4 folhas de correr com estrutura em ferro pintado na cor branca, com vidro canelado (a sua opacidade evita que a luz natural seja totalmente aproveitada). As demais janelas são altas, basculantes e com o mesmo vidro.

Como na figura 12, percebe-se que em uma das janelas ainda é vedada a passagem de iluminação natural.

No setor ainda existem duas portas de correr para o acesso de um pequeno estoque na lateral esquerda, também em ferro pintado na cor branca.

Figura 12 - Vedação de janela alta no ambiente



Fonte: autora

4.3 Medição do nível de iluminância artificial

Para a medição do nível de iluminamento artificial existente, foi elaborado um croqui do local com as dimensões levantadas in loco e a localização dos trilhos com lâmpadas.

A medição foi realizada com o luxímetro digital, modelo MLM-1010 (ver figura 13), no dia 1º de dezembro de 2018, no horário 20:35hrs, com todas as lâmpadas do local acesas, sem interrupção de qualquer luz externa.

Figura 13 - Luxímetro utilizado para medição



Fonte: autora

4.3.1 Fator K

Para a localização dos pontos de medição foi calculado de acordo com a NBR 5382 (Verificação da iluminância de interiores – método de ensaio), pela fórmula do índice local.

Apesar de ser o método para a determinação de pontos para iluminação natural, o ambiente estudado não possui projeto luminotécnico, e a partir dessa justificativa foi usada a fórmula demonstrada na equação:

$$K = \frac{C \times L}{H \times (C + L)}$$

$$H \times (C + L)$$

Na fórmula, H corresponde a altura entre o plano de trabalho e a lâmpada, C ao comprimento do ambiente, e L a largura do ambiente.

Os dados levantados foram usados na fórmula:

$$K = \frac{9,3 \times 21,55}{1,5 \times (30,85)} = \frac{200,4}{46,275} = 4,33 \text{ (resultado final)}$$

Pela figura 14, concluiu-se que o número estabelecido de pontos para este resultado é de 36.

Figura 14 - Número de pontos em relação ao fator K

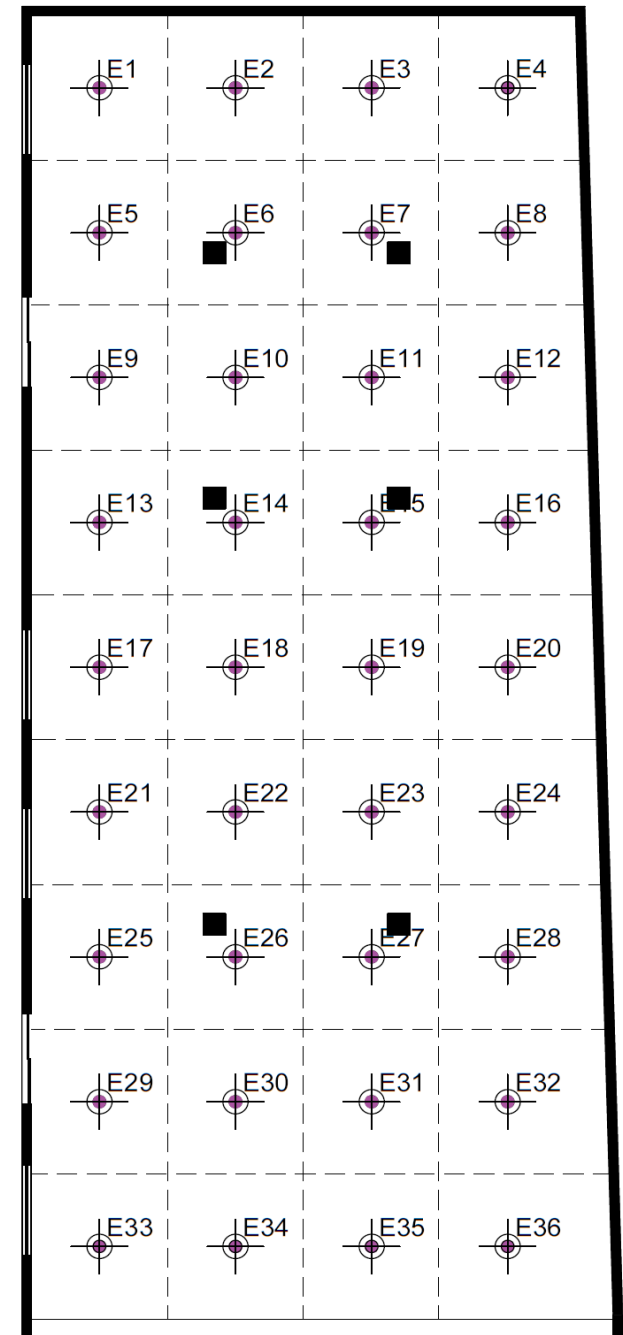
Fator K	nº. Pontos
$K < 1$	9
$1 \leq K < 2$	16
$2 \leq K < 3$	25
$K/3$	36

Fonte: NBR 5382

4.3.2 Disposição dos pontos de medição

A partir do número de pontos de medição, o ambiente foi dividido em áreas iguais (figura 15), e tiveram o formato próximo a um quadrado. A iluminância (E) foi medida no centro de cada uma dessas áreas.

Figura 15 - Disposição dos pontos de medição



PLANTA BAIXA SETOR PRODUÇÃO
SEM ESCALA

Fonte: autora

4.3.3 Cálculo da iluminância média

O cálculo da iluminância média foi obtido a partir do somatório de todos os pontos de medida das luminâncias, dividido pelo número de pontos.

Pela tabela 1 a seguir é possível ver o resultado final, em lx.

Tabela 1 - Pontos de medição da iluminância artificial existente

PONTO	LUMINÂNCIA (LX)	PONTO	LUMINÂNCIA (LX)
P1	330	P19	277
P2	315	P20	257
P3	280	P21	339
P4	255	P22	300
P5	325	P23	283
P6	277	P24	266
P7	246	P25	340
P8	251	P26	279
P9	310	P27	300
P10	300	P28	285
P11	290	P29	347
P12	289	P30	310
P13	326	P31	317
P14	281	P32	272
P15	288	P33	335
P16	260	P34	302
P17	328	P35	327
P18	306	P36	282
SOMATÓRIO=10675			
ILUMINÂNCIA MÉDIA= 10675/36 = 296,5lx			

Fonte: autora

O presente trabalho pretende alcançar a luminância determinada pela norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1/2013: Iluminação de Ambientes de Trabalho – Parte 1: Interior.

De acordo com a tabela estabelecida na pág. 18 da norma (figura 16) para o tipo de ambiente, tarefa ou atividade (coluna 1), foram adotados os valores das atividades em relação a indústria têxtil, com atividades que se assimilam as de máquinas de corte e costura que requerem bastante precisão. Na coluna 2 é estabelecida a iluminância mantida na superfície de referência para um ambiente, tarefa ou atividade, que corresponde a 500lux.

Figura 16 - Tabela de planejamento dos ambientes (áreas), tarefas e atividades com a especificação da iluminância, limitação de ofuscamento e qualidade da cor

19. Indústria têxtil				
Locais de trabalho e zonas de banhos, abertura de fardos	200	25	60	
Cardar, lavar, passar, extrair, pentear, dimensionar, cortar a carda, pré-fiação, juta, fiação de linho	300	22	80	
Fiação, encordoar, bobinar, enrolar, urdir, tecer, trançar, trabalhar em malha	500	22	80	Prevenir contra os efeitos estroboscópicos.
Costurar, trabalho fino em malha, prendendo os pontos	750	22	90	
Projeto manual, desenhos de padrões	750	22	90	T_{cp} no mínimo 4 000 K.
Acabamento, tingimento	500	22	80	
Sala de secagem	100	28	60	
Estampagem automática	500	25	80	
Extrair, selecionar, aparar	1 000	19	80	
Inspeção de cor, controle do tecido	1 000	16	90	T_{cp} no mínimo 4 000 K.
Reparo invisível	1 500	19	90	T_{cp} no mínimo 4 000 K.
Fabricação de chapéu	500	22	80	

Fonte: ABNT NBR ISO/CIE 8995-1/2013 Adaptada pelo autor

Dessa forma, conclui-se que o resultado obtido da iluminância média do sistema de iluminação artificial existente no ambiente de trabalho, não corresponde ao previsto em norma. Para isso, será proposto o projeto luminotécnico, que atenderá ao nível requerido.

5 NOVO PROJETO

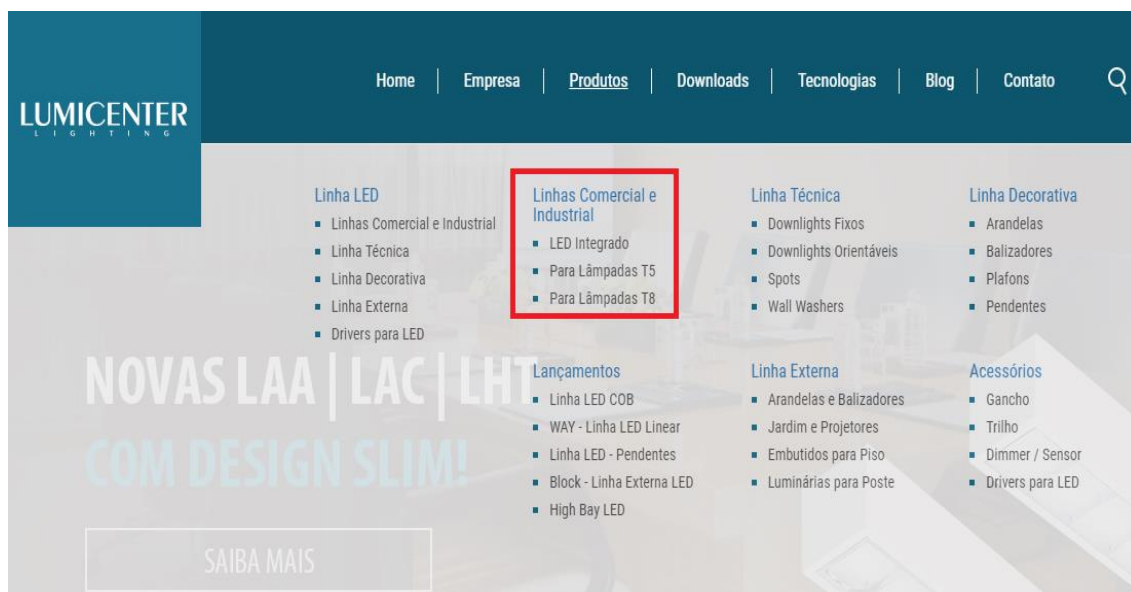
5.1 Escolha da luminária

Para a proposta do projeto luminotécnico, após a verificação dos resultados da iluminância existente no local, foi realizada uma pesquisa sobre a luminária que seria utilizada para o novo sistema de iluminação do ambiente de trabalho.

A empresa escolhida para a pesquisa de luminárias foi a Lumicenter Lighting (através do site www.lumicenteriluminacao.com.br).

Através do segmento dos produtos, a marca possui uma linha específica (figura 17) que atende ao comércio e indústria. A partir daí, escolheu-se o LED integrado como característica principal para a luminária.

Figura 17 - Linha de produtos da Lumicenter Lighting



Fonte: <http://www.lumicenteriluminacao.com.br/>, adaptado pela autora


De acordo com o site da Lumicenter Lighting, este grupo de luminárias com LED integrado são “luminárias a LED com refletores e aletas em alumínio, combinados com difusores que controlam a luz e diminuem o ofuscamento. Diversas opções de modelos e fotometrias. Ideal para escritórios, escolas, outros

ambientes corporativos e varejo”. Na figura 18 foram apresentadas a característica da luminária escolhida, modelo EAA06-E3500850.

Figura 18 - Informações da luminária modelo EAA06-E3500850

GRUPO
LUMICENTER
L I G H T I N G

EAA06-E3500850



Garantia:
3 anos.

Desenvolvido e fabricado no Brasil.

Placa de LED integrada.

Vida útil:
30.000 horas.

Fluxo	3930lm
Potência	37W
Eficiência	106lm/W
Temperatura de Cor	5000K
IRC	>80
Consistência de Cor	SSDCM
Gráu IP	IP20
Tensão de Entrada	100 a 250V
Frequência	50/60Hz
Classe de Isolamento	Classe I
Vida Útil	30.000h
Temperatura de Operação	0 A 50°C

A (mm)	B (mm)	C (mm)	Nicho (mm)
617	61	617	582x582

Fonte: www.lumicenterlighting.com.br – adapto pela autora

5.2 Cálculo da quantidade de luminárias

Para o cálculo da quantidade de luminárias a serem utilizadas no projeto luminotécnico, usou-se a fórmula do método dos lumens, a seguir:

$$n = \frac{E \cdot A}{\phi \cdot Fu \cdot Fd}$$

Na fórmula, n corresponde ao número de luminárias, E é a iluminância requerida pela norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1/2013: Iluminação de Ambientes de Trabalho – Parte 1: Interior, A é a área do ambiente, ϕ o fluxo luminoso da luminária escolhida, Fu o seu fator de utilização e Fd o fator de depreciação.

Para os valores a serem utilizados na fórmula, o valor da iluminância requerida neste local é 500lx e a área 200,4m². Para o fluxo luminoso, o modelo escolhido de luminária tem 3930 lúmens.

O fator de utilização é encontrado a partir da fórmula do método das cavidades zonais (RCR), apresentada na figura a seguir:

$$\text{RCR} = \frac{2,5 \text{ h x (P)}}{A}$$

Onde h representa a altura do plano de trabalho até a luminária, P o perímetro do ambiente, e A a área do ambiente.

A partir dessas informações, temos na fórmula:

$$\text{RCR} = \frac{2,5 \times 2,2 \times (9,30 + 21,55 + 21,55 + 8,70)}{9,30 \times 21,55} = \frac{336,05}{200,4} = 1,67$$

Com o valor final do RCR, é analisada a tabela (figura 19) do fator de utilização da luminária, fornecida pela empresa Lumicenter Lightning. Com os valores das refletâncias do teto, parede e chão, respectivamente 70% (cor branca), 50% (cor verde-claro) e 20%, encontrou-se o fator de 107% (a ser apresentado a fórmula 1,07).

Figura 19 - Fator de utilização da luminária modelo EAA06-E3500850

Fator de utilização:

Teto (%)	70	50	30	0
Parede (%)	50	30	10	0
Chão (%)	20	20	20	0
RCR	Fator de Utilização (%)			
0	118	118	118	112
1	107	104	101	102
2	96	90	86	92
3	86	79	74	83
4	77	70	64	75
5	70	62	57	68
6	63	56	50	62
7	58	50	44	56
8	53	45	40	51
9	49	41	36	47
10	45	38	33	44

Fonte: lumicenter, adaptado pela autora

O fator de depreciação foi obtido a partir das informações da luminária escolhida, visto na figura 20.

Figura 20 - Coeficiente de manutenção

Aplicação: Indicada para uso em ambientes onde há necessidade de controle de ofuscamento rigoroso, como agências bancárias, escritórios e salas de estudo.

"Instalação: Embutido em forros modulares 625x625 com perfil ""T"" ou em forros de gesso, madeira e PVC por meio de tirantes."

Corpo: Produzido em chapa de aço laminado a frio.

Acabamento: Tinta pó poliéster de alta resistência na cor branco microtexturizado aplicado por processo eletrostático, garantindo camada mínima de 50µm.

Aletas e refletores: Aletas parabólicas e refletores em alumínio alto brilho garantindo excelente conforto visual.

Difusor: Em policarbonato texturizado com elevado índice de transmissão luminosa.

LED e Driver: LEDs SMD de alto desempenho aplicados sobre placa de circuito impresso. Driver multitemperatura não dimerizável com alto fator de potência e baixo THD.

Durabilidade: Manutenção de no mínimo 70% do fluxo luminoso inicial em 30.000h de uso.

Equivalência: Para substituição de quatro lâmpadas fluorescentes tubulares T5 de 13W, 14W ou T8 de 16W.

Fonte: lumicenter, adaptado pela autora

Com os demais valores pesquisados e obtidos, foram apresentados na fórmula do método de lumens:

$$n = \frac{500 \times 200,4}{3930 \times 1,07 \times 0,7} = \frac{100200}{2943,5} = 34,04 \text{ (resultado final)}$$

A partir do resultado final, serão distribuídas no local 36 luminárias no local, a fim de atender melhor a parte de distribuição destas, uniformemente.

5.3 Distribuição das luminárias

Souza (2017) define que a uniformidade da iluminação no ambiente é determinada pela distribuição e espaçamento das luminárias no projeto: "em geral, adota-se que o espaçamento entre as luminárias e as paredes deve ser a metade do espaçamento adotado entre luminárias. "

5.4 O sistema de iluminação

Conforme o RTQ-C, deverão ser respeitados os pré-requisitos de controle do sistema de iluminação, como a divisão de circuitos, contribuição e luz natural e desligamento automático.

O sistema atende o nível de eficiência pretendido A (que deve atender todos critérios citados), e foi verificado a partir dos tópicos a seguir.

5.4.1 Divisão de circuitos

De acordo com o RTQ-C “cada ambiente fechado por paredes ou divisórias até o teto deve possuir pelo menos um dispositivo de controle manual para o acionamento independente da iluminação interna do ambiente”.

Dessa forma, para o projeto luminotécnico foram propostas 6 divisões para circuitos diferentes, que podem ser analisados na planta baixa do proposto projeto luminotécnico (anexo A).

5.4.2 Contribuição de luz natural

A ELEY ASSOCIATES (1993) *apud*. Souza (2017) indica que em um sistema de iluminação corretamente projetado, que incorpore conservação de energia como critério de projeto, a luz elétrica seria desligada ou diminuída sempre que uma quantidade suficiente de luz natural estiver presente para fornecer iluminação para a execução da tarefa ou para fornecer a necessária iluminação de fundo.

A contribuição de luz natural será efetivada no projeto, a partir da divisão de circuitos. As filas de luminárias paralelas e mais próximas as aberturas, poderão ser apagadas, sem interferência nos demais circuitos, quando a entrada de luz natural for favorável.

5.4.3 Desligamento automático

O Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas prevê que no

sistema de iluminação interno de ambientes, deverá possuir um dispositivo de controle automático para desligamento da iluminação.

O dispositivo proposto será em forma de um sistema automático que desligue toda a iluminação do setor de produção, com sensor de presença, após 30 minutos da saída de todos os ocupantes.

5.5 Nível de eficiência x D.P.I

Para avaliação do projeto luminotécnico proposto, o RTQ-C estabelece o limite de potência de iluminação interna para os espaços internos dos edifícios. Os níveis de eficiência para a potência de iluminação variam de A (mais eficiente) a E (menos eficiente).

De acordo com a figura 21, é possível observar os limites máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (D.P.I.L) para o nível de eficiência pretendido, de acordo com a atividade estabelecida no local.

Para este projeto adotou-se as salas de multiuso como equivalente ao setor de produção.

Figura 21 - Tabela de limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPIL) para o nível de eficiência pretendido

Ambientes/Atividades	Limite do Ambiente		DPI _L Nível A (W/m ²)	DPI _L Nível B (W/m ²)	DPI _L Nível C (W/m ²)	DPI _L Nível D (W/m ²)
	K	RCR				
Oficina – Seminário, cursos	0,80	6	17,10	20,52	23,94	27,36
Oficina Mecânica	1,20	4	6,00	7,20	8,40	9,60
Quartos de Hotel	0,80	6	7,50	9,00	10,50	13,00
Refeitório	0,80	6	11,50	13,80	16,10	18,40
Restaurante- salão	1,20	4	9,60	11,52	13,44	15,36
Hotel	1,20	4	8,80	10,56	12,32	14,08
Lanchonete/Cafê	1,20	4	7,00	8,40	9,80	11,20
Bar/Lazer	1,20	4	14,10	16,92	19,74	22,56
Sala de Aula, Treinamento	1,20	4	10,20	12,24	14,28	16,32
Sala de espera, convivência	1,20	4	6,00	7,20	8,40	9,60
Sala de Reuniões, Conferência, Multiuso	0,80	6	11,90	14,28	16,66	19,04
Vestiário	0,80	6	8,1	9,72	11,34	12,96

Fonte: Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas

A partir da tabela, calculou-se a D.P.I para o ambiente de estudo, onde a potência total será dada pelo número de luminárias do projeto vezes a potência que cada uma possui. ($36 \times 37 = 1332$ watts). A área do setor de produção corresponde a $200,4 \text{ m}^2$.

Sendo assim,

$$\text{D.P.I} = \frac{\text{Ptotal(w)}}{\text{Área(m}^2\text{)}} = \frac{1332}{200,4} = 6,64\text{w/m}^2.$$

O resultado final se aplicou ao nível A.

6 RESULTADOS

6.1 Projeto luminotécnico

A partir do anexo A, pela planta baixa do projeto, observa-se a distribuição das luminárias escolhidas e a divisão dos circuitos em relação aos pilares (existentes no local).

Para o pé direito do ambiente, foi considerado o rebaixamento deste com o uso do forro de gesso, com altura= 3,00m. A proposta sugere que seja pintado na cor “branco neve” ou similar, de forma a ter uma cor no teto com boa refletância. O mesmo esquema de cores serve para as demais paredes.

6.1.1 Layout

O layout (planta baixa no anexo A) foi proposto para se relacionar com a distribuição das luminárias. Com 34 postos de trabalho encontrados no local, os funcionários terão boa circulação, além de um grande corredor central, de forma a atender aos apoios (mesas maiores).

Para contribuir com um ambiente de trabalho agradável, as mesas dispostas com orientações diferentes e em dupla garantirá maior convivência para os funcionários, e deixará de ser um local com aspecto “engessado” ou inflexível.

6.1.2 Iluminação individual

A iluminação individual, como o próprio nome diz, estará presente em cada posto de trabalho. O funcionário terá a opção para mais um ponto de iluminação, para trabalhos mais precisos, por exemplo. Este tipo de iluminação garante que o usuário tenha seu conforto de acordo com sua visão.

6.2 Comparando potências x número de luminárias

Na escolha da luminária com LED integrado para o projeto luminotécnico da fábrica de fabricação de roupas, foi prevista uma economia de custo em relação a lâmpada existente. Pois, se apenas fossem aumentadas as mesmas até conseguir a iluminância requerida em norma, seria inviável economicamente em relação a potência e o consumo final de energia.

A lâmpada existente possui 36 watts de potência e na nova proposta a luminária possui 37. Para que as lâmpadas existentes no ambiente de trabalho atendam a iluminância requerida, de acordo com o método dos lúmens, seriam necessárias 101 lâmpadas (cálculo feito com mesmo fator de utilização da escolhida, pois a existente não possui essa informação).

Sendo assim, para o sistema existente são 36 watts de potência (cada lâmpada) x 101 lâmpadas = 3636 watts total. Enquanto a luminária proposta tem 37 watts x 36 luminárias (resultado para a proposta) = 1332 watts total.

6.3 Sistema de iluminação antigo x novo – classificação energética

Como visto anteriormente, o novo sistema de iluminação do ambiente teve um conceito A em relação a eficiência energética.

Para o antigo sistema, temos:

$$D.P.I = \frac{P_{total}(w)}{Área(m^2)} = \frac{3636}{200,4} = 18,14w/m^2.$$

De acordo com a Figura x demonstrada no tópico 5.5, o antigo sistema teria conceito D.

7 CONCLUSÃO

Os objetivos gerais e específicos estabelecidos no trabalho foram alcançados. Ao se analisar e relacionar um ambiente de trabalho e sua iluminação com o conforto e segurança de seus funcionários, ficou clara a importância e a real necessidade da elaboração de um projeto luminotécnico adequado a cada ambiente de trabalho e suas características existentes.

Para a proposta geral do trabalho, foram realizadas medições *in loco* acerca das características de uma fábrica de fabricação de roupas na cidade de Formiga, para averiguar o sistema de iluminação existente e propor um novo projeto luminotécnico.

O levantamento permitiu a análise dos problemas relacionados a iluminância do local, que não era adequada ao ambiente de trabalho, devido ao seu número ser inferior ao especificado na norma NBR ISO/CIE 8995-1/2013 - Iluminação de ambientes de trabalho, parte 1: Interior.

A partir do estabelecido na norma, procurou-se uma luminária que atendesse a um fluxo luminoso adequado, para que fosse encontrado o número de luminárias que o ambiente necessitaria para ter a iluminância correta. Assim, o ambiente também atenderia às condições de conforto visual e segurança do usuário.

O projeto luminotécnico determinou, através de alguns cálculos, a distribuição de luminárias no ambiente de trabalho e conseqüentemente foi gerado o layout dos postos de trabalho existentes.

Foi possível também, através de algumas diretrizes estabelecidas pelo RTQ-C, analisar o sistema de iluminação da nova proposta, que foi qualificado com conceito A, estando acima do sistema antigo, qualificado com conceito D.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Ricardo José Sacramento de. **Influência da iluminação artificial nos ambientes de produção**: uma análise econômica. 2003. 92 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2003. Disponível em: http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/interiores/ilumina%E7%E3o%20industrial/influencia_da_illuminacao_artificial_nos_ambientes_de_producao_u_ma_analise_economica.pdf. Acesso em: 28 de novembro de 2018.

CENTRO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. (2014). PROCEL EDIFICA - Eficiência Energética nas Edificações. Acesso em disponível em Procel info: <http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMIDC46E0FFDBD124A0197D2587926254722LUMISADMIN1PTBRIE.htm>. Acesso em: 1 de dezembro de 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL (INMETRO). **Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos**. Disponível em: http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/Port372-2010_RTQ_Def_Edificacoes-C_rev01.pdf. Acesso em: 02 de dezembro de 2018.

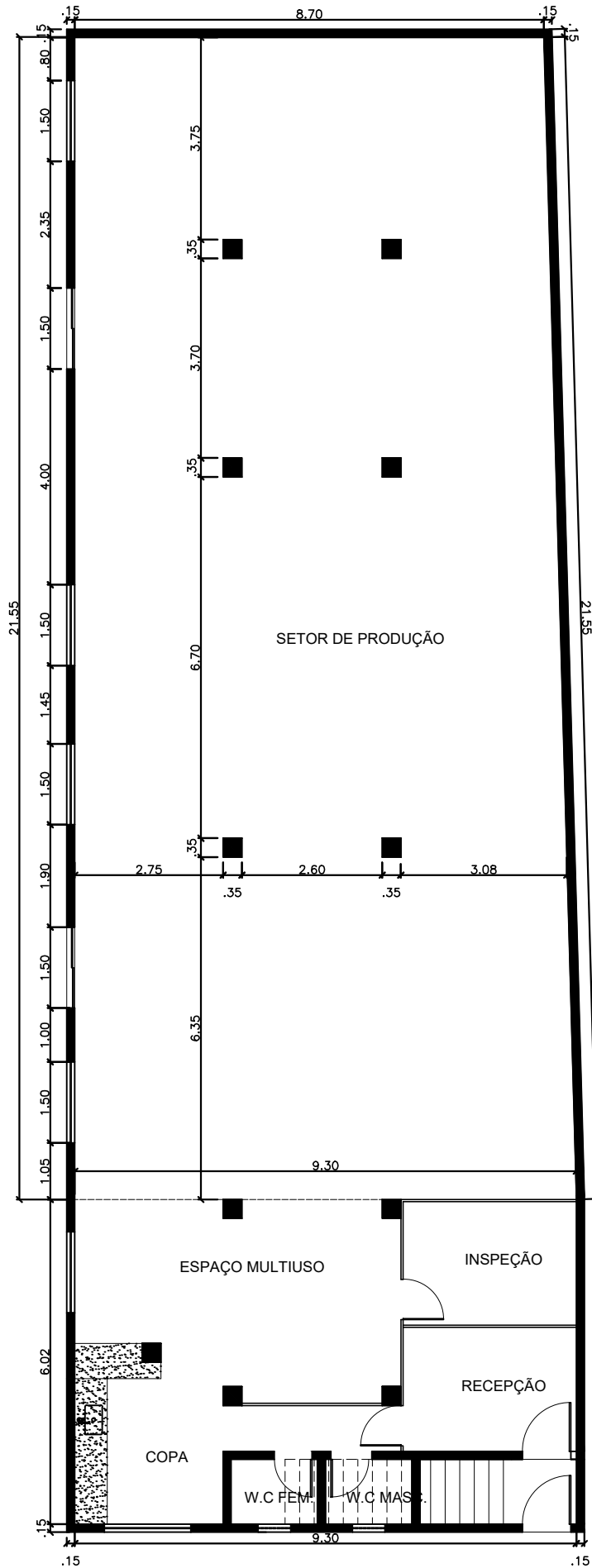
LUMICENTER LIGHTING. **Lumicenter lighting**. Disponível em: <http://www.lumicenteriluminacao.com.br/>. Acesso em: 01 de dezembro de 2018.

NORMA REGULAMENTADORA MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR-17** ergonomia. 2009. Disponível em: <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr17.htm>. Acesso em: 28 de novembro de 2018.

OSRAM. Manual luminotécnico prático. Osasco, 2003. Disponível em: <http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Livros/ManualOsram.pdf>. Acesso em: 28 de novembro de 2018.

ROCHA, Fábio; ROCHA, Silvia. **Arquitetura além da visão**: uma reflexão sobre a iluminação nos ambientes empresariais. Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=3&Cod=566>. Acesso em: 27 de novembro de 2018.

SOUZA,Roberta Vieira Gonçalves de. **Iluminação natural e artificial de ambientes**. 2017.



PLANTA BAIXA IMÓVEL - PAV. TÉRREO
SEM ESCALA