



**UFSM**

**Monografia de Especialização**

**MELHORIA NAS CONDIÇÕES DE ILUMINAÇÃO DO  
ACERVO DA BIBLIOTECA CENTRAL DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA**

---

**André Emilio Foletto**

**DPS**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2004**

**MELHORIA NAS CONDIÇÕES DE ILUMINAÇÃO DO  
ACERVO DA BIBLIOTECA CENTRAL DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA**

---

por

**André Emilio Foletto**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em  
Engenharia de Segurança do Trabalho da Universidade  
Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial  
para obtenção do grau de  
**Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho.**

**DPS**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2004**

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Tecnologia  
Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do  
Trabalho**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Monografia de Especialização

**MELHORIA NAS CONDIÇÕES DE ILUMINAÇÃO DO  
ACERVO DA BIBLIOTECA CENTRAL DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA**

elaborada por  
**André Emilio Foletto**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho**

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

**Profº Drº João HÉlvio Righi de Oliveira/UFSM**  
(Presidente/Orientador)

---

**Profº Msc. Paulo Roberto da Costa/UFSM**

---

**Engº Msc. Lázaro Ben Hur Pires Schiar/UFSM**

Santa Maria , 02 de outubro de 2004

## **RESUMO**

Monografia de Especialização  
Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho  
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

### **MELHORIA NAS CONDIÇÕES DE ILUMINAÇÃO DO ACERVO DA BIBLIOTECA CENTRAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA**

AUTOR: ANDRÉ EMILIO FOLETTO

ORIENTADOR: JOÃO HÉLVIO RIGHI DE OLIVEIRA

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 2 de outubro de 2004.

Este trabalho propõe um sistema de iluminação para adequar o subsolo da Biblioteca Central da Universidade Federal de Santa Maria nos acervos Leste, Oeste, Norte e Sul à norma Iluminância de Interiores (NBR5413) e à Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho: Ergonomia (NR17). Se propôs uma iluminância vertical uniforme de 300lux para as estantes. Para os setores de leitura, quiosque computacional, portal de periódicos e sala administrativa foi proposto uma iluminância horizontal de 500lux ao nível do trabalho (80cm do piso). Para todos os casos propostos foram considerados individualmente os efeitos das luminâncias, os coeficientes de reflexão requeridos das cavidades zonais teto, parede e piso. Foi sugerida também, a instalação de filtros de radiação ultravioleta, adaptando-os às luminárias dos corredores entre as estantes. Finalmente foi sugerido um leiaute para as luminárias bem como o custo de implantação desse leiaute. Foi apresentando, ainda uma comparação entre a carga instalada em iluminação do sistema proposto e a do existente.

Palavras chaves: Ergonomia – Iluminação – Engenharia de Segurança

## **ABSTRACT**

Monografia de Especialização  
Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho  
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

**MELHORIA NAS CONDIÇÕES DE ILUMINAÇÃO DO  
ACERVO DA BIBLIOTECA CENTRAL DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DE SANTA MARIA**  
(IMPROVEMENT IN THE CONDITIONS OF ILLUMINATION IN THE QUANTITY OF  
THE CENTRAL LIBRARY OF THE UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA)

AUTHOR: ANDRÉ EMILIO FOLETTTO

ADVISOR: JOÃO HÉLVIO RIGHI DE OLIVEIRA

Santa Maria, October 2<sup>th</sup>, 2004.

An illumination system for the underground floor - West, East, North and South Wings - of the Main Library of the Federal University of Santa Maria is proposed, based on Iluminância de Interiores (NBR 5413) and Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho: Ergonomia (NR17). A 300 lux of uniform vertical illumination is designed for book stands. For the reading, computer facilities, periodical sections and administrative rooms, a 500 lux of horizontal illumination at a 80 cm working distance level is proposed. Effects of luminosity, coefficient of reflexion and cavity zones on ceiling, wall and floor are also considered. An installation of ultraviolet radiation filter and adaptation of luminaries between book stands are also suggested. Finally layout of luminaries, its cost, and comparisons between present electrical load and the proposed one, are also presented.

Keywords: Ergonomics – Illumination – Engineering

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1 - Campo visual vertical e horizontal (Costa, 2000, p. 53).....</b>	<b>21</b>
<b>FIGURA 2 - Campo visual binocular (Costa, 2000, p. 53).....</b>	<b>21</b>
<b>FIGURA 3 - Curva Escotópica e Curva Fotópica (Costa, 2000, p. 51).....</b>	<b>23</b>
<b>FIGURA 4 - Necessidade de iluminação em função da idade (Costa, 2000, p. 56).....</b>	<b>24</b>
<b>FIGURA 5 - Disco de Newton com as cores quentes e frias (Goldman, 1964, p. 200).....</b>	<b>28</b>
<b>FIGURA 6 - Disco de Newton com as cores leves e pesadas (Goldman, 1964, p. 201).....</b>	<b>28</b>
<b>FIGURA 7 - Planta arquitetônica do subsolo da biblioteca .....</b>	<b>56</b>
<b>FIGURA 8 - Leiaute do acervo sul.....</b>	<b>57</b>
<b>FIGURA 9 - Leiaute do acervo oeste .....</b>	<b>58</b>
<b>FIGURA 10 - Leiaute do acervo norte.....</b>	<b>59</b>
<b>FIGURA 11 - Leiaute do acervo leste .....</b>	<b>60</b>

<b>FIGURA 12 - Leiaute das estantes .....</b>	<b>64</b>
<b>FIGURA 13 - Fonte linear plana .....</b>	<b>66</b>
<b>FIGURA 14 - Leiaute das luminárias .....</b>	<b>67</b>
<b>FIGURA 15 - Curva polar .....</b>	<b>69</b>
<b>FIGURA 16 – Limitação de Ofuscamento.....</b>	<b>72</b>
<b>FIGURA 17 - Simulação para sala de leitura do acervo oeste .....</b>	<b>77</b>
<b>FIGURA 18 - Simulação para sala de leitura do acervo norte.....</b>	<b>78</b>
<b>FIGURA 19 - Simulação para o portal no acervo oeste.....</b>	<b>79</b>
<b>FIGURA 20 - Simulação para o quiosque no acervo oeste .....</b>	<b>80</b>
<b>FIGURA 21 - Simulação para a sala administrativa no acervo norte.....</b>	<b>81</b>
<b>FIGURA 22 - Leiaute sugerido acervo sul.....</b>	<b>82</b>
<b>FIGURA 23 - Leiaute sugerido acervo oeste.....</b>	<b>83</b>
<b>FIGURA 24 - Leiaute sugerido acervo norte .....</b>	<b>84</b>
<b>FIGURA 25 - Leiaute sugerido acervo leste.....</b>	<b>85</b>
<b>FIGURA 26 - Distribuição espectral de energia para a lâmpada sugerida (Catálogo Philips) .....</b>	<b>94</b>

## **LISTA DE QUADROS**

<b>QUADRO 1 - Acervo da Biblioteca Central (BC/2003) .....</b>	<b>17</b>
<b>QUADRO 2 - Iluminância recomendada em função do contraste e da relação distância do objeto ao olho e tamanho do objeto (Costa, 2000, p. 59) .....</b>	<b>26</b>
<b>QUADRO 3 - Efeitos psicológicos das cores.....</b>	<b>30</b>
<b>QUADRO 4 - Carga instalada em iluminação .....</b>	<b>52</b>
<b>QUADRO 5 - Intensidade em função do ângulo.....</b>	<b>68</b>
<b>QUADRO 6 - Iluminância em função do ângulo .....</b>	<b>70</b>



## **LISTA DE REDUÇÕES**

**NR – NORMA REGULAMENTADORA DO MINISTÉRIO DO  
TRABALHO E EMPREGO**

**CLT – CONSOLIDAÇÃO DAS LEIS DO TRABALHO**

**CIE – COMMISSION INTERNATIONAL DE L'ÉCLAIRAGE**

**IESNA – ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF  
NORTH AMERICA**

**ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS  
TÉCNICAS**

**ABILUX – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE  
ILUMINAÇÃO**

**INMETRO – INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA**

**BC – BIBLIOTECA CENTRAL**

**UFSM – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA**

**TCC – TEMPERATURA DE COR CORRELATA**

**IRC – ÍNDICE DE REPRODUÇÃO DE CORES**

## SUMÁRIO

<b>RESUMO .....</b>	<b>3</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>4</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>5</b>
<b>LISTA DE QUADROS .....</b>	<b>7</b>
<b>LISTA DE REDUÇÕES .....</b>	<b>8</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>1.1 Contextualização.....</b>	<b>16</b>
<b>1.2 Objetivos.....</b>	<b>18</b>
<b>1.2.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>18</b>
<b>1.2.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>18</b>
<b>1.3 Justificativa .....</b>	<b>19</b>
<b>2 ASPECTOS RELACIONADOS AO CONFORTO VISUAL NOS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>2.1 Mecanismo da Visão.....</b>	<b>20</b>
<b>2.1.1 Campo Visual.....</b>	<b>20</b>

<b>2.1.2</b>	<b>Acomodação Visual.....</b>	<b>22</b>
<b>2.1.3</b>	<b>Adaptação Visual .....</b>	<b>22</b>
<b>2.1.4</b>	<b>Acuidade Visual.....</b>	<b>24</b>
<b>2.1.5</b>	<b>Persistência Visual .....</b>	<b>25</b>
<b>2.1.6</b>	<b>Contraste .....</b>	<b>25</b>
<b>2.1.7</b>	<b>Ofuscamento (Brilho).....</b>	<b>27</b>
<b>2.2</b>	<b>Psicodinâmica das Cores.....</b>	<b>27</b>
<b>2.3</b>	<b>Grandezas Fotométricas .....</b>	<b>30</b>
<b>2.3.1</b>	<b>Ângulo Sólido.....</b>	<b>31</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Fluxo Luminoso .....</b>	<b>32</b>
<b>2.3.3</b>	<b>Intensidade Luminosa.....</b>	<b>32</b>
<b>2.3.4</b>	<b>Iluminância .....</b>	<b>33</b>
<b>2.3.5</b>	<b>Exitância Luminosa .....</b>	<b>33</b>
<b>2.3.6</b>	<b>Luminância .....</b>	<b>33</b>
<b>2.3.7</b>	<b>Eficácia Luminosa.....</b>	<b>34</b>
<b>2.3.8</b>	<b>Distribuição Espectral da Fonte .....</b>	<b>34</b>
<b>2.3.9</b>	<b>Temperatura de Cor Correlata .....</b>	<b>35</b>

2.3.10	Índice de Reprodução de Cores .....	35
2.4	Leis Fotométricas.....	36
2.4.1	Lei de Bouguer.....	36
2.4.2	Lei do Cosseno, Seno e Cosseno Cúbico.....	37
2.4.3	Lei de Lambert – Difusores Perfeitos.....	37
2.5	Medições Fotométricas.....	38
2.5.1	Fotômetros .....	38
2.5.2	Medição da Intensidade Luminosa.....	39
2.5.3	Medição do Fluxo Luminoso .....	39
2.5.4	Medição da Luminância .....	40
2.5.5	Medição da Iluminância .....	41
2.6	Fontes Para Iluminação .....	41
2.6.1	Iluminação Natural .....	41
2.6.2	Iluminação Incandescente .....	42
2.6.3	Iluminação por Descarga Elétrica .....	42
2.7	Aparelhos Para Iluminação Elétrica .....	43
2.7.1	Iluminação Direta.....	43

2.7.2	Iluminação Indireta .....	44
2.7.3	Iluminação Mista.....	44
2.7.4	Iluminação de Destaque ou Localizada.....	45
2.7.5	Curva Polar.....	45
2.7.6	Classe da Luminária .....	45
2.7.7	Curva Isolux.....	46
2.7.8	Fator Zonal - Rendimento .....	46
2.8	Conforto Visual.....	46
2.9	Iluminação e Segurança do Trabalho.....	48
2.9.1	Problemas em Locais de Trabalho Relacionados com Iluminação Inadequada.....	49
3	METODOLOGIA.....	51
3.1	Descrição do local .....	51
3.2	Materiais e Métodos .....	53
3.3	Procedimentos .....	54
4	RESULTADOS .....	61
4.1	Modelo Proposto .....	61

<b>4.1.1</b>	<b>Para o Acervo .....</b>	<b>61</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Para os Locais de Leitura.....</b>	<b>73</b>
<b>4.1.3</b>	<b>Para os Locais de Consulta Bibliográfica Informatizada</b>	<b>78</b>
<b>4.1.4</b>	<b>Para os Corredores e Outros Ambientes .....</b>	<b>80</b>
<b>4.1.5</b>	<b>Sugestão de Leiaute de Luminárias.....</b>	<b>81</b>
<b>4.2</b>	<b>Análise de Custos e Impacto no Consumo Energético.....</b>	<b>85</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Custo de Implantação do Sistema.....</b>	<b>89</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>91</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>99</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O ato de ver está relacionado com a existência de um observador, uma fonte e um objeto que reflita esta fonte e sensibilize o observador. O observador (homem) é sensibilizado apenas por uma pequena faixa do espectro eletromagnético. Fontes que produzem radiação nesta faixa são chamadas de fontes luminosas.

O homem percebe o mundo pelos sentidos. Pela visão capta-se uma quantidade enorme de informação e quanto mais efetiva e menos custosa for esta visão, mais facilmente a informação será assimilada.

O globo ocular é o órgão responsável pela captação da radiação luminosa e sua transformação para sinais elétricos. Estes sinais são enviados para o cérebro onde há a sua interpretação. O globo ocular ajusta-se a diversas condições de iluminação e de posição do objeto, dentro de seus limites. Fora destes a visão torna-se mais custosa e há um estresse do globo ocular.

Há condições favoráveis para uma melhor assimilação da informação com um menor esforço visual, menos fatigante para o globo ocular. Nessas condições há o chamado conforto visual.

Para o homem ter um conforto visual é necessário que um conjunto de fatores estejam presentes. Deve-se ter, além de um certo nível de iluminação, adequado à sua sensibilidade visual, homogeneidade na distribuição do fluxo luminoso, qualidade da fonte luminosa para distinção de cores, intensidade constante, ausência de brilhos e contrastes excessivos, sombras indesejadas, entre outros.

A fonte de iluminação natural (sol) é a mais adequada ao homem. Ele está adaptado à iluminação solar desde a pré-história, sendo a mesma uma fonte de excelente qualidade quando se trata de capacidade de reprodução de cores. Esta se faz presente quando a luz é difundida pela atmosfera, entretanto a incidência direta da radiação solar não é muito adequada quando se trata de conforto visual, mas a luz difusa o é. Porém a iluminação natural está presente somente durante o dia, além de ser variável ao longo das estações, principalmente em altas latitudes. Além disso, em ambientes fechados nem sempre conseguimos que a iluminação natural atinja locais mais afastados das janelas. Por isso, deve-se buscar fontes artificiais que melhor reproduzam o espectro da radiação solar e sejam o mais confortáveis possíveis.

A necessidade de uma melhor iluminação criou um ramo especializado de conhecimento, definido como Engenharia de Iluminação. Hoje, mais do que nunca, a Engenharia de Iluminação está tomando importância fundamental devido às exigências cada vez maiores das atividades e legislações do trabalho. Soma-se a isso a necessidade cada vez maior de redução do consumo energético e de melhoria do conforto humano. “A substituição da fadiga dos músculos pela máquina, acarreta a fadiga dos olhos e o homem começa a sistematizar de forma científica o estudo da iluminação” (Costa, 2000, p. 18).

A luminotécnica deu seus primeiros passos mesmo antes da invenção da lâmpada elétrica por Thomas Edison. A luz foi sempre algo que intrigou o homem desde os primórdios. Não fosse pelo seu



domínio, ainda estaríamos na Idade da Pedra. O homem percebe o mundo quase que integralmente pela visão. Por isso a iluminação é uma necessidade fundamental.

Em 1900 foi criada a *Comission International de l'Eclairage* (CIE), tendo por objetivo o estudo e a normalização da iluminação buscando o conforto visual, além de integrar projetistas e fabricantes. Atualmente mais de 30 países fazem parte da mesma. Além desta associação, cada país possui sociedades como a *Illuminating Engineering Society of North America* nos Estados Unidos, a *British Illuminating Engineering Society* na Inglaterra e a *Association Française de l'Eclairage* na França. No Brasil, o representante é a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), mas existe também a Associação Brasileira das Indústrias de Iluminação (ABILUX). No âmbito do trabalho, no Brasil, há a Norma Regulamentadora número 17 (NR 17 - Ergonomia) do Ministério do Trabalho, que traça diretrizes quanto a iluminação do ambiente de trabalho, fazendo referência à norma NBR 5413 (Iluminância de Interiores) e NBR5382 (Verificação de Iluminância de Interiores) registradas no Instituto Nacional de Metrologia (INMETRO).

## **1.1 Contextualização**

O prédio da Biblioteca Central da Universidade Federal de Santa Maria, localizado no campus, foi construído no final da década de 1.960 e início da década de 1.970. O mesmo possui uma área de

aproximadamente 7.000 m<sup>2</sup>, distribuída em seções tais como: Acervo, Microfilmagem, Salas de Estudo, Editora, Restauração, Videoteca e Salas Administrativas.

O acervo da Biblioteca Central possui os volumes indicados no Quadro 1.

QUADRO 1 - Acervo da Biblioteca Central (BC/2003)

Livros	126153
Teses	17358
Microfichas	69
Periódicos	6950
Folhetos	10982
Mapas	845
Fitas de vídeo	356
CD's	441
Disquetes	126
Fita cassete	17

“A Biblioteca da UFSM tem como objetivo colocar à disposição da comunidade universitária a informação bibliográfica de forma organizada, favorecendo o desenvolvimento e a realização da pesquisa. É Biblioteca base do programa de comutação bibliográfica, tendo como finalidade atender junto a outras bibliotecas, os pedidos

de fornecimento de cópias de artigos periódicos disponíveis em seu acervo.” (BC/UFSM).

“Os serviços que presta à Comunidade Universitária são: empréstimo domiciliar; consulta na sede; consulta a bases de dados em *cd-rom*; consulta ao Portal de Periódicos da CAPES; consulta orientada à internet; comutação bibliográfica; sumários de periódicos correntes; treinamento de usuários; orientação técnica para elaboração e apresentação de trabalhos científicos; catalogação na fonte; e apresentação de vídeos.” (BC/UFSM)

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

Propor um sistema de iluminação adequado nos acervos localizados no subsolo da Biblioteca Central da Universidade Federal de Santa Maria, visando a economia de energia e o conforto visual para os funcionários e usuários.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Estudar o leiaute existente nos acervos do subsolo da Biblioteca Central da UFSM;
- Pesquisar as normas e recomendações existentes sobre níveis

de iluminação para o conforto visual;

- Medir com luxímetro os níveis de iluminação atuais;
- Realizar simulações com diversos leiautes e com vários modelos de fontes luminosas;
- Determinar os custos da implantação do sistema proposto;
- Comparar o sistema antigo e o novo em relação ao consumo energético e ao conforto visual.

### **1.3 Justificativa**

Ao longo do tempo houveram modificações nos leiautes nos diversos setores da biblioteca onde não foi levado em conta a necessidade de adaptação do sistema de iluminação.

Os funcionários que trabalhavam no acervo chegaram a receber adicional de insalubridade por deficiência de iluminação antes da revogação do anexo 4 da Norma Regulamentadora do Ministério do Trabalho nº 15 (NR-15), que tratava do direito de percepção do adicional de insalubridade, inclusive com laudo do Ministério do Trabalho.

Devido a atual preocupação com a qualidade de vida dos trabalhadores e o surgimento de novas tecnologias de iluminação há necessidade de modificar o atual sistema, a fim de melhor o conforto visual e reduzir o consumo energético, justificando-se assim a elaboração deste trabalho.

## **2 ASPECTOS RELACIONADOS AO CONFORTO VISUAL NOS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO**

### **2.1 Mecanismo da Visão**

O olho humano assemelha-se a uma câmera fotográfica. O raio de luz atinge o olho, estimula a retina, a qual envia sinais elétricos para o cérebro, que interpretará estes sinais. O olho compõe-se de várias partes, destacando-se: a córnea na parte exterior, seguida do humor aquoso, íris, cristalino, humor vítreo e retina. A íris tem a função de abrir ou fechar para regular a passagem da luz. O cristalino é a lente do olho (biconvexa transparente e de foco ajustável) que se adapta à distância ao objeto. A retina é um conjunto complexo de células sensitivas. Destacam-se na retina os cones e os bastonetes, onde os cones são responsáveis pela visão diurna (fotóptica) e localizam-se no centro da retina e os bastonetes são responsáveis pela visão noturna (escotópica) e localizam-se na região periférica da retina. Salienta-se que a visão através dos cones é uma visão de menor ângulo de abertura (focada no objeto) do que a visão através dos bastonetes (visão periférica).

#### **2.1.1 Campo Visual**

O campo visual, considerando-se os dois olhos, horizontalmente é de aproximadamente 120° e verticalmente estende-se de 70° para baixo até 60° para cima, como mostra as Figuras 1 e 2.

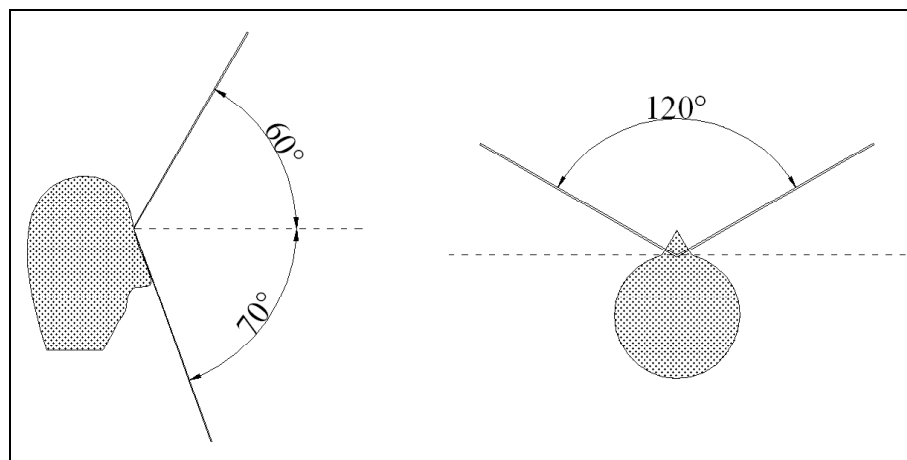


FIGURA 1 - Campo visual vertical e horizontal (Costa, 2000, p. 53)

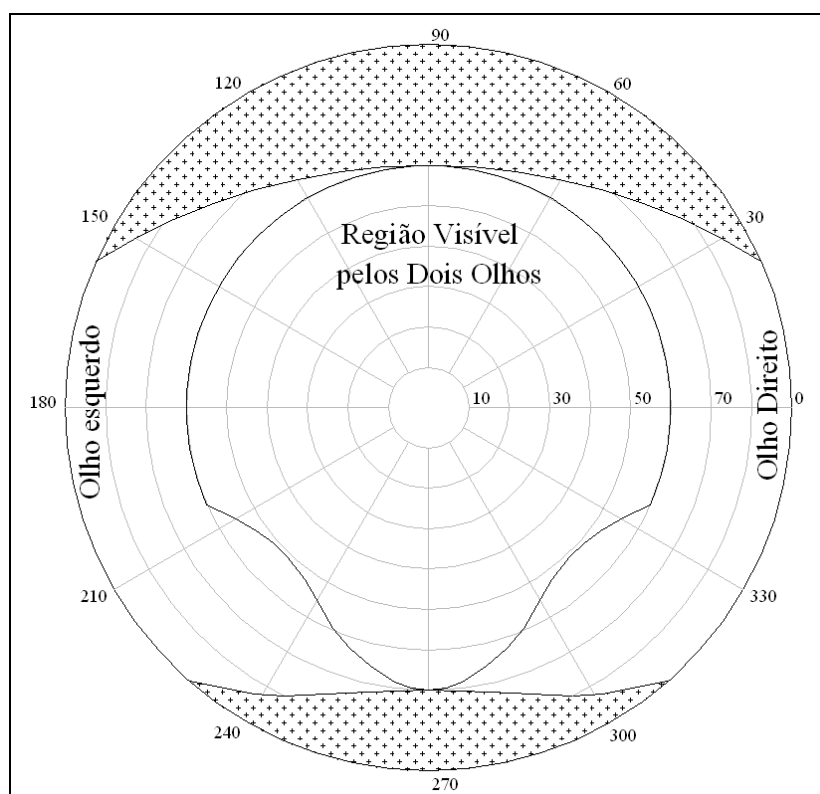


FIGURA 2 - Campo visual binocular (Costa, 2000, p. 53)

### **2.1.2 Acomodação Visual**

É o processo de ajuste do foco visual mediante pressionamento muscular sobre o cristalino. O processo de acomodação torna-se mais custoso com a idade. Para compensar a dificuldade da acomodação há uma redução da pupila. Com a redução da pupila há uma necessidade maior de iluminação. Por isso pessoas idosas necessitam de maior nível de iluminação do que pessoas jovens.

### **2.1.3 Adaptação Visual**

É o processo de abertura e fechamento da pupila, necessário para acomodar a visão a diferentes níveis de iluminação. Com nível alto de iluminação, a pupila se contrai, focalizando a imagem no centro da retina, local onde há a presença dos cones. Com nível baixo de iluminação, a pupila se abre, não havendo focalização em um ponto específico e fazendo com que a imagem se forme na periferia, local onde há a presença dos bastonetes.

Os cones são muito menos sensíveis à luz do que os bastonetes, permitindo a visão diurna, para grandes intensidades de luz. Os bastonetes são muito mais sensíveis à luz e permitem a visão para pequenas quantidades de luz. Há três tipos de cones: os sensíveis à cor verde, azul e vermelha, que são as cores primárias. Os bastonetes, porém, são menos sensíveis às cores. Por isso, em ambientes escuros há dificuldade de percepção das cores.

O estudo do processo de adaptação revelou que a retina é sensibilizada diferentemente para diversos comprimentos de onda e níveis de luminosidade. Estudos verificaram que para a visão fotópica, o máximo da sensibilidade ocorre em 554nm (verde-amarelo) e, para a visão escotópica, o máximo da sensibilidade ocorre em 507nm. Esta variação ficou denominada de Efeito Purkinje, pelo deslocamento da curva, como mostra a Figura 3. Esta variação, sendo repetitiva, provoca fadiga visual. Estas curvas são chamadas de “Curvas de Eficácia Luminosa Espectral Relativa”, tendo os valores tabelados pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE).

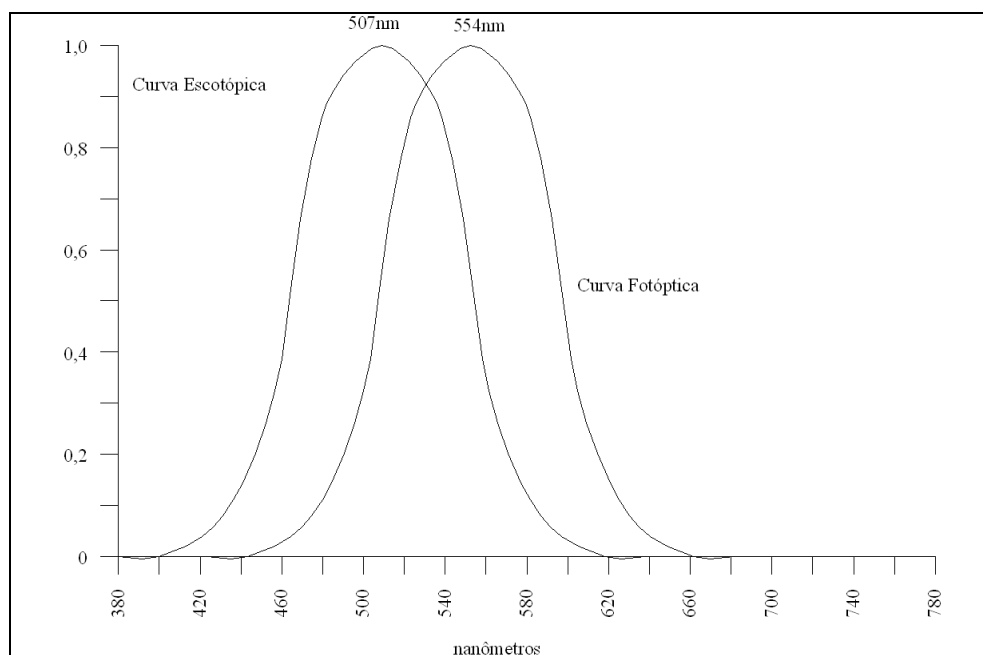


FIGURA 3 - Curva Escotópica e Curva Fotópica (Costa, 2000, p. 51)



### 2.1.4 Acuidade Visual

É a capacidade de distinguir os detalhes. Subdivide-se em acuidade de resolução, que é a capacidade de ver o menor objeto e acuidade de reconhecimento, que é a capacidade de separar dois objetos próximos. A acuidade visual diminui com a idade. Por isso há necessidade de maior nível de iluminação com a idade. Na Figura 4 pode-se ver como se comporta a necessidade de iluminação em função da idade.

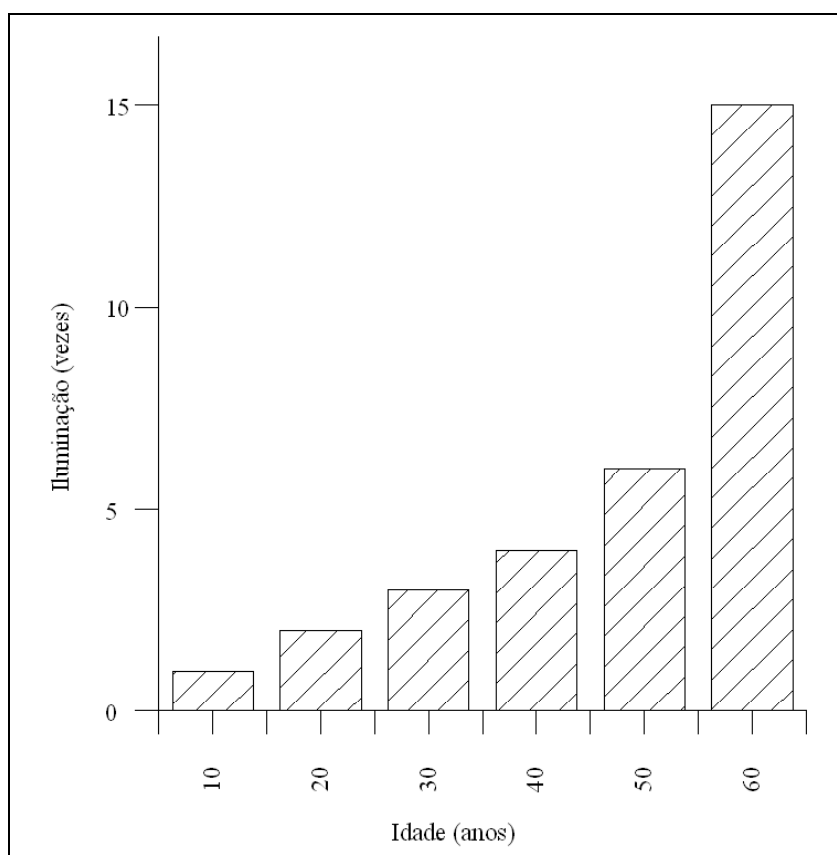


FIGURA 4 - Necessidade de iluminação em função da idade (Costa, 2000, p. 56)

### **2.1.5 Persistência Visual**

É devido ao processo sensibilizador ser de natureza química. Há a permanência da imagem na retina por alguns instantes após a retirada da mesma.

“Quando a luz “branca”, que é o conjunto de todas cores, incide sobre um objeto, este absorve toda ou reflete parte deste conjunto. Quando se olha um objeto de cor laranja, este absorveu todas as outras frequências e refletiu a da cor laranja. Esta radiação incidindo sobre o olho faz com que os cones (células da retina responsáveis pela visão fotóptica) amarelos e vermelhos se “contraíam” (pois amarelo e vermelho formam o laranja). Em virtude desta situação, estabelece-se uma supremacia de cones azuis abertos. Desviando-se o olhar para um campo branco ou preto, vê-se por breves instantes o objeto na cor azul (complementar ao laranja), até haver o reequilíbrio dos cones.” (Goldman, 1964, pp. 93 e 94).

A persistência visual está ligada ao efeito estroboscópico, pronunciado em ambientes iluminados com fontes de descarga elétrica ligados diretamente à rede alternada, oscilando na frequência da rede.

### **2.1.6 Contraste**

Contraste é uma relação entre as luminosidades entre a tarefa e o fundo. Um alto contraste há entre um fundo branco e letras pretas.

Um baixo contraste há entre, por exemplo, letras verdes e fundo azul, ou letras amarelas e fundo branco. A visão tenta se adaptar a uma luminosidade (luminância) média. Quando os contrastes forem baixos, deve-se aumentar a iluminância. O Quadro 1 apresenta os valores mínimos de iluminância para distância olho-objeto e tamanho do detalhe do objeto.

QUADRO 2 - Iluminância recomendada em função do contraste e da relação distância do objeto ao olho e tamanho do objeto (Costa, 2000, p. 59)

DETALHE	D/d	CONTRASTE		
	FAIXA	BAIXO	MÉDIO	ALTO
MINÚSCULO	3.200-4.200	20.000	5.000	2.000
MUITO PEQUENO	2.450-3.200	10.000	3.000	1.000
PEQUENO	1.900-2.450	5.000	1.500	500
QUASE PEQUENO	1.500-1.900	2.000	700	200
MÉDIO	1.150-1.500	1.000	300	100
GRANDE	850-1.150	500	150	50
D = distância do objeto ao olho    d = tamanho do detalhe do objeto				

### **2.1.7 Ofuscamento (Brilho)**

O ofuscamento está ligado ao brilho excessivo. O ofuscamento pode ser: direto, quando se olha diretamente para a fonte; reflexivo, como o que ocorre observando-se um papel acetinado; perturbador, quando se olha para um folha branca opaca iluminada pelo sol. A partir de um certo valor de brilho, a retina não consegue mais distinguir as cores e os objetos. Dependendo da intensidade e duração da exposição a brilhos elevados, pode ocasionar cegueira.

## **2.2 Psicodinâmica das Cores**

A “Psicodinâmica das Cores” tem sua origem com os estudos de Goethe e tem grande importância no projeto de qualquer ambiente onde haja presença humana.

Há uma convergência coletiva instintiva para determinadas cores. Estas produzem reações psíquicas inconscientes no homem.

As cores primárias, secundárias e terciárias formam o “Disco das Cores” ou “Disco de Newton” como mostram as Figuras 5 e 6.

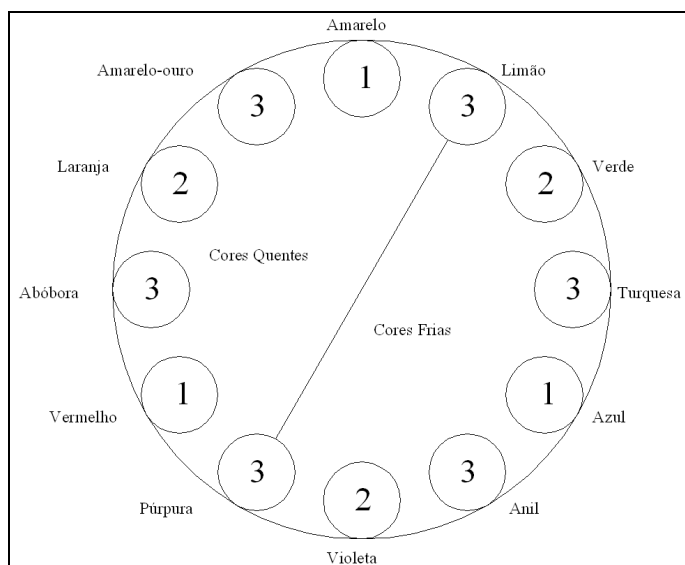


FIGURA 5 - Disco de Newton com as cores quentes e frias (Goldman, 1964, p. 200)

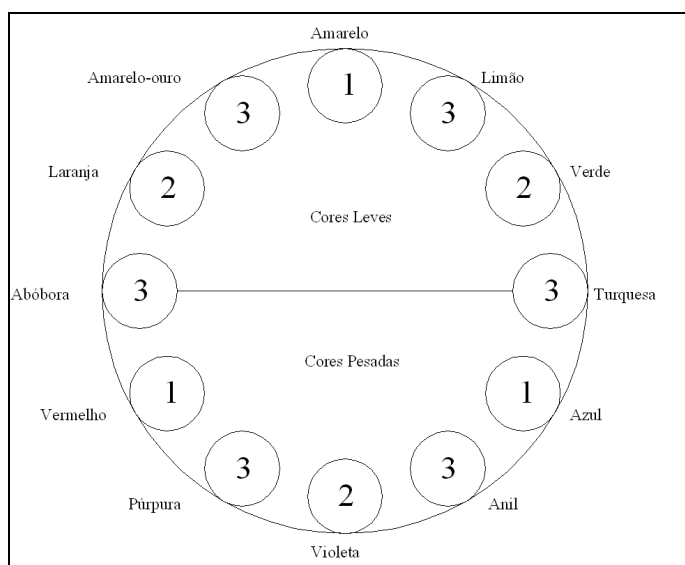


FIGURA 6 - Disco de Newton com as cores leves e pesadas (Goldman, 1964, p. 201)

Observa-se que as cores opostas são as chamadas cores complementares, misturadas em partes iguais resultam no cinza neutro. Psicologicamente criam sensações opostas.

Estudos psicológicos sugerem as características descritas abaixo para as seguintes cores:

- Amarelo: cor alegre. Representa luz. É uma cor quente. Deve ser utilizado em forros de ambientes de raciocínio. Pouco utilizado em paredes. Contra-indicado para pisos. Eleva a capacidade de realização.

- Laranja: representa dinamismo, entusiasmo. Utilizado em forros. O uso mais comum é em sinalizações de segurança.

- Vermelho: empregada em painéis e sinalização externa noturna, pela ótima visibilidade em ambientes escuros. Produz a sensação de calor.

- Azul: cor atmosférica. A cor azul é tranquilizante. Produz sensação de frio.

- Verde: cor repousante. Lembra a relva e as árvores. É a menos fatigante para a visão. Utilizada em mesas de jogo, na lousa das escolas e nos hospitais.

No Quadro 3 apresenta-se um resumo dos efeitos psicológicos das cores, segundo Goldman (1964).

QUADRO 3 - Efeitos psicológicos das cores

Cor	Efeito de Distância	Efeito da Temperatura	Efeito Psíquico
Azul	Afastamento	Frio	Calmante
Verde	Afastamento	Frio a Neutro	Muito Calmante
Vermelho	Aproximação	Quente	Muito Estimulante Cansativo
Laranja	Muita Aproximação	Muito Quente	Excitante
Amarelo	Aproximação	Muito Quente	Excitante
Castanho	Muita Aproximação Claustrofobia	Neutro	Excitante
Violeta	Muita Aproximação	Frio	Agressivo, Cansativo Deprimente

### 2.3 Grandezas Fotométricas

A luz visível para o homem é uma radiação eletromagnética compreendida entre 380 e 760nm. O mesmo percebe também a cor, a qual é uma combinação de comprimentos de onda. A percepção para os diferentes comprimentos não é a mesma. Por isso foi criada a

chamada Curva Internacional de Luminosidade Espectral Relativa, a qual define a sensibilidade do olho padrão e foi determinada estatisticamente. As grandezas empregadas em iluminação são regidas pelas leis da óptica energética e fotométrica. A óptica energética é abrangente e vai além da sensação da visão. A óptica fotométrica está ligada ao ato de ver. Basicamente a óptica fotométrica é filtrada pela Curva Internacional de Luminosidade Espectral Relativa.

### 2.3.1 Ângulo Sólido

“O ângulo sólido  $\omega$  expresso por esterradianos (sr) é o resultado do quociente entre uma área  $A$  situada na superfície de uma esfera e o quadrado de seu raio  $R$ . Um esterradiano é o ângulo sólido que tendo vértice no centro de uma esfera, subentende na superfície desta, uma área igual ao quadrado do raio da esfera” (Costa, 2000, p. 191).

$$\omega = \frac{A}{R^2} \quad (1)$$

Fator Zonal: é o ângulo sólido compreendido entre dois paralelos de uma esfera.

$$\omega_{1,2} = 2.\pi.[\cos(\alpha_1) - \cos(\alpha_2)] \quad (2)$$



### 2.3.2 Fluxo Luminoso

O fluxo luminoso  $\Phi$  expresso em lúmen (lm) é derivado da intensidade luminosa e está contido no fluxo radiante (energia radiante). O fluxo radiante é uma grandeza correspondente a um trabalho na unidade de tempo (watts). Então o fluxo luminoso é uma potência luminosa. Mas a mesma é filtrada pela Curva Internacional de Luminosidade Espectral Relativa. Daí surge o lúmen. Em termos matemáticos:

$$\Phi_v = K_m \int_{380}^{780} \frac{d\Phi_e(\lambda)}{\lambda} \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda \quad (3)$$

Os limites da integral correspondem a limitação da visão do olho humano. O coeficiente  $K_m=683 \text{ lm/W}$  significa que uma radiação monocromática de  $\lambda=555\text{nm}$  e de  $1\text{W}$  equivale a  $683\text{lm}$ . “Este é o maior rendimento que pode ser obtido de uma fonte luminosa” (Costa, 2000, p. 198).

### 2.3.3 Intensidade Luminosa

É definida como a relação entre o fluxo elementar  $d\Phi$  e o respectivo ângulo sólido  $d\omega$ , na direção  $\alpha$  do eixo do feixe luminoso:

$$I_\alpha = \lim_{\alpha \rightarrow 0} \frac{\Delta\Phi}{\Delta\omega} = \frac{d\Phi}{d\omega} \quad (4)$$

A unidade da intensidade luminosa é a candela e seu símbolo é I.

### 2.3.4 Iluminância

Iluminância é o limite da razão do fluxo luminoso  $d\Phi$ , incidente num elemento de superfície que contém o ponto dado, para área  $dA$  deste elemento, quando esta área tende para zero.

$$E = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta \Phi}{\Delta A} = \frac{d\Phi}{dA} \quad (5)$$

A unidade da iluminância é o lux e seu símbolo é E.

### 2.3.5 Exitância Luminosa

A exitância (emitância) é a densidade de fluxo luminoso emitida por uma superfície.

$$M = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta \Phi}{\Delta A} = \frac{d\Phi}{dA} \quad (6)$$

A unidade da exitância luminosa é o lúmen por metro quadrado e seu símbolo é M.

### 2.3.6 Luminância

Luminância (brilhança) é a razão da intensidade luminosa  $dI$ , incidente num elemento de superfície que contém o ponto dado, para a área  $dA$  aparente vista pelo observador, quando esta área tende para

zero. Área aparente significa que é a área projetada, aquela que é vista pelo observador.

$$L = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta I}{\Delta A \cdot \cos(\alpha)} = \frac{dI}{dA \cdot \cos(\alpha)} \quad (7)$$

A unidade da luminância é candela por metro quadrado e seu símbolo é L.

### 2.3.7 Eficácia Luminosa

Esta grandeza é extremamente simples de ser compreendida e extremamente importante para a conservação de energia. Por definição, eficácia luminosa ( $\eta$ ) de uma fonte é o quociente entre o fluxo luminoso emitido em lm, pela potência consumida expressa em W.

### 2.3.8 Distribuição Espectral da Fonte

A distribuição espectral [ $M(\lambda)$ ] expressa em W, de uma fonte pode ser discreta ou contínua. Pode ser representada por uma tabela ou um gráfico no qual a energia espectral está conectada com uma unidade de potência ou unidade relativa desta mesma potência.

### 2.3.9 Temperatura de Cor Correlata

É a temperatura do Corpo Negro cuja cor percebida se assemelha ao mais próximo possível com aquela representada pela fonte luminosa. A TCC pode ser usada para fontes de origem incandescente quanto para as demais fontes. “São consideradas cores quentes até 3000K, cores neutras entre 3000 e 4000K e cores frias acima deste último valor” (Costa, 2000, p. 259).

### 2.3.10 Índice de Reprodução de Cores

“A cor somente existe na mente do observador. E quando se trata da mente, as questões são muito complexas. O surgimento dos pigmentos trouxe a tona um uso intenso da cor pelo homem. Isso obriga que fontes luminosas reproduzam o mais fielmente possível as cores” (Costa, 2000, p. 261).

O Índice de Reprodução de Cor é um valor percentual médio relativo à sensação de reprodução de cor, baseado em uma série de cores padrões. É relativa ao índice do radiador integral, que apresenta um valor de 100. Costuma-se afirmar que está associado à lâmpada incandescente, pois a mesma tem um comportamento próximo ao radiador integral.

“A percepção da cor está fundamentada em três componentes primárias. Como a visão opera pelo processo de adição, estas cores são: vermelho, verde e azul. A CIE definiu em 1931 os comprimentos

de onda para as cores primárias aditivas: 700nm para vermelho (emprega-se uma lâmpada incandescente com um filtro estreito), uma linha azul em 435,8nm e uma linha verde em 546,1nm (obtidos do espectro do mercúrio)” (Costa, 2000, p. 267). O processo de mensuração definiu o chamado Observador Padrão CIE 1931. O observador padrão permitiu a criação do chamado Diagrama de Cromaticidade. Portanto, uma fonte pode ser decomposta em coordenadas de cromaticidade e o IRC mede o desvio da cromaticidade desta fonte quando comparada com uma fonte padrão de mesma TCC.

## **2.4 Leis Fotométricas**

### **2.4.1 Lei de Bouguer**

A Lei de Bouguer é conhecida como a Lei do Inverso do Quadrado das Distâncias, definida como: A iluminância em um ponto perpendicular à linha que une o ponto e a fonte puntiforme é igual à intensidade luminosa desta fonte, na direção deste ponto, dividida pelo quadrado da distância entre a fonte e o ponto.

$$E_H = \frac{I}{d^2} \quad (8)$$

### 2.4.2 Lei do Cosseno, Seno e Cosseno Cúbico

Lei do Cosseno: é uma derivação da Lei de Bouguer e diz que a iluminância horizontal produzida por uma fonte luminosa que incide obliquamente sobre um ponto é igual ao quociente da intensidade luminosa na direção  $\alpha$ , pelo quadrado da distância da fonte luminosa ao ponto, tudo multiplicado pelo cosseno do ângulo  $\alpha$ .

$$E_H = \frac{I_\alpha}{d^2} \cdot \cos(\alpha) \quad (9)$$

Lei do Seno: é a Lei do Cosseno para iluminância vertical.

$$E_V = \frac{I_\alpha}{d^2} \cdot \sin(\alpha) \quad (10)$$

Lei do Cosseno Cúbico: derivada da Lei do Cosseno. Simplifica a equação, necessitando-se saber somente a altura da fonte e a intensidade na direção  $\alpha$ .

$$E_H = \frac{I_\alpha}{h^2} \cdot \cos^3(\alpha) \quad (11)$$

### 2.4.3 Lei de Lambert – Difusores Perfeitos

Se uma superfície tem a mesma luminância em todas as direções, a sua intensidade luminosa em uma direção dada é igual à intensidade luminosa perpendicular ao plano, multiplicada pelo cosseno do ângulo que forma essa direção com a normal ao plano.

$$I_{\alpha} = I_0 \cdot \cos(\alpha) \quad (12)$$

## 2.5 Medições Fotométricas

A Fotometria consiste em uma série de métodos e processos de medida das grandezas luminosas. “As medições fotométricas são assim denominadas porque levam em consideração a curva de eficácia espectral da visão” (Costa, 2000, p. 371). As medições são divididas entre medições de laboratório e de campo. É imprescindível que o fabricante de luminárias efetue as medições de seus produtos e forneça-as ao projetista.

### 2.5.1 Fotômetros

“Inicialmente as medições fotométricas eram praticadas sob a forma da fotometria visual comparativa, ou seja, o observador comparava visualmente duas placas iluminadas independente uma da outra, mas de forma concomitante” (Costa, 2000, p. 374). Atualmente os processos de medição são de natureza física, empregando detectores a estado sólido, como as células fotovoltaicas. Assim surgiram os luxímetros portáteis. Por definição um fotômetro é um medidor de radiação que foi ou opticamente ou eletronicamente filtrado para aproximar-se da curva de sensibilidade espectral do olho humano. Além da filtragem para as diferentes radiações faz-se

necessário o ajuste do cosseno para corrigir a medida quando da incidência oblíqua da radiação.

### 2.5.2 Medição da Intensidade Luminosa

“A base teórica é derivada da Lei de Bouguer. Com um luxímetro e uma fita métrica é possível conhecer a intensidade luminosa, pois:

$$I_{[candela]} = E_{[lux]} \cdot d_{[metro]}^2 \quad (13)$$

A medição da intensidade luminosa é uma medida essencialmente realizada em laboratório pelos fabricantes ou órgãos de certificação. Por isso, a aparelhagem deve ser aferida periodicamente. No Brasil, a calibração dos instrumentos é realizada por laboratórios credenciados pelo INMETRO” (Costa, 2000, pp. 376 e 377).

O método de medição mais utilizado é o que utiliza o fotogoniômetro, o qual gira em torno da luminária objeto da medida.

### 2.5.3 Medição do Fluxo Luminoso

Existem dois processos para medição do fluxo luminoso. No processo indireto realizam-se as medições das intensidades da fonte luminosa e multiplica-se pelo Fator Zonal para cada intervalo:



$$\Phi_i = 2.\pi.I_\alpha.[\cos(\alpha_1) - \cos(\alpha_2)] \quad (14)$$

O fluxo total é o somatório dos fluxos parciais.

$$\Phi_{total} = \Sigma\Phi_i \quad (15)$$

“No processo indireto coloca-se a fonte luminosa dentro de uma esfera oca pintada internamente de branco fosco, chamada de Esfera Integradora de Ulbricht. Esta esfera tem a propriedade de que em todos os seus pontos, independente da forma da fonte, ter-se a mesma luminância. Faz-se então um pequeno orifício e se mede a iluminância através de um fotômetro. Aplicando-se uma relação que é constante e depende somente das características da esfera, calcula-se o fluxo luminoso total emitido pela fonte” (Costa, 2000, pp. 386 e 387).

#### 2.5.4 Medição da Luminância

“O aparelho empregado na medição de luminância é o denominado luminancímetro e deve ter grande sensibilidade, pois a luminância é medida em uma área muito pequena. Por exemplo, um luminancímetro empregado em iluminação rodoviária deve, para uma distância de 90m, ter a visão de uma área de 3m de comprimento, o que dá um ângulo de 2 minutos” (Costa, 2000, p. 393). O princípio de medição é pela comparação da luminância de uma área elementar, vista através de uma janela, com um anteparo cuja luminância pode variar. No momento em que as luminâncias forem iguais, se tem a leitura registrada pelo aparelho.

### **2.5.5 Medição da Iluminância**

É a medida mais utilizada em fotometria. Ela é realizada em laboratórios através dos bancos fotométricos ou em campo através de luxímetros portáteis. As leituras devem ser realizadas de preferência à noite se desejada somente a medição das fontes artificiais. As lâmpadas de descarga devem ficar acesas pelo menos 20 minutos. Lâmpadas novas requerem pelo menos 100 horas de operação normal. Outro cuidado deve ser o de evitar que sombras devidas ao operador interfiram nas medidas.

Além de depender do instrumento, a precisão da medida da iluminância média depende da quantidade de pontos de leituras. Aqui no Brasil a NBR 5382 - Verificação de Iluminação de Interiores - dita os procedimentos a serem seguidos na medição de recintos fechados retangulares. Conforme a distribuição das fontes há um método de medição.

## **2.6 Fontes Para Iluminação**

### **2.6.1 Iluminação Natural**

A iluminação natural é gratuita e abundante, mas somente durante o dia. A incidência direta da luz solar é ofuscante. A luz difusa da atmosfera apresenta várias intensidades e temperaturas de

cor durante o dia, dependendo do horário e da nebulosidade. Há uma preferência primária em aproveitar ao máximo a iluminação natural visto que é gratuita e em muito reduz o consumo energético de uma edificação. Vidros fotocromáticos que automaticamente ajustam sua transmitância, filtram infravermelhos e ultravioletas, estão sendo instalados em muitos prédios “inteligentes”. Túneis de luz que captam a luz solar na cobertura de uma edificação e a distribui para os andares inferiores também fazem parte dos novos tempos de economia energética.

### **2.6.2 Iluminação Incandescente**

A lâmpada incandescente tem como princípio a incandescência de um filamento, geralmente de tungstênio. Sua distribuição espectral é contínua e é a melhor entre as fontes artificiais. Também o índice de reprodução de cores é o melhor. Porém seu rendimento e vida útil são muito baixos.

### **2.6.3 Iluminação por Descarga Elétrica**

Têm como princípio a ionização de um meio gasoso através de uma corrente elétrica, limitando-a através de um reator. As mais comuns são: Fluorescentes; Vapor de Mercúrio; Multivapores Metálicos; Mista; Vapor de Sódio de Baixa e Alta Pressão; Gás

Xenônio; Especiais: germicidas, luz negra, gases neônio e argônio, de arco, eletroluminescentes, de indução, etc.

A iluminação por descarga elétrica tem como principais vantagens a elevada eficácia energética e a longa vida útil. As desvantagens estão relacionadas principalmente ao custo de aquisição visto que necessitam de equipamento auxiliar (reator e/ou ignitor) para seu funcionamento. Outras desvantagens são devido ao IRC ser inferior ao das lâmpadas incandescentes e devido à efeitos cintilantes (mais pronunciados em lâmpadas de “rua” – vapor de sódio e mercúrio).

## **2.7 Aparelhos Para Iluminação Elétrica**

Servem para modificar a distribuição espacial do fluxo luminoso e melhorar o rendimento do sistema evitando perdas de fluxo em tetos e paredes. Adicionalmente realizam o controle do ofuscamento, evitando direcionar o fluxo em certos ângulos críticos.

As luminárias são classificadas de acordo com a emissão do fluxo luminoso em relação aos hemisférios inferior e superior.

### **2.7.1 Iluminação Direta**

É a iluminação mais utilizada, instalada no forro, incidindo diretamente de cima para baixo no plano de trabalho, sem reflexão

intermediária (torna a superfície de trabalho mais destacada no ambiente). Apresenta como principais vantagens: eficiência (nenhuma luz é absorvida na reflexão), economia e conveniência (não necessita de grande altura de teto). Apresenta com principal desvantagem a possibilidade de ofuscamento, sombras e reflexões indesejáveis.

### **2.7.2 Iluminação Indireta**

É refletida no teto (ou na parede) antes de chegar ao plano de trabalho (o teto se torna a superfície mais iluminada no ambiente). Luminárias pendentes são normalmente utilizadas (requerendo uma maior altura de teto). A principal vantagem é que o ambiente fica mais confortável, com ausência de sombra. A desvantagem é que o ambiente pode se tornar cansativo, é um sistema mais caro e de baixa eficácia.

### **2.7.3 Iluminação Mista**

Utiliza de luminárias normalmente pendentes, podendo variar nas proporções de iluminação direta e indireta mudando o efeito (80/20 principalmente direta ou 20/80 principalmente indireta). As vantagens são: um alto conforto visual devido à distribuição harmônica de luminâncias entre tarefa, fundo da tarefa, paredes, pisos e teto, mas necessita de maior altura de teto e a instalação é mais cara.

#### **2.7.4 Iluminação de Destaque ou Localizada**

É integrada à iluminação geral. A iluminação de destaque deve ser aplicada através de luminárias específicas com lâmpadas de fecho dirigido e concentrado, para ressaltar a tarefa visual. Fazem parte desse grupo as luminárias de mesa e spots com fecho dirigido. Pode ser utilizada também nas entradas e recepções, marcando o piso e indicando o caminho. A utilização deste tipo de iluminação torna o ambiente mais interessante, atrativo e menos monótono. É indicada principalmente para salas de reunião e destaque de quadros em corredores, tornando estes ambientes mais agradáveis.

#### **2.7.5 Curva Polar**

Determina como é a distribuição do fluxo pela luminária. Trata-se de um gráfico polar onde a luminária encontra-se no ponto (0,0) e traça-se uma curva de intensidade luminosa relativa geralmente a 1000lm.

#### **2.7.6 Classe da Luminária**

A Comissão Internacional de Iluminação (CIE), bem como a Sociedade de Engenharia de Iluminação Americana (IESNA) criaram

classes de luminárias em relação à luminância emitida em certos ângulos. Tratam-se de gráficos de luminância ( $\text{cd/m}^2$ ) em relação aos ângulos críticos compreendidos geralmente entre 45 e 85 graus.

### **2.7.7 Curva Isolux**

Geralmente utilizada para luminárias de iluminação pública. Trata-se de um gráfico que mostra, para uma altura determinada da fonte luminosa, as curvas de isolux no chão.

### **2.7.8 Fator Zonal - Rendimento**

É um gráfico cartesiano com eixo das ordenadas consistindo de ângulo de 0 a 180 graus (em relação ao eixo da fonte luminosa) e abcissas consistindo de percentual do fluxo luminoso total acumulado para esse ângulo. O valor percentual final mostra o rendimento da luminária, ou seja, quantos lúmens que a fonte emite relacionado aos lúmens que efetivamente saem da luminária.

## **2.8 Conforto Visual**

Um ambiente com um conforto visual traz menor cansaço e tensão, favorecendo um melhor estado de saúde e maior produtividade. Deve-se evitar ofuscamentos, reflexões indesejáveis

em telas de computadores, sempre colocando maior nível de iluminação no plano de trabalho. Com uma iluminação correta pode-se melhorar a produtividade, evitando baixa velocidade e falta de precisão no trabalho, cansaço e tensão dos funcionários e redução da motivação.

Um dos principais problemas causados por uma iluminação mal projetada é o ofuscamento e a reflexão da iluminação nas telas dos computadores. Isto ocorre quando a fonte de luz está mal posicionada em relação aos planos de trabalho.

A escolha das luminárias é fundamental. Com refletores parabólicos é possível evitar a reflexão nas telas e proporcionar um bom nível de luz no plano de trabalho. Se o olho humano necessita do contraste de luminâncias para funcionar eficazmente, este contraste não deve ser muito acentuado.

O ofuscamento instantâneo ou permanente aparece quando há uma distribuição muito desigual da luminosidade no campo da visão. O ofuscamento é uma modificação rápida no nível de luminosidade no olho, que acarreta uma queda da sensibilidade à luz e à perda da sensibilidade diferencial ao contraste de luminâncias. O efeito depende da intensidade da fonte luminosa perturbadora e sobretudo do tempo de exposição a esta.

O ofuscamento permanente é muito freqüente na indústria, onde a luminância elevada de uma janela, por exemplo, “pesa” continuamente numa parte do campo visual. Deve-se eliminar, sempre que possível, as fontes de ofuscamento constituídas normalmente por lâmpadas nuas e superfícies brilhantes.



“Para reduzir o ofuscamento não devem encontrar-se no campo visual superfícies com níveis de luminância superiores a 2.000 cd/m<sup>2</sup> e devem ser evitadas superfícies de trabalho brilhantes” (Costa, 2000, p. 241). Quanto ao ofuscamento provocado por fontes luminosas, o seu efeito é facilmente sentido para ângulos de visão inferiores a 30°. Além disso, deve-se evitar a incidência direta da luz solar.

## **2.9 Iluminação e Segurança do Trabalho**

No âmbito do trabalho, no Brasil, a NR 17 prescreve as condições relativas a iluminação em locais de trabalho, relacionando-as à NBR5413 quanto à intensidade e adicionando recomendações quanto à sua qualidade.

Até 1.990, no Brasil, a Norma Regulamentadora nº 15 (NR 15) do Ministério do Trabalho, em seu anexo 4, exigia o pagamento de adicional de insalubridade aos empregados submetidos a níveis de iluminação inferiores aos determinados pela Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), os quais entravam em contradição com os determinados pela NBR 5413, sendo os da CLT mais elevados. “A Portaria nº 3.751 de 23 de novembro de 1.990, tendo como objetivo economizar energia e alinhar-se às diretrizes da CIE, revogou o anexo 4, o item 4 do Quadro Graus de Insalubridade e o subitem 15.1.2 da NR 15, retirando o direito do empregado ao adicional de insalubridade devido à insuficiência de iluminação no local de trabalho” (Costa, 2000, p. 27). A exigência do nível de iluminação passou, então, para a

NR 17 em seu item 17.5.3, referido à NBR 5413. A mesma portaria em seu artigo terceiro delegou aos empregadores e trabalhadores, através de acordo coletivo de trabalho, um cronograma para adequarem-se gradualmente ao disposto na NR 17, com um prazo máximo de cinco anos.

### **2.9.1 Problemas em Locais de Trabalho Relacionados com Iluminação Inadequada**

Os seguintes problemas estão relacionados com deficiência de iluminação em locais de trabalho:

- Iluminação insuficiente ocasiona fadiga visual com risco de acidente na operação de máquinas;
- Efeito estroboscópico pode ocasionar acidentes com máquinas girantes devido à persistência visual;
- Fontes ofuscantes (ofuscamento direto) ou reflexos (ofuscamento indireto) causam fadiga visual;
- Sombras indesejadas devido a uma fonte puntiforme (má distribuição) podem prejudicar a tarefa aumentando o risco de acidentes;
- Fontes com baixo índice de reprodução de cores pode ocasionar confusão na interpretação da tarefa podendo levar a acidentes;

- Tarefas com baixo contraste fundo-objeto (luminâncias próximas) causam fadiga visual - exigindo um maior nível de iluminância;
- Excesso de contraste também causa fadiga visual;
- Projetos de iluminação que não levam em conta a acuidade visual do trabalhador (acuidade de resolução e de reconhecimento) que diminui com a idade pode aumentar o risco de acidentes para os mais velhos;
- Tarefas que exigem acomodação visual rápida (alternância do foco) causam fadiga aumentando o risco de acidente;
- Tarefas que exigem adaptação visual rápida (alternância de luminâncias - abre e fecha da pupila) causam fadiga aumentando o risco de acidente;
- Ambientes com cores "estranhas" podem afetar psicologicamente o trabalhador diminuindo sua atenção à tarefa;
- Ambientes com má distribuição de iluminâncias com pontos claros e escuros podem aumentar o risco de acidentes.

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 Descrição do local**

Localizam-se no subsolo da Biblioteca Central da UFSM os acervos bibliográficos, quiosque computacional e portal de periódicos para pesquisas bibliográficas que permite o acesso dos usuários. Possui ainda, o setor de microfilmagem e salas administrativas com acesso restrito aos funcionários. A planta baixa está apresentada na Figura 7.

No acervo o usuário faz a consulta bibliográfica, retirando o volume para empréstimo ou lendo no próprio local, em mesas localizadas nas áreas indicadas nas Figuras 9 e 10.

Trabalham no acervo funcionários que organizam, recolocam os volumes devolvidos aos seus locais nas estantes e auxiliam o usuário na pesquisa bibliográfica. O horário de funcionamento da biblioteca é das 7h às 21h de segunda a sexta-feira. A jornada de trabalho é de 8h diárias.

A área dos acervos é de aproximadamente 1.800m<sup>2</sup>. O pé direito é de 2,65m. O teto é revestido com “forro pacote”. O subsolo possui tubulação em toda a sua extensão para condicionadores de ar centrais, os quais estão desativados. Embaixo destas tubulações o pé direito se reduz até 2,30m. O forro apresenta uma refletância de 50%. O piso é do tipo “paviflex”. Este tipo de piso apresenta uma refletância de 10%. As paredes são claras, com uma refletância de 50%. As janelas possuem um peitoril de 2,20m e uma altura de 0,60m e se estendem

pelos lugares mostrados nas Figuras 7, 8, 9, 10 e 11. Todas são gradeadas tendo em vista a segurança patrimonial. Junto ao jardim, as janelas têm um peitoril de 1,20m.

A maioria das luminárias existentes é embutida no forro. Utilizam 3 lâmpadas fluorescentes de 40W de TCCs diferentes. Possuem reator eletromagnético de partida rápida (um de 2x40W e um de 1x40W). Estas luminárias são de aço esmaltado, sendo que originalmente possuíam difusor de acrílico leitoso com uma transmitância aproximada de 60%. A maioria dos difusores foi retirado devido ao amarelamento permanecendo as luminárias com as lâmpadas nuas. Em parte do acervo leste não há forro pacote, somente teto rebocado com argamassa e pintado e as luminárias são do tipo fluorescente comercial de 4x40W (2 reatores de 2x40W). Os acervos possuem 178 luminárias de 3x40W e 24 luminárias de 4x40W resultando em uma potência instalada de 29,61kW para iluminação (incluindo os reatores), conforme Quadro 4.

QUADRO 4 - Carga instalada em iluminação

ITEM	POTÊNCIA com reator (W)	QUANTIDADE	SUBTOTAL (W)
Luminária 3x40W	141	178	25.098
Luminária 4x40W	188	24	4.512
TOTAL (W)			29.610

Os livros estão dispostos em estantes metálicas de dimensões e afastamentos, conforme Figuras 8, 9, 10 e 11 (hachuradas). A distribuição das luminárias estão apresentadas nas Figuras 8, 9, 10 e 11. A distância entre as luminárias é de aproximadamente 3m x 3m.

Observa-se que a distribuição das luminárias não está adequada à distribuição das estantes. Isto implica em uma iluminação deficiente em muitos pontos. Agrava-se a situação pelo fato do pé direito ser baixo (2,65m) e as estantes terem 2,20m de altura, ocasionando sombra em muitos locais.

Vê-se claramente que o projeto luminotécnico foi feito para uma iluminação horizontal “clássica” para um plano de trabalho, não levando em conta as peculiaridades da distribuição vertical das estantes.

### **3.2 Materiais e Métodos**

Este trabalho é um estudo de caso pois descreve uma solução aplicada em um único local. Mas, a metodologia aqui aplicada pode servir de base para outros estudos similares.

Este estudo de caso investiga um fenômeno contemporâneo, considerado aqui como a busca por uma melhor qualidade de vida do homem melhorando a sua relação com o trabalho.

### 3.3 Procedimentos

Foram realizadas medições da iluminância vertical e horizontal em vários locais. Utilizou-se um luxímetro portátil marca Hagner modelo EC1-X, com cosseno corrigido, filtro para curva CIE, precisão de 3%, calibrado em 15/07/2003 por Almont do Brasil, número de série 8593 e número de patrimônio UFSM-006.809. O fabricante recomenda recalibragem a cada 3 anos.

Estas medições foram realizadas às 15h do dia 14 de setembro de 2004 em dia claro com ausência de nebulosidade.

Mediram-se as iluminâncias verticais em várias estantes em diversos locais do acervo e verificaram-se valores muito dispersos, desde 10lux até 600lux, com uma incidência maior para valores em torno de 100 a 150lux. Em uma mesma estante, por exemplo, no sentido vertical, se tem 500lux no topo e 50 lux na parte inferior.

Também, foram medidas as iluminâncias horizontais nos recintos de leitura, sala administrativa e setor do portal de periódicos e quiosque. Nos locais de leitura a distribuição da iluminância não apresenta homogeneidade, apresentando valores desde 100lux até 400lux, com a média abaixo dos 500lux recomendados. Na sala administrativa, a iluminância horizontal ao nível do trabalho apresenta-se mal distribuída, tendo desde 50lux até 250lux, muito abaixo dos 500lux recomendados.

No quiosque a iluminância média verificada encontra-se em torno de 500lux, devido à proximidade da janela do jardim. No portal de periódicos verificou-se uma iluminância média de 300lux. Porém,

nestes locais, verificou-se o problema do ofuscamento reflexivo nas telas dos computadores, principalmente os que estão com a face do monitor voltada para o jardim (que são a maioria), visto que as janelas do jardim não possuem cortina.

Junto ao setor de triagem dos volumes devolvidos, localizada ao lado dos elevadores “monta-cargas” verificou-se uma iluminância média ao nível do trabalho (80cm) de 250lux, bem abaixo dos 500lux recomendados.

Verificou-se também que, nos locais onde a luminária se encontra exatamente sobre a estante, alguns volumes encontram-se “amarelados” evidenciando a grande quantidade de radiação ultravioleta recebida.



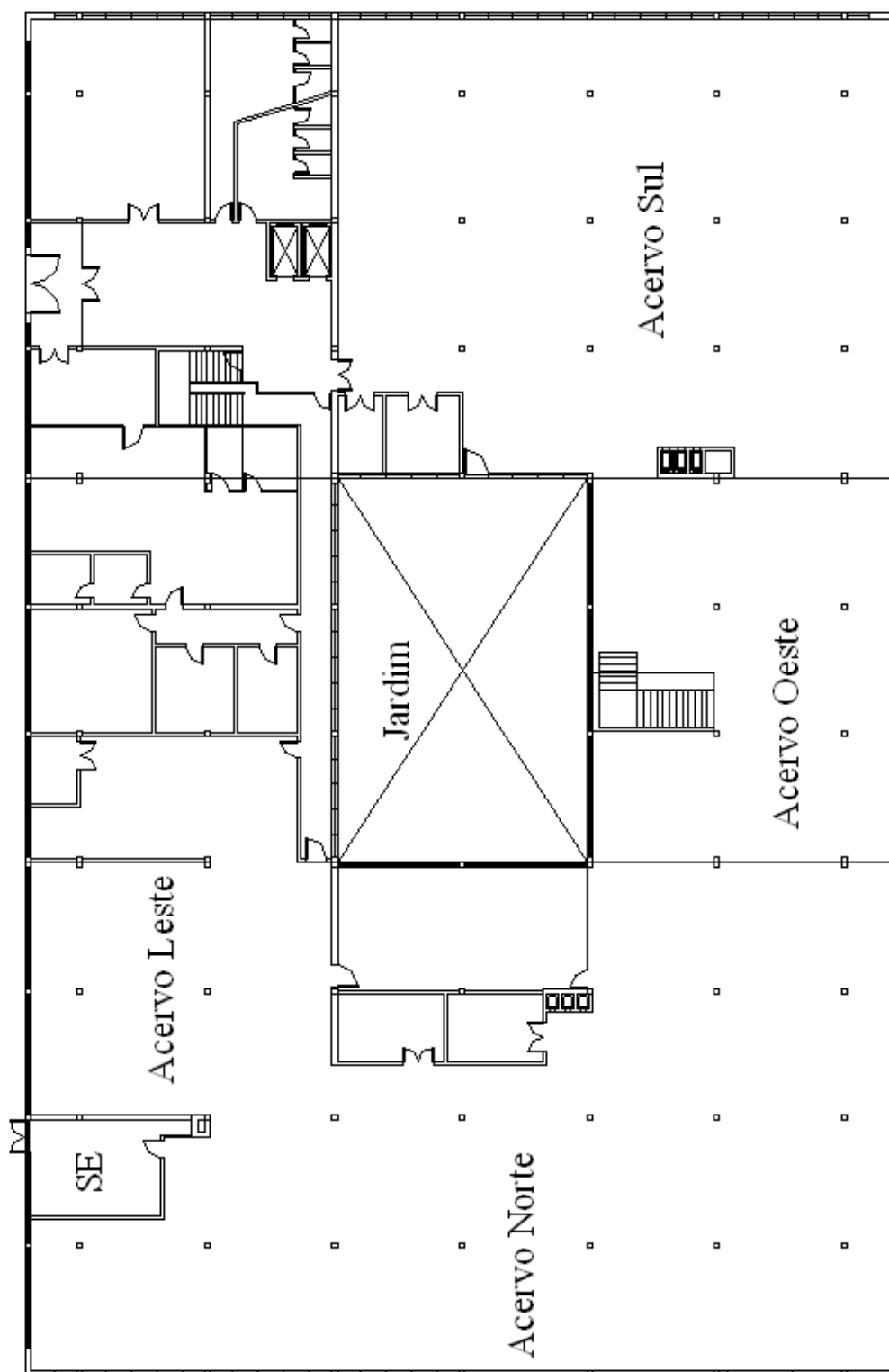


FIGURA 7 - Planta arquitetônica do subsolo da biblioteca

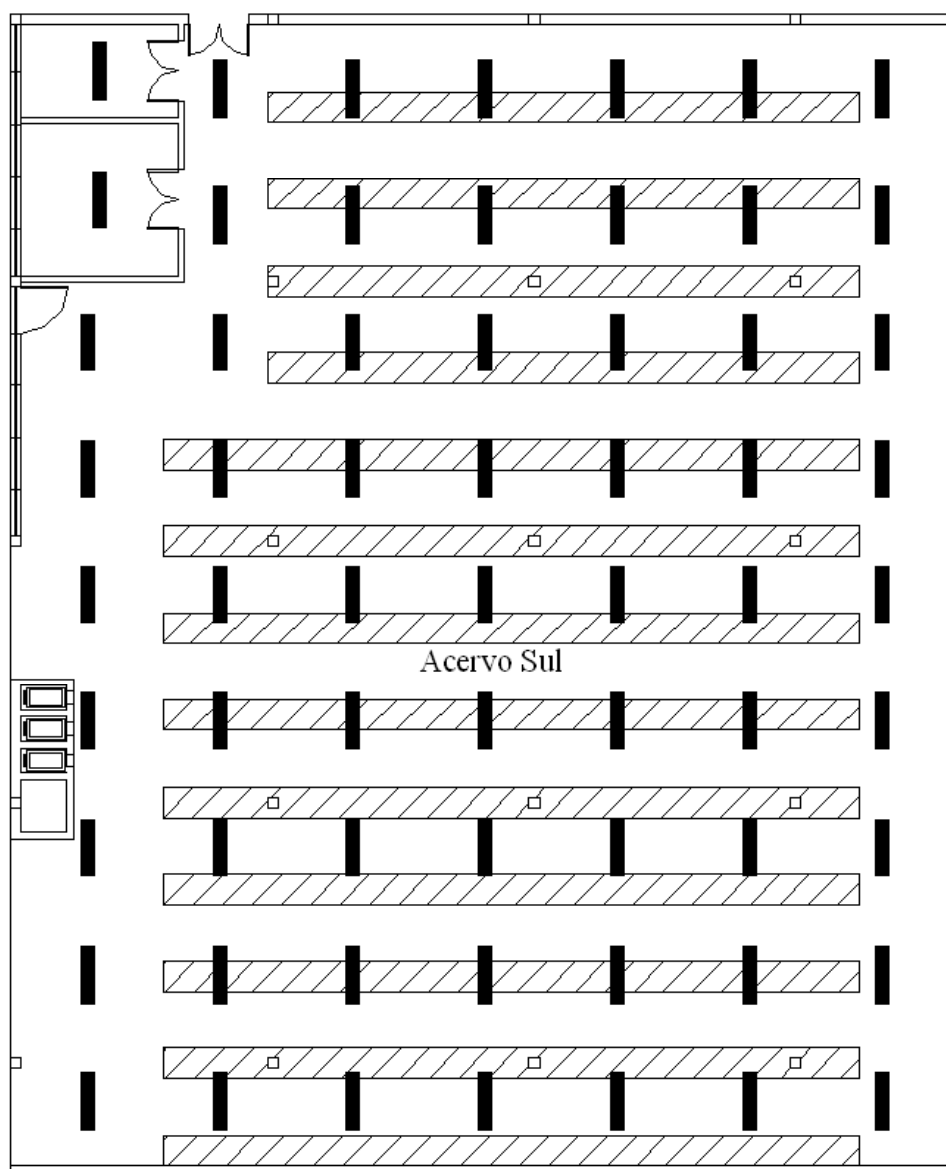


FIGURA 8 - Leiaute do acervo sul

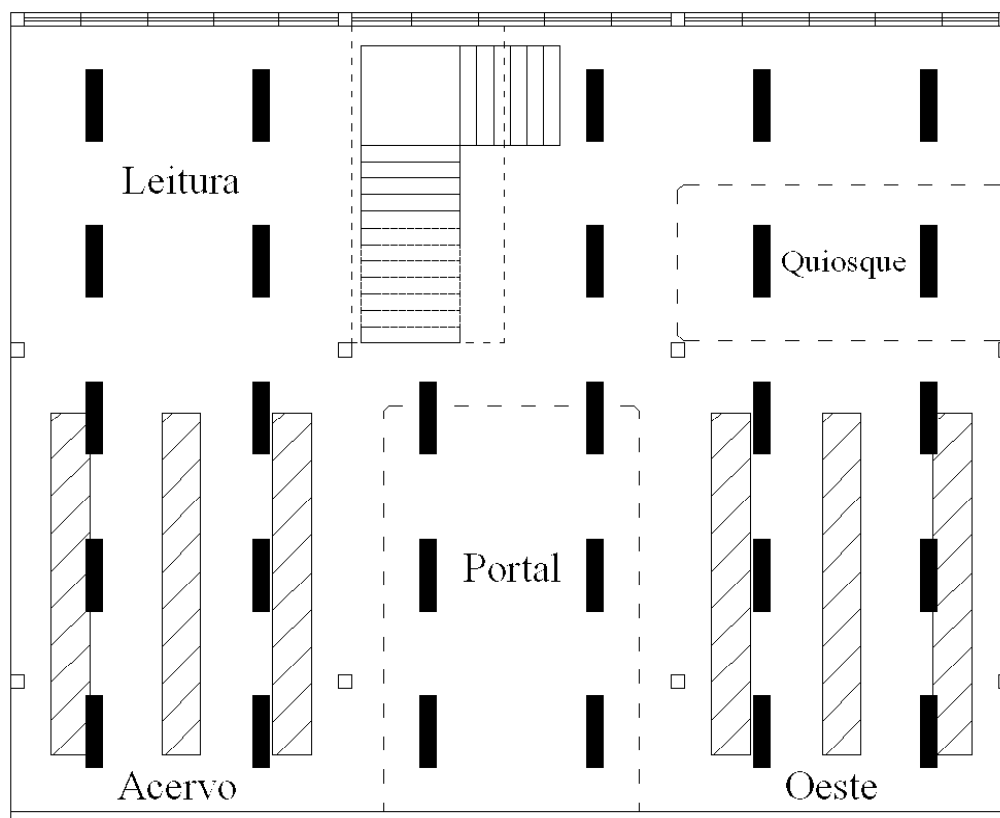


FIGURA 9 - Leiaute do acervo oeste

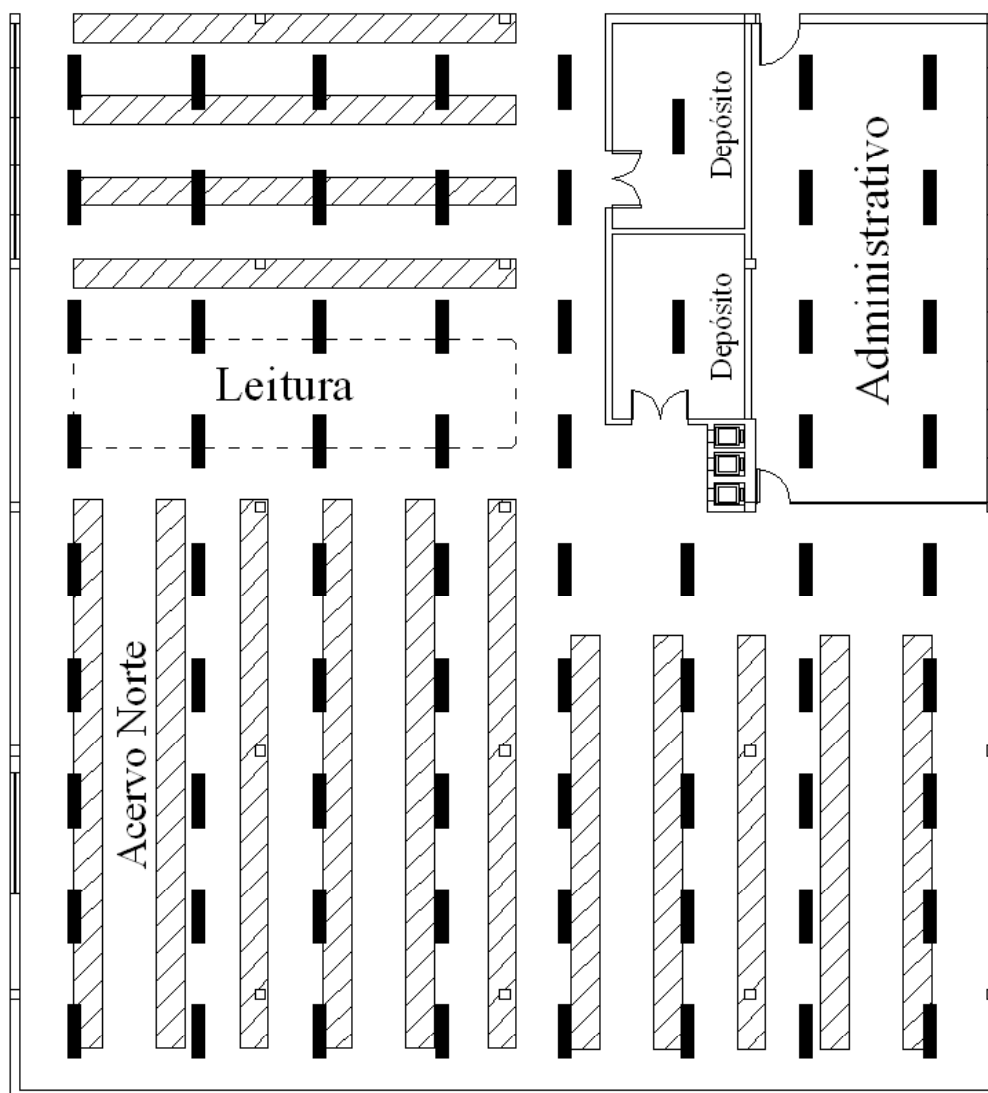


FIGURA 10 - Leiaute do acervo norte

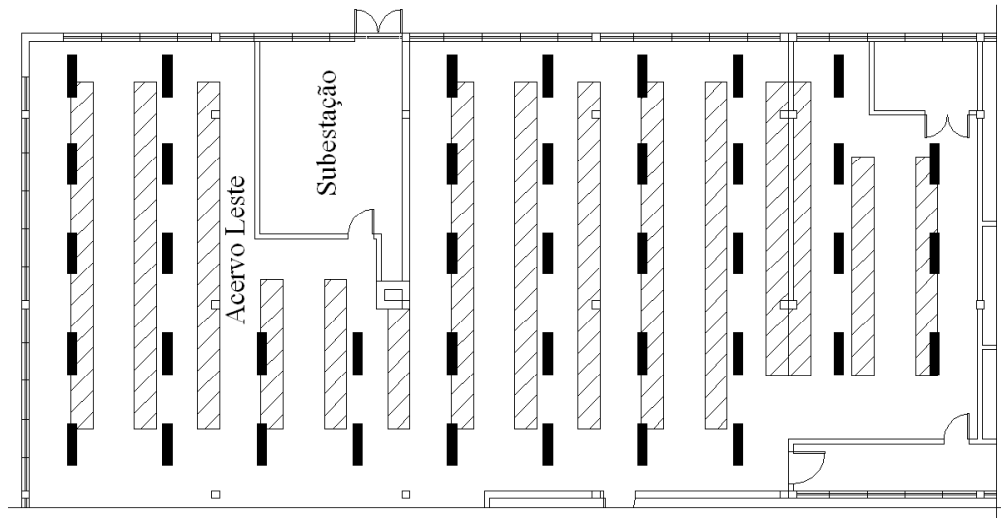


FIGURA 11 - Leiaute do acervo leste

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 Modelo Proposto**

#### **4.1.1 Para o Acervo**

A iluminação natural deveria ser a primeira escolha para todo o tipo de recinto, visto que é gratuita. Mas a mesma não está presente à noite e devido ao leiaute do acervo, não é possível considerar sua utilização para o recinto das estantes.

Para iluminação das estantes se propôs o leiaute como apresentado nas Figuras 12 e 14, com as luminárias instaladas em linha com altura de 2,20m no espaço intermediário entre as estantes.

Sugere-se a utilização de lâmpadas fluorescentes com TCC de 4000K, com IRC 1B ( $\pm 80\%$ ) de 32W com fluxo nominal de 2.700 lm.

A escolha é justificada pelos seguintes motivos:

- a lâmpada fluorescente de 32W está se tornando o padrão de mercado atual, por isso oferece o melhor “custo-benefício”;
- a lâmpada de 32W tem uma eficácia 20% superior à lâmpada fluorescente de 40W, além do diâmetro reduzido, o que melhora o rendimento da luminária devido à redução do “efeito sombra” da própria lâmpada;
- a temperatura de cor de 4000K é a mais adequada à situação visto que as lâmpadas fluorescentes de cor fria emitem mais radiação ultravioleta, não sendo recomendada a sua

utilização neste tipo de recinto, pois aceleram a deterioração do papel;

- as cores quentes não são aconselháveis para recintos de trabalho visto seu efeito psicológico de “recolhimento”, “descanso” e sensação de “calor”, o que poderia acentuar a sensação de “abafamento” no acervo;
- a eficácia da lâmpada fluorescente é muito superior à da lâmpada dicróica, cuja emissão de ultravioleta é quase nula – a utilização de iluminação dicróica, além de cara, necessita de uma manutenção constante, visto sua vida útil demasiadamente curta. A relação custo-benefício recai novamente sobre a fluorescente.

Se propôs a utilização de reatores eletrônicos de alto fator de potência (maior ou igual a 0,98), com fator de fluxo maior ou igual a 100% e com baixa taxa de distorção harmônica (menor que 10%). A escolha é justificada pelos seguintes motivos:

- reatores eletrônicos são mais eficientes do que os eletromagnéticos;
- a retificação da fonte alternada de 60Hz, sua estabilização e sua inversão para 20kHz resultam em eliminação total do efeito estroboscópico e excelente conforto visual, aumento da vida útil da lâmpada devido à operação com tensão estabilizada;
- “partida” suave da lâmpada, ao contrário do eletromagnético, o que proporciona aumento da vida útil da mesma;

- redução do ruído, redução do peso e redução da emissão de calor em relação ao eletromagnético;
- um fator de fluxo de 100% significa que a lâmpada irá emitir 100% do seu fluxo luminoso nominal, comparado com o fator de fluxo de 80% de um reator eletromagnético.

Completando o conjunto, propõe-se a utilização de luminária de alto rendimento, revestida internamente com alumínio anodizado brilhante, com controle de ofuscamento no sentido longitudinal mediante utilização de aletas foscas.

Com a redução do diâmetro nominal das lâmpadas fluorescentes, faz-se necessário um controle de ofuscamento. Uma lâmpada de 32W apresenta um diâmetro de 26mm e um comprimento de 1,20m. A mesma produz em torno de 2.700lm ( $\eta = 85 \text{ lm/W}$ ) produzindo uma intensidade de:

$$I_0 = \frac{\Phi}{\pi^2} = \frac{2.700}{\pi^2} = 274 \text{cd} \quad (16)$$

Onde a fórmula acima serve para o cálculo da intensidade de um cilindro difuso.

E uma luminância de:

$$L = \frac{I_0}{A_{\text{aparente}}} = \frac{274}{1,20 \cdot 0,026} = 8.780 \text{cd/m}^2 \quad (17)$$

Este valor, para esta altura da fonte luminosa, apresenta alto grau de ofuscamento. Por isso torna-se necessário “cobrir” a fonte luminosa através de uma luminária com um adequado controle do fluxo luminoso.



Salienta-se que brilhos a partir de  $2.000\text{cd}/\text{m}^2$  no campo visual em recintos fechados provocam um desconforto visual por ofuscamento.

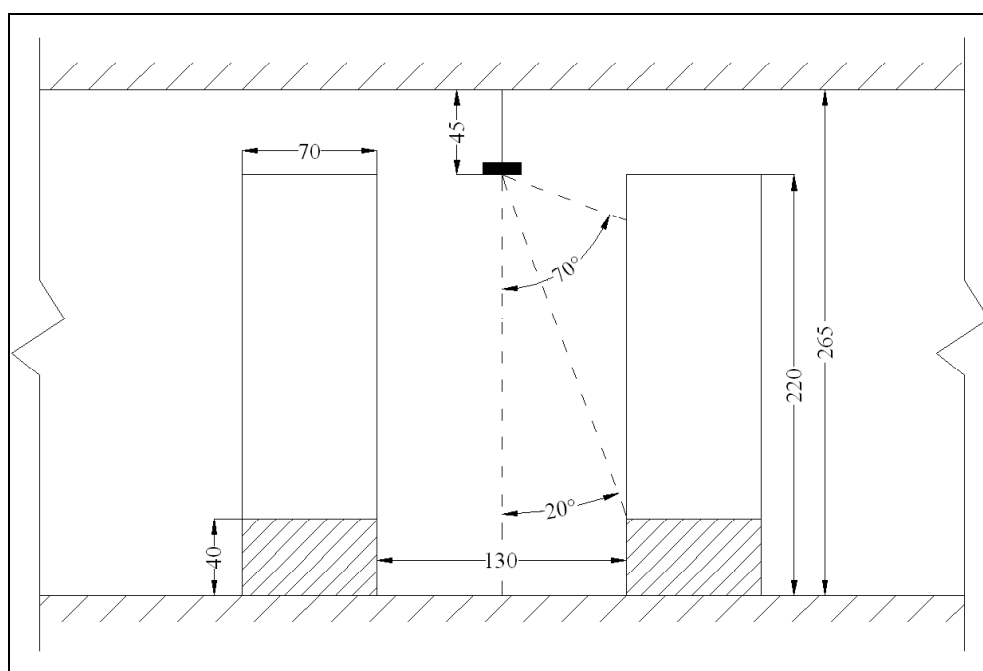


FIGURA 12 - Leiaute das estantes

Observando-se a Figura 12, se nota que se faz necessária uma iluminância vertical para a pesquisa dos volumes nas estantes. Na NBR 5413 recomenda-se uma iluminância média de 300 lux no recinto das estantes de biblioteca, não se referindo se é a iluminância horizontal ou vertical.

Considerando-se que a informação (código do livro) encontra-se escrita em uma etiqueta branca com letras pretas, utilizando-se uma

iluminância vertical de 300 lux, a luminância do papel ( $\rho_p = 0,9$ ) fica em:

$$L_p = \frac{\rho_p \cdot E}{\pi} = \frac{0,9 \cdot 300}{\pi} = 86 \text{ cd/m}^2 \quad (18)$$

Acima de  $60 \text{ cd/m}^2$  (recomendado para 300 lux).

E a luminância da letra ( $\rho_l = 0,3$ ) fica em:

$$L_l = \frac{\rho_l \cdot E}{\pi} = \frac{0,3 \cdot 300}{\pi} = 27 \text{ cd/m}^2 \quad (19)$$

Onde  $\rho_p$  e  $\rho_l$  são a refletância do papel e da letra, respectivamente.

Resultando em um contraste em torno de:

$$C = \frac{|L_p - L_l|}{L_p} = 0,67 \quad (20)$$

Nos setores onde encontram-se os periódicos, estes não são etiquetados e a localização dos volumes deve se dar por leitura direta na borda. Os contrastes, então, são bem variáveis, bem como há variações de luminâncias (brilho).

Observando-se no Quadro 1, vê-se que, com um contraste médio e 300 lux de iluminância, para uma distância olho-objeto de 50cm, distingue-se detalhes de até 0,33mm, adequado ao tamanho da letra.

Para proporcionar este nível de iluminação vertical, necessita-se determinar a curva polar transversal ideal (em candelas) que a fonte luminosa deve emitir.

Considerando que a distância fonte luminosa e objeto é inferior a um quinto da dimensão da fonte, esta, para efeito de cálculo de iluminância pontual, não pode ser considerada puntiforme. Neste caso, pode-se considerar uma fonte linear plana, admitindo-se um comprimento  $c$ , altura  $h$  e distância  $x$  da fonte ao ponto considerado, como mostra a Figura 13.

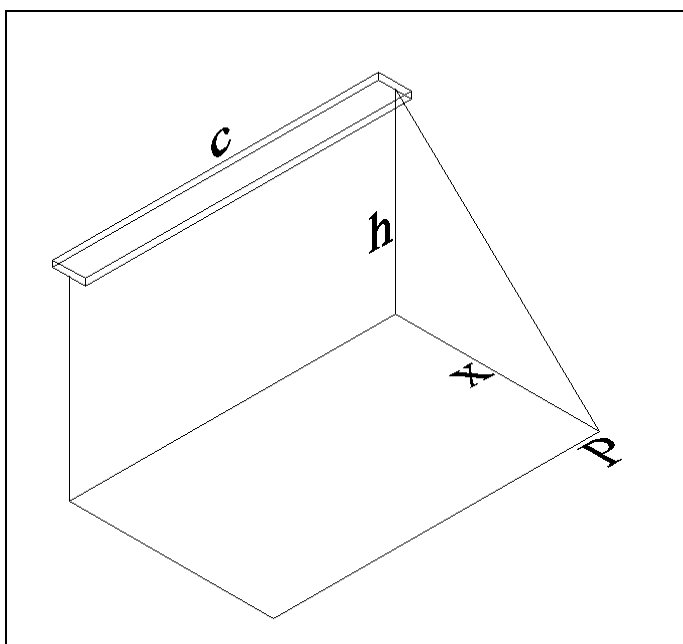


FIGURA 13 - Fonte linear plana

A iluminância horizontal no ponto P, devido à fonte linear plana é dada por:

$$E_h = \frac{I_\alpha \cdot h^2}{2 \cdot c \cdot (x^2 + h^2)} \left[ \frac{c}{x^2 + c^2 + h^2} + \frac{1}{\sqrt{x^2 + h^2}} \cdot \text{arctg} \left( \frac{c}{\sqrt{x^2 + h^2}} \right) \right] \quad (21)$$

E a relação entre iluminância horizontal e vertical é:

$$E_v = E_h \cdot \text{tg}(\alpha) \quad (22)$$

Onde  $\alpha$  é o ângulo formado entre a vertical e a linha que une a fonte luminosa e o ponto de incidência do fluxo luminoso, como mostra a Figura 13.

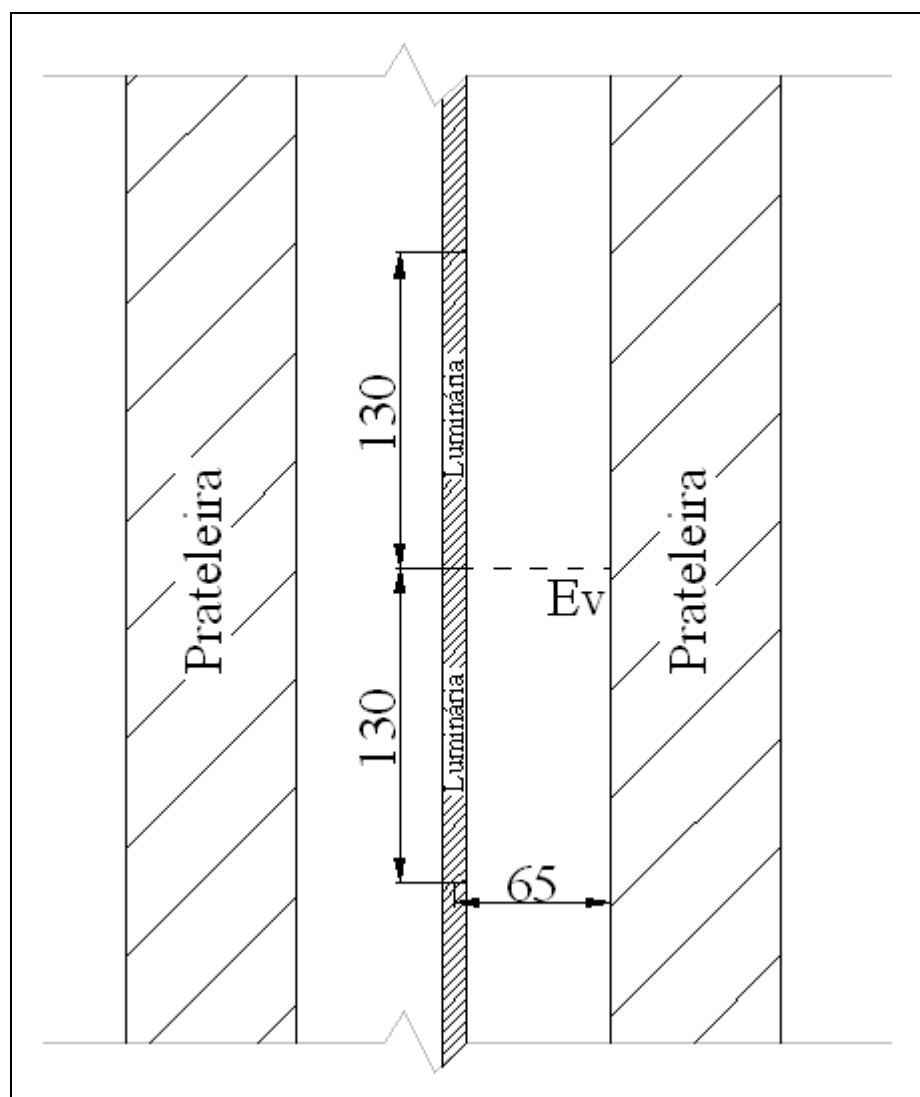


FIGURA 14 - Leiaute das luminárias

Variando-se  $\alpha$  de  $20^\circ$  a  $70^\circ$ , como mostra a Figura 12, determinam-se os diversos valores da intensidade  $I_\alpha$  necessários para ter 300 lux em cada ponto, bem como a curva ideal para proporcionar a iluminância desejada, conforme o Quadro 5.

QUADRO 5 - Intensidade em função do ângulo

<b>Ângulo (graus)</b>	<b>h (m)</b>	<b>x (m)</b>	<b>Ev (lux)</b>	<b>Eh (lux)</b>	<b>c (m)</b>	<b>Ia (cd)</b>
<b>20</b>	1,79	0,65	300	824	1,30	2169
<b>25</b>	1,39	0,65	300	643	1,30	1307
<b>30</b>	1,13	0,65	300	520	1,30	913
<b>35</b>	0,93	0,65	300	428	1,30	697
<b>40</b>	0,77	0,65	300	358	1,30	576
<b>45</b>	0,65	0,65	300	300	1,30	503
<b>50</b>	0,55	0,65	300	252	1,30	461
<b>55</b>	0,46	0,65	300	210	1,30	444
<b>60</b>	0,38	0,65	300	173	1,30	449
<b>65</b>	0,30	0,65	300	140	1,30	498
<b>70</b>	0,24	0,65	300	109	1,30	547

De posse da intensidade necessária para cada ângulo, traça-se a curva polar, como se vê nos dois traços cheios da Figura 15.

Para os cálculos anteriores desconsideraram-se as contribuições das reflexões do piso e teto, visto que, pelo seu pequeno coeficiente de reflexão, pouco contribui para o resultado final. Adicionalmente, considerou-se a contribuição de somente duas fontes para a iluminância no ponto dado, visto que as luminárias a montante e a

jusante do conjunto pouco influem no resultado, devido à utilização das aletas transversais.

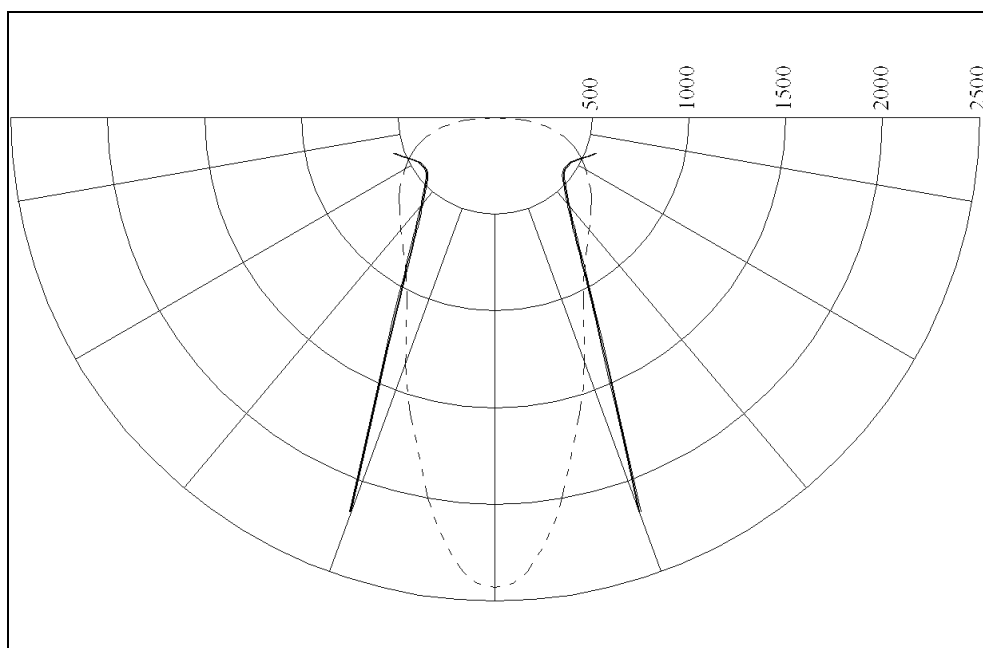


FIGURA 15 - Curva polar

Em consulta a modelos de luminárias que mais se aproximassem à curva ideal conforme Figura 15, sugerimos o modelo SLIM 511 1 32W do fabricante INDELPA, que é uma luminária de alto rendimento (70,2%), com controle de ofuscamento classe CIE A/500 para uma lâmpada fluorescente de 32W, que apresenta a curva polar transversal mostrada na linha pontilhada da Figura 15. No quadro 6 apresenta-se a iluminância vertical de 20° a 70° considerando-se a utilização da luminária. Novamente está se

desconsiderando as reflexões do piso, teto e paredes e iluminação natural.

QUADRO 6 - Iluminância em função do ângulo

<b>Ângulo (graus)</b>	<b>H (m)</b>	<b>x (m)</b>	<b>c (m)</b>	<b>Ia (cd)</b>	<b>Ia' (cd)</b>	<b>Eh (lux)</b>	<b>Ev (lux)</b>
<b>20</b>	1,79	0,65	1,30	2169	1350	513	187
<b>25</b>	1,39	0,65	1,30	1307	1082	532	248
<b>30</b>	1,13	0,65	1,30	913	918	523	302
<b>35</b>	0,93	0,65	1,30	697	826	507	355
<b>40</b>	0,77	0,65	1,30	576	756	470	394
<b>45</b>	0,65	0,65	1,30	503	697	416	416
<b>50</b>	0,55	0,65	1,30	461	648	354	422
<b>55</b>	0,46	0,65	1,30	444	594	281	401
<b>60</b>	0,38	0,65	1,30	449	540	208	360
<b>65</b>	0,30	0,65	1,30	498	487	137	294
<b>70</b>	0,24	0,65	1,30	547	432	86	237

Como pode-se observar no Quadro 6, esta luminária produz uma iluminância vertical mínima de 187 lux em 20° (base da estante – 0,40m do piso) e máxima de 422 lux em 50° (1,65m do piso), tendo uma Ev média de 329 lux e os seguintes fatores:

$$Fator\_de\_Uniformidade = \frac{E_{m\u00e9dio}}{E_{m\u00ednimo}} = 1,75 \quad (23)$$

$$Fator\_de\_Desuniformidade = \frac{E_{m\u00e1ximo}}{E_{m\u00ednimo}} = 2,25 \quad (24)$$

Estando dentro dos limites de conforto visual.

Observando o quadro 6, v\u00ea-se que apenas para 20\u00b0 h\u00e1 um desvio acentuado da ilumin\u00e2ncia vertical  $E_v$ , na base da estante. Nos outros pontos a ilumin\u00e2ncia apresenta-se bem distribu\u00edda.

Em rela\u00e7\u00e3o ao ofuscamento no sentido longitudinal, pode-se observar na Figura 16 e na curva de limita\u00e7\u00e3o de ofuscamento fornecida pelo fabricante que, para 82\u00b0, a lumin\u00e2ncia \u00e9 de 1.200 cd/m<sup>2</sup>, para 76\u00b0 de 2.000 cd/m<sup>2</sup> e para 45\u00b0 de 6.000 cd/m<sup>2</sup>, valores que est\u00e3o dentro do limite para a simples atividade de locomo\u00e7\u00e3o no corredor.

Observa-se ainda que, o piso recebe um fluxo luminoso compreendido entre -17\u00b0 e +17\u00b0, que, calculado pela f\u00f3rmula da fonte linear plana com os dados de  $I_\alpha$  extra\u00eddos da curva polar da lumin\u00e1ria, resulta em  $E_h=420\text{lux}$  em 17\u00b0 e  $E_h=924\text{lux}$  em 0\u00b0, resultando em um  $E_h$  m\u00e9dio de aproximadamente 588lux. Sendo a reflet\u00e2ncia do piso de 10%, este piso emitir\u00e1 uma lumin\u00e2ncia de:

$$L_{piso} = \frac{\rho_{piso} \cdot E}{\pi} = \frac{0,1 \cdot 588}{\pi} = 19 \text{ cd/m}^2 \quad (25)$$



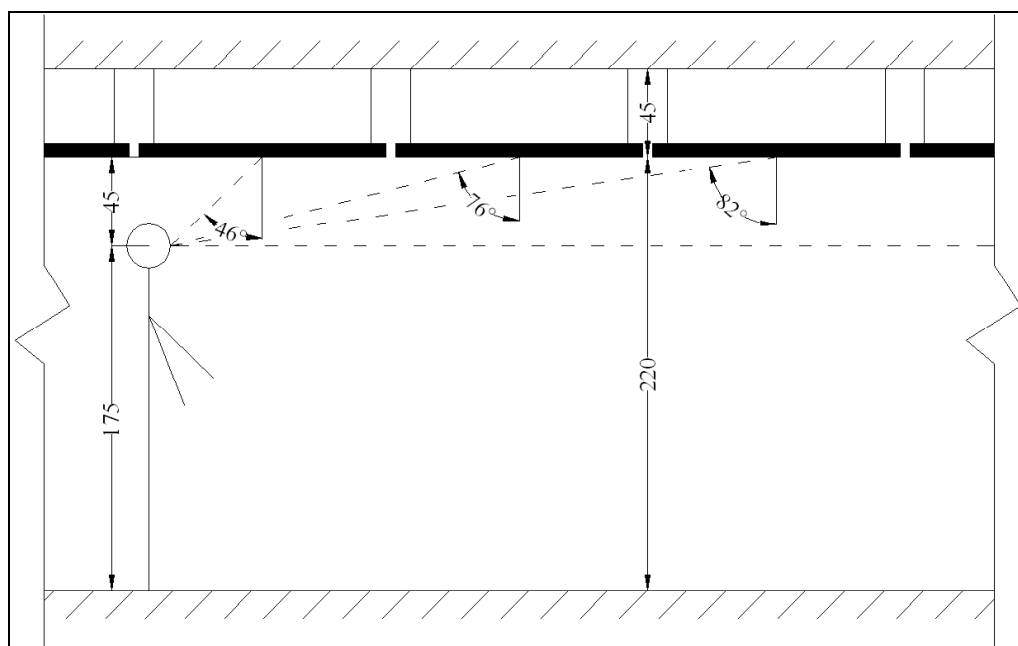


FIGURA 16 – Limitação de Ofuscamento

A luz provoca a degradação da celulose por processo de fotodegradação, rompendo a estrutura da fibra do papel. Esse tipo de degradação é também conhecido como envelhecimento precoce ou acelerado. A redução da incidência da radiação ultravioleta pode ser realizada através de duas maneiras: pela redução da emissão através da colocação de um filtro sobre a fonte a redução do tempo de operação desta fonte.

Sugere-se a instalação de interruptores de acionamento manual em pontos estrategicamente posicionados, para operação das luminárias das estantes, podendo ser desligadas em centros de distribuição ao final do período de funcionamento da biblioteca.

Com a instalação de um interruptor para cada conjunto de 5 luminárias aproximadamente, os efeitos benéficos primários seriam a

redução da exposição do acervo à radiação ultravioleta e a redução do consumo energético, onde o seu acendimento somente se daria quando da efetiva utilização pelo funcionário e/ou usuário.

Para as fluorescentes, é definido em normas técnicas o seguinte ciclo de acendimento para determinação da sua vida útil: 2 horas e 45 minutos ligada e 15 minutos desligada. Este ciclo se repete 24 horas por dia, e daí obtêm-se a vida útil destas lâmpadas. Se esta condição de acendimento for modificada fica muito difícil determinar precisamente a vida útil a ser alcançada pelas lâmpadas. Do lado prático, o que se pode dizer é que se houver uma ausência do ambiente maior do que 15 minutos, vale a pena desligar estas lâmpadas.

#### **4.1.2 Para os Locais de Leitura**

Conforme observado nas Figuras 9 e 10, o subsolo apresenta locais que são destinados à leitura. Estes locais possuem mesas e cadeiras. As mesas têm uma altura de 0,80m do piso e são de fórmica branca fosca.

O tipo de iluminação existente, bem como teto e piso são os mesmos descritos acima para o recinto das estantes.

A NBR5413 recomenda para locais de leitura uma iluminância de 500 lux horizontal no plano de trabalho. Estudos ergonômicos sugerem a seguinte proporção harmoniosa entre luminâncias (Osram, Manual Luminotécnico Prático, p.11):

- Piso: 1;
- Paredes: 2;
- Teto: 3;
- Fundo da tarefa (mesa): 3;
- Tarefa (papel do livro): 10.

Além disso, deve-se evitar superfícies brilhantes, utilizando-se sempre materiais foscos (reflexão difusa).

Com 500 lux no plano de trabalho e com um índice de reflexão do papel branco em torno de 90%, temos uma iluminância (brilho) do papel em torno de:

$$L_p = \frac{\rho_p \cdot E}{\pi} = \frac{0,9 \cdot 500}{\pi} = 143 \text{ cd/m}^2 \quad (26)$$

Então, o piso deve ter 14,3 cd/m<sup>2</sup>, as paredes devem ter 28,6 cd/m<sup>2</sup>, o teto deve ter 42,9 cd/m<sup>2</sup> e o fundo da tarefa deve ter 42,9 cd/m<sup>2</sup>.

Aproximadamente incidem no piso os mesmos 500 lux do plano de trabalho. Conseqüentemente o piso deve ter um índice de reflexão de aproximadamente 10% para ter um luminância de 14,3 lm/m<sup>2</sup>. O piso existente atende o requisito.

O fundo da tarefa (mesa) deve ser fosca e ter um índice de reflexão aproximado de 0,27. Sugere-se a utilização de fórmica fosca para revestimento das mesas em uma tonalidade cinza média ou verde ou madeira clara, as quais apresentam o índice de reflexão requerido.

As “paredes” subentendem-se as adjacências verticais em torno do recinto. As estantes, onde circundam os locais de leitura

apresentam 300 lux verticais. Conseqüentemente, devem apresentar um índice de reflexão de:

$$\rho_e = \frac{\pi.L_e}{E} = \frac{\pi.28,6}{300} = 30\% \quad (27)$$

Isto se aplica a todas as adjacências incluindo janelas, corredores e outros anteparos.

Uma especial atenção deve se dar sobre as janelas. Sugere-se que se coloquem persianas verticais translúcidas junto ao jardim (poço), reguláveis, visto a variação da intensidade da iluminação natural. As mesmas devem permitir regulagem manual.

Quanto ao forro existente, este apresenta um índice de reflexão de 50%. Devido à característica das fontes luminosas, este não recebe uma incidência direta do fluxo, somente por reflexão. Para apresentar a luminância requerida, este deve ter uma iluminância de:

$$E = \frac{\pi.L_f}{\rho_f} = \frac{\pi.42,9}{0,5} = 270lux \quad (28)$$

Considerando-se as reflexões, pode-se inferir que o forro recebe uma iluminância em torno de 150 a 200 lux. Sugere-se a substituição do “forro pacote” existente por um forro com um índice de reflexão maior como gesso. Isso não carece de urgência, mas sua troca será inevitável, pois o forro pacote não se encontra mais no mercado.

Poderia também haver a remoção do forro, revestimento do teto através de argamassa e pintura com tinta clara.

Considerando-se a incidência de 175 lux no forro, este deve ter um índice de reflexão de:

$$\rho_f = \frac{\pi.L_f}{E} = \frac{\pi.42,9}{175} = 77\% \quad (29)$$

Materiais como gesso pintado de branco apresenta o índice de reflexão recomendado.

Para os recintos de leitura recomenda-se a utilização de luminárias revestidas com alumínio anodizado brilhante, de alto rendimento e com controle de ofuscamento médio. Salienta-se que quanto maior o controle de ofuscamento, menor se torna o rendimento. Sugere-se que as luminárias sejam instaladas junto ao forro, com uma altura de montagem de 2,65m, para diminuir a probabilidade de ofuscamento direto.

Em consulta a fabricantes, sugere-se que seja utilizada a luminária do fabricante Lumicenter modelo LPA232, que é uma luminária com aletas fosca planas, com controle de ofuscamento médio, reatores eletrônicos de mesmas características que os anteriores e mesmas lâmpadas. Salienta-se que não se deve trocar a TCC das lâmpadas para se evitar um desconforto visual.

Nas Figuras 17 e 18 encontram-se simulações com a luminária acima para os locais de leitura através do software Lumisoft.

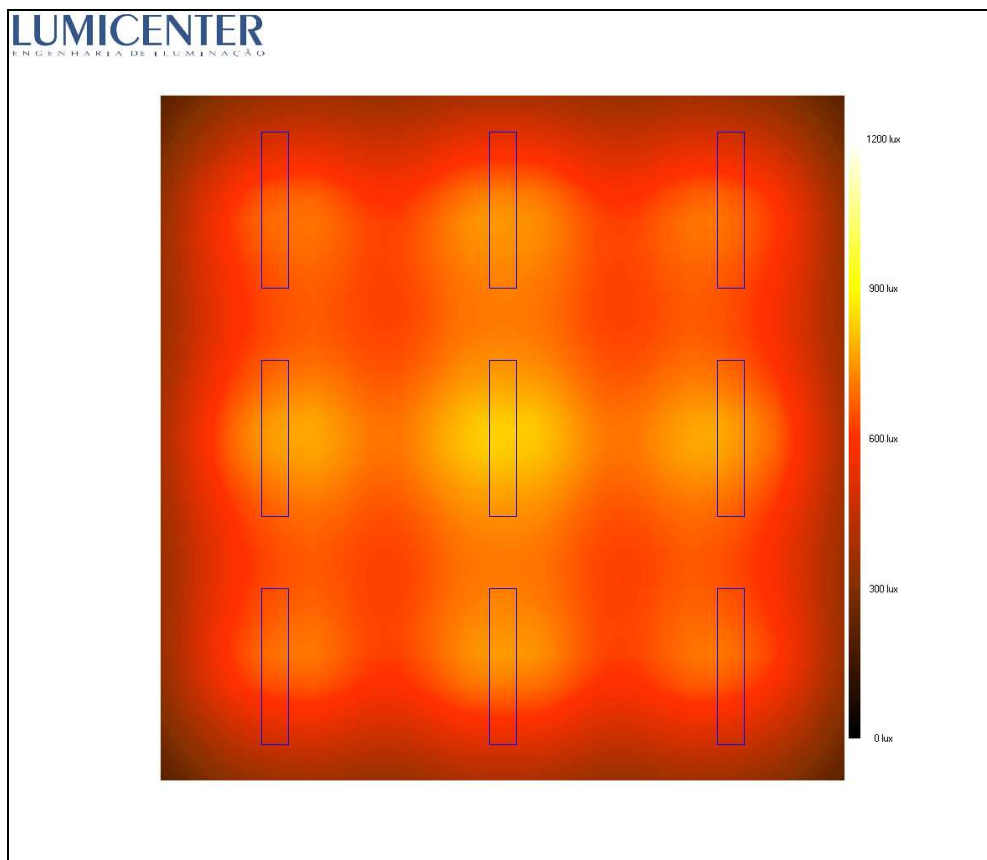


FIGURA 17 - Simulação para sala de leitura do acervo oeste

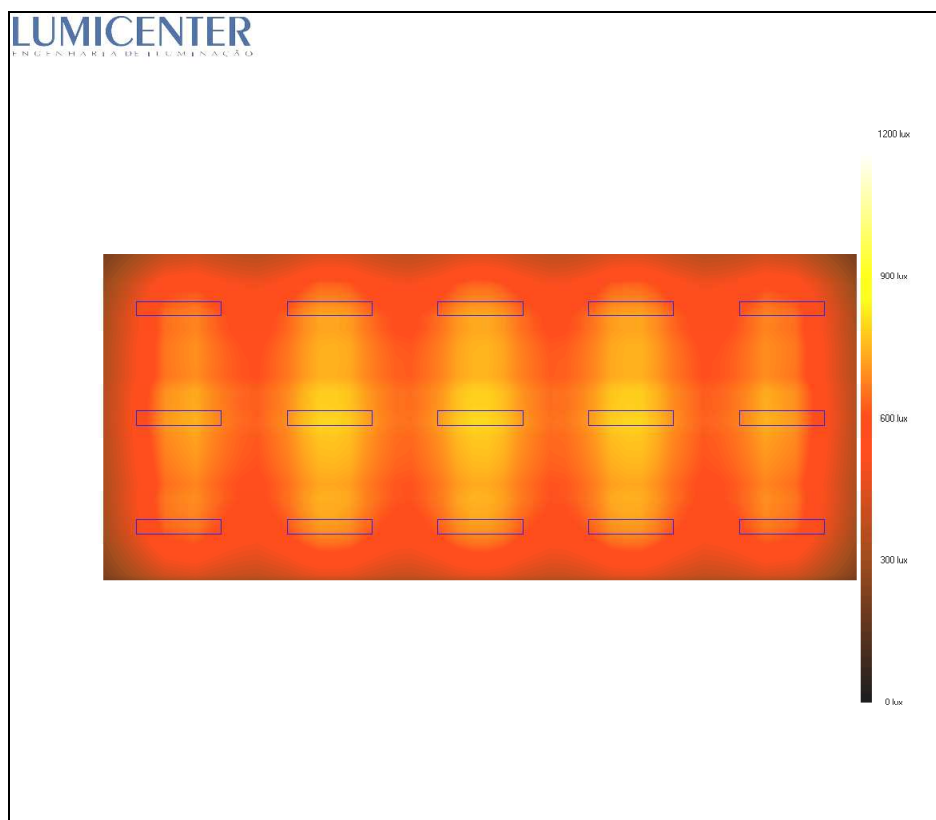


FIGURA 18 - Simulação para sala de leitura do acervo norte

#### 4.1.3 Para os Locais de Consulta Bibliográfica Informatizada

Os requisitos luminotécnicos para ambientes com presença de telas (monitores) são os mesmos do que para salas de leitura, com exceção de que se deve ter um melhor controle de ofuscamento.

Há dois locais no subsolo que apresentam grande quantidade de computadores: quiosque e portal de periódicos.

Em consulta a fabricantes, sugere-se que seja utilizada a luminária do fabricante Lumicenter modelo LAP232, que é uma luminária aletada com aletas brilhantes parabólicas, com alto controle

de ofuscamento. O reator e lâmpadas devem ser os mesmos utilizados anteriormente.

Nas Figuras 19 e 20 encontram-se simulações com a luminária acima para os locais com utilização de computador.

Adicionalmente, sugere-se que os computadores sejam orientados de lado ou “contra” a janela do jardim, para evitar ofuscamento na tela. Além disso, recomenda-se a utilização de persianas verticais com baixa transmitância com regulagem manual da abertura.

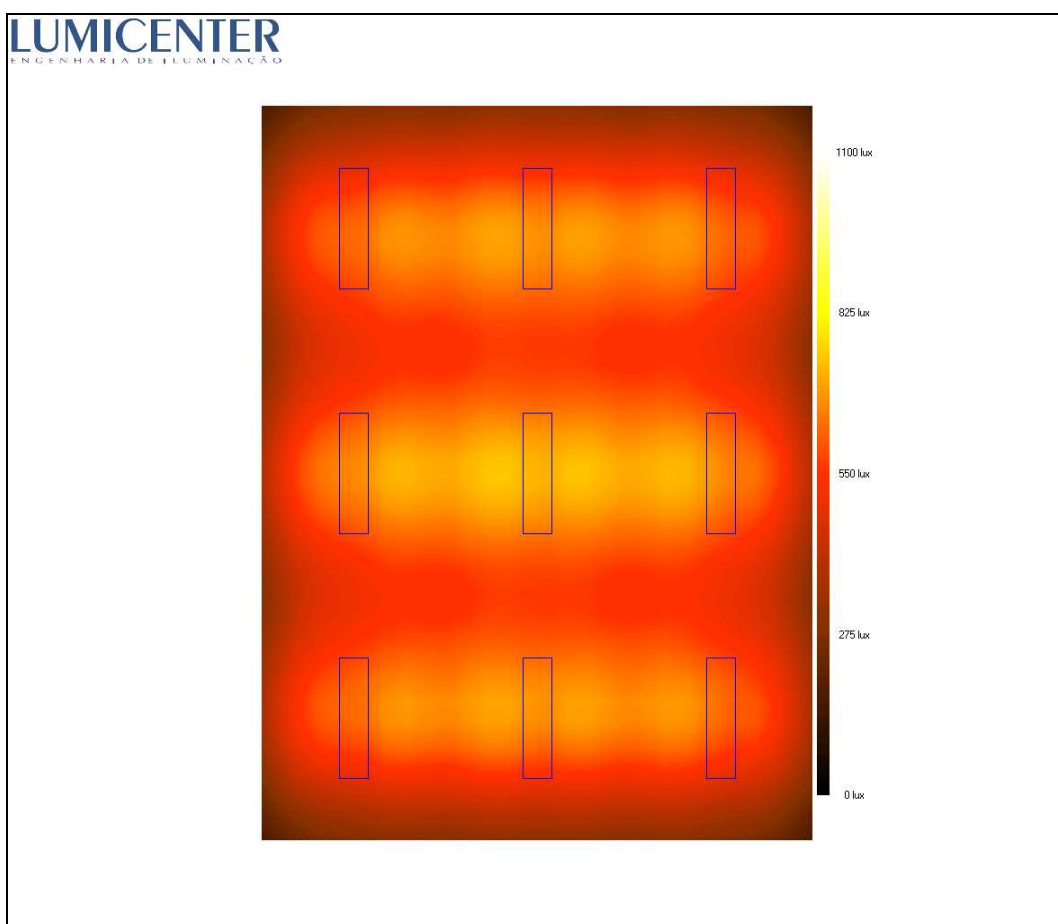


FIGURA 19 - Simulação para o portal no acervo oeste



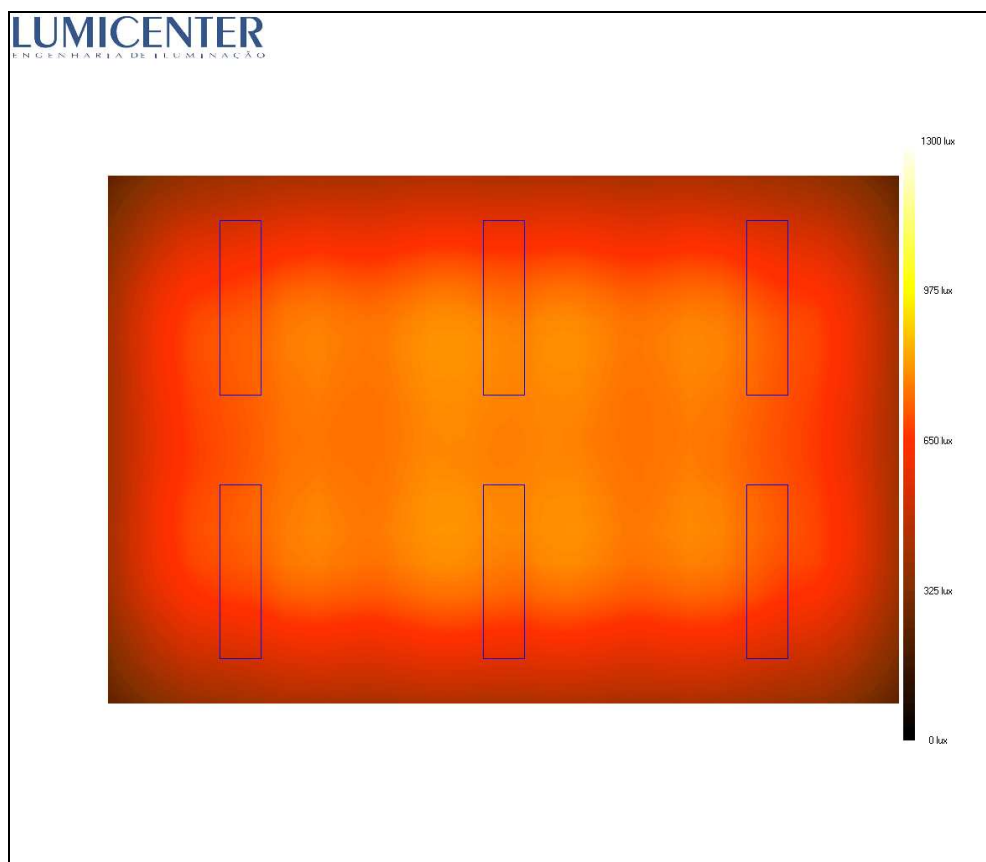


FIGURA 20 - Simulação para o quiosque no acervo oeste

#### 4.1.4 Para os Corredores e Outros Ambientes

Para se evitar diferentes níveis de iluminância, sugere-se 200 lux nos corredores e acessos. Sugere-se ainda a utilização da mesma luminária, reator e lâmpadas utilizadas nas estantes, porém de 2x32W onde necessário.

O leiaute sugerido encontra-se nas Figuras 22, 23, 24 e 25.

Para a sala administrativa do acervo norte sugere-se a instalação da mesma luminária utilizada no recinto para leitura. A simulação se encontra na Figura 21.

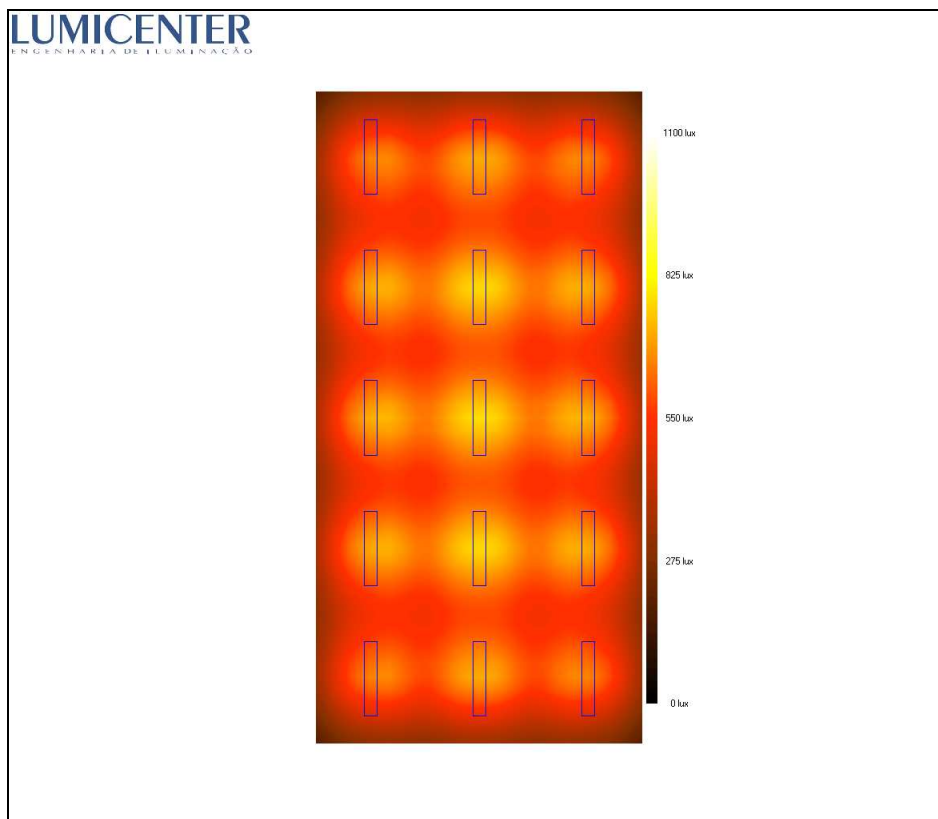


FIGURA 21 - Simulação para a sala administrativa no acervo norte

#### 4.1.5 Sugestão de Leiaute de Luminárias

Sugerem-se os leiautes indicados nas Figuras 22, 23, 24 e 25.

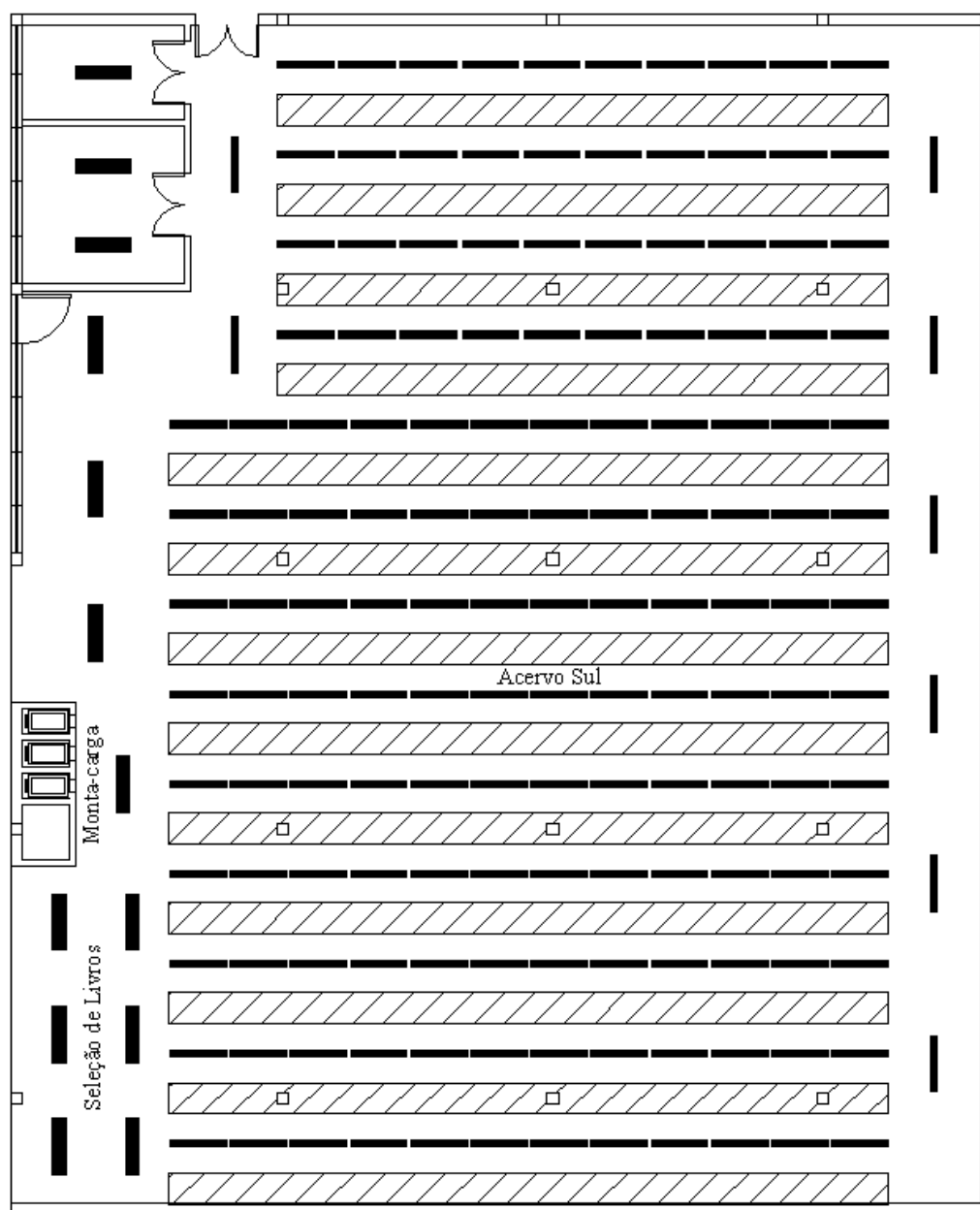


FIGURA 22 - Leiaute sugerido acervo sul

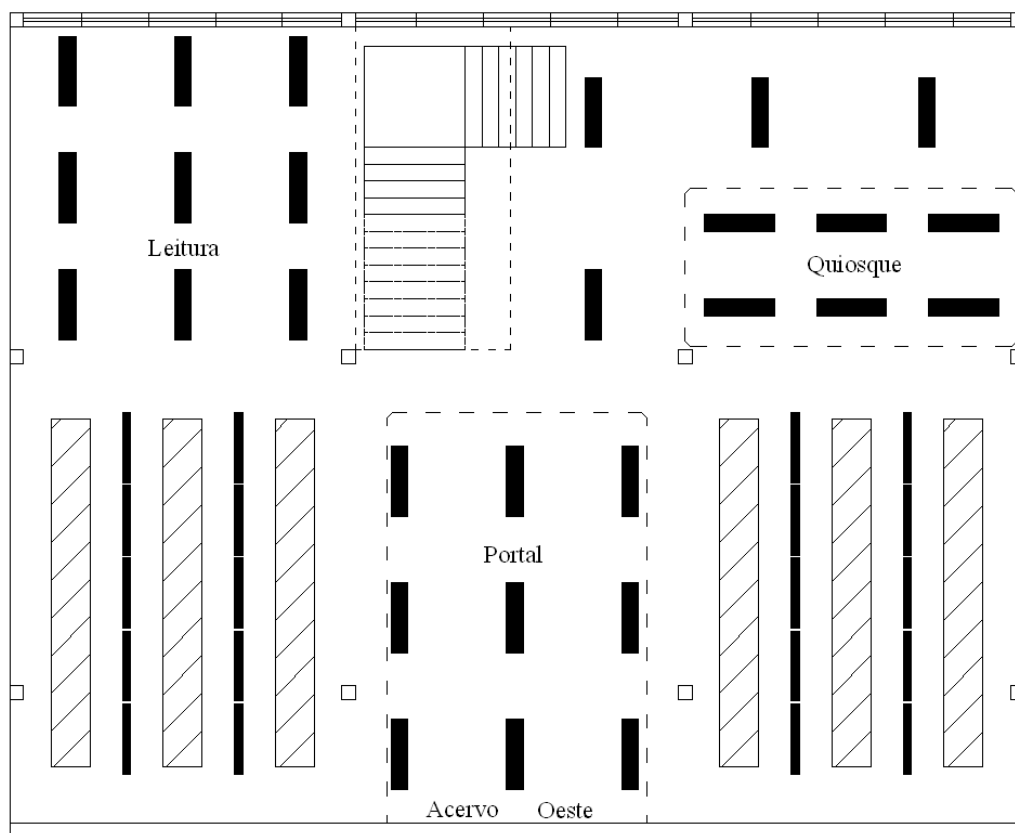


FIGURA 23 - Leiaute sugerido acervo oeste

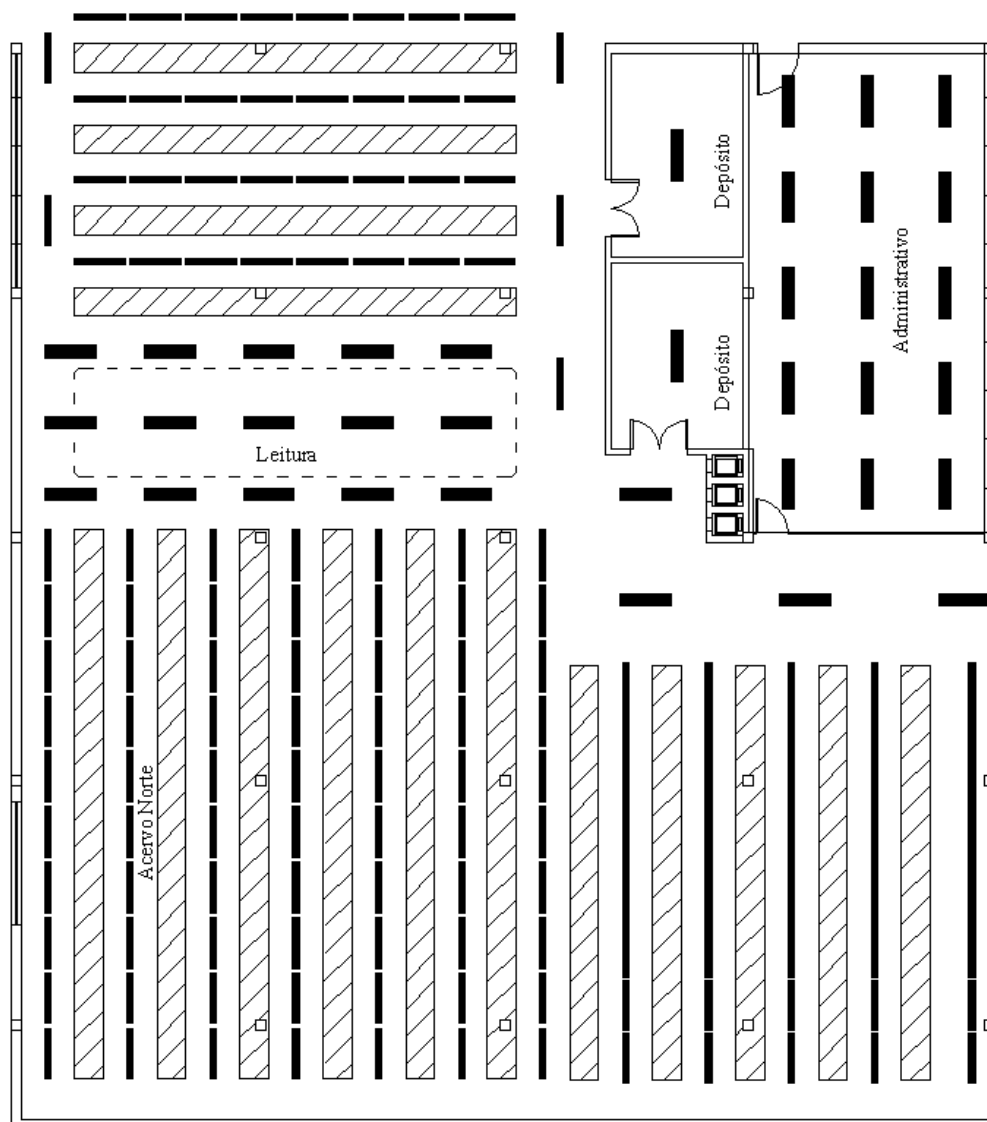


FIGURA 24 - Leiaute sugerido acervo norte

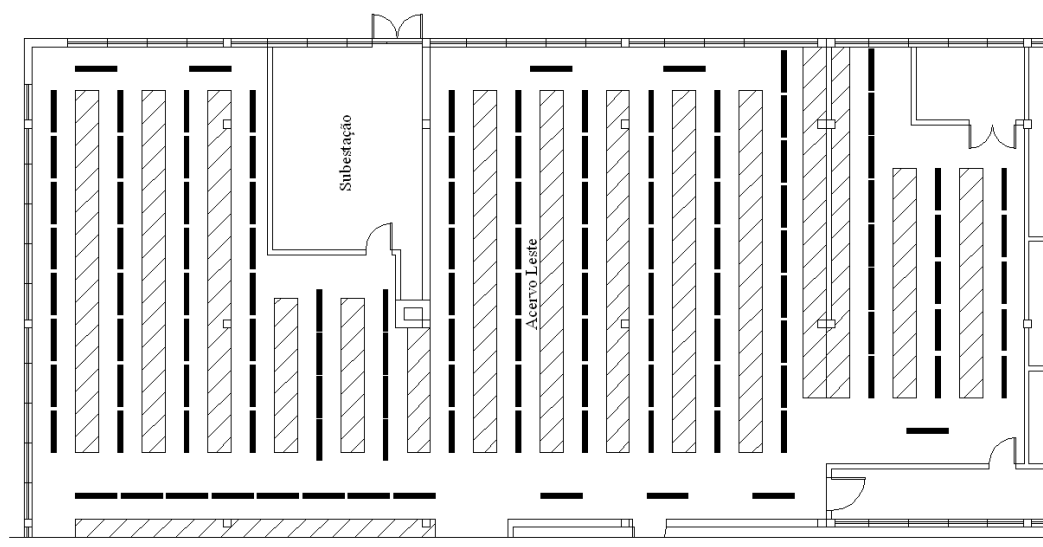


FIGURA 25 - Leiaute sugerido acervo leste

#### 4.2 Análise de Custos e Impacto no Consumo Energético

O subsolo possui instaladas atualmente 178 luminárias fluorescentes de 3x40W e 24 luminárias fluorescentes de 4x40W resultando em uma potência instalada de 29,61 kW para iluminação (incluindo os reatores). Estas luminárias são ligadas diretamente nos disjuntores dos 3 centros de distribuição existentes (1 para o acervo sul, 1 para o acervo oeste e 1 para o acervo norte e leste).

As luminárias são ligadas em conjunto (em filas). Chega-se a ter 9 luminárias em apenas 1 disjuntor, de modo que não há muita flexibilidade na operação das luminárias. Além disso, em muitos casos, a fila das luminárias pertencentes ao mesmo comando é transversal à disposição das estantes. Isto contribui para que se deixem

acesas todas as luminárias do acervo durante o horário de funcionamento da biblioteca.

Verifica-se também o grande número de lâmpadas “queimadas” (em torno de 30%), ausência de lâmpadas, suportes danificados, ocasionando mau contato e perdas por Efeito Joule.

Considerando-se o horário de funcionamento da biblioteca das 7h às 21h de segunda a sexta-feira, que todas as luminárias estejam em perfeito funcionamento e que todas as luminárias permaneçam acesas, com a biblioteca funcionando 22 dias por mês, se tem um consumo mensal de energia elétrica devido à iluminação de:

$$E = 29,61kW \cdot 14 \frac{h}{d} \cdot 22d = 9.120kWh$$

Observando-se o novo leiaute proposto mediante utilização de luminárias de alto desempenho, se tem, no acervo sul:

- 156 luminárias fluorescentes de 32W para iluminação das estantes e corredores comandados por interruptor manual;
- 13 luminárias fluorescentes de 2x32w para iluminação dos corredores, área de seleção de livros e outros, comandadas por interruptor manual;

No acervo oeste:

- 20 luminárias fluorescentes de 32W para iluminação das estantes e corredores comandadas por interruptor manual;
- 28 luminárias fluorescentes de 2x32w para iluminação dos corredores, área de leitura, quiosque e portal de periódicos, comandadas por interruptor manual;

No acervo Norte:

- 147 luminárias fluorescentes de 32W para iluminação das estantes e corredores comandados por interruptor manual;
- 36 luminárias fluorescentes de 2x32w para iluminação dos corredores, área de leitura, sala administrativa e outros, comandadas por interruptor manual;

E no acervo leste:

- 123 luminárias fluorescentes de 32W para iluminação das estantes e corredores comandados por interruptor manual;

Totalizando:

- 446 luminárias fluorescentes de 32W;
- 77 luminárias fluorescentes de 2x32w.

E uma carga instalada de iluminação de 19,20kW, menor do que a carga instalada atual de 29,61kW.

Considerando-se a hipótese (remota) de que todas as luminárias operem durante todo o período de funcionamento da biblioteca, se tem agora um consumo mensal de energia elétrica devido à iluminação de:

$$E = 19,20kW \cdot 14 \frac{h}{d} \cdot 22d = 5.914kWh$$

Sendo 35% inferior ao do sistema existente. Salienta-se que esta comparação faz-se entre um sistema proposto que atende aos requisitos normativos e ergonômicos e o sistema existente que não atende às normas.

Implantando-se o sistema de operação das luminárias das estantes através de interruptores manuais pode-se diminuir consideravelmente o consumo. Salienta-se que se houver menor tempo de operação das luminárias, haverá uma diminuição da incidência de radiação ultravioleta sobre o acervo.



Considerando-se o custo de aquisição de uma lâmpada fluorescente de 32W como a descrita anteriormente em torno de R\$10,00 e uma vida útil de 8.000h para o ciclo de operação normatizado, se tem um consumo energético durante sua vida útil de  $8000h \times 32W = 256kWh$ . Sendo o custo do kWh em torno de R\$0,30, esta lâmpada gasta R\$76,80. Vê-se então que o custo de aquisição é muito inferior ao consumo energético ao longo da vida útil.

Isto posto, justifica-se eventual diminuição na vida útil da lâmpada devido à operação liga-desliga. Fabricantes sugerem que, em uma sala, ao ausentar-se por mais de 15 minutos é vantajoso o desligamento das lâmpadas fluorescentes. Se a ausência for por um tempo inferior, torna-se desvantajoso o desligamento do sistema de iluminação fluorescente.

Para implantação do leiaute sugerido, sugere-se:

1º) a instalação de perfilados metálicos, instalados de forma aparente, sustentando as luminárias. Nos perfilados sugere-se a instalação de cabos de cobre flexível do tipo de baixa emissão de fumaça, como recomendado pela NBR5410. Sugere-se que os interruptores, em média, para as estantes, acionem 5 luminárias em conjunto.

2º) ou a instalação em trilhos eletrificados. As luminárias estariam fixadas diretamente nos trilhos, os quais estariam posicionados de forma horizontal junto ao forro de maneira aparente. Cada 2 trilhos de tamanho padrão 3,00 poderiam sustentar 5 luminárias e serem operadas por um interruptor manual.

Salienta-se que a 2ª opção é a que apresenta maior flexibilidade do sistema, visto que o trilho é considerado um “equipamento” que pode ser facilmente deslocado.

#### 4.2.1 Custo de Implantação do Sistema

O 1º sistema sugerido apresenta um custo aproximado de:

- R\$180,00 por luminária 1x32W (446 unidades);
- R\$220,00 por luminária 2x32W com controle de ofuscamento médio (62 unidades);
- R\$250 por luminária 2x32W com alto controle de ofuscamento (15 unidades);
- R\$8,00 por metro de perfilado instalado ( $\pm 1.000$  metros);
- R\$25,00 por interruptor instalado ( $\pm 100$  unidades);
- R\$1,25 por metro de fio de cobre flexível EPR 90°C 750V Afumex #1,5mm<sup>2</sup> instalado ( $\pm 4.000$  metros);

Resultando em um total de **R\$113.170,00**.

O 2º sistema apresenta um custo aproximado de:

- R\$180,00 por luminária 1x32W (446 unidades);
- R\$220,00 por luminária 2x32W com controle de ofuscamento médio (62 unidades);
- R\$250 por luminária 2x32W com alto controle de ofuscamento (15 unidades);
- R\$30,00 por metro de trilho instalado ( $\pm 1.000$  metros);

- R\$25,00 por interruptor instalado ( $\pm 100$  unidades);
- R\$2,00 por metro de cabo de cobre flexível EPR 90°C 750V 2#1,5mm<sup>2</sup> ( $\pm 500$  metros);

Resultando em um total de **R\$131.170,00**.

Vê-se que há uma redução de 35% na carga instalada. Então se supõe que, além de melhorar o nível de iluminação, aumentando o conforto visual, haverá uma diminuição no consumo energético do sistema.

Cálculos mais aprofundados sobre o tempo de retorno do investimento não são possíveis, visto que não se sabe quantas luminárias permanecerão acesas no período de funcionamento da biblioteca.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Conclui-se que o objetivo geral deste trabalho foi alcançado, bem como os objetivos específicos.

O modelo proposto pode se tornar obsoleto no futuro devido à constante evolução tecnológica.

A melhora do sistema de iluminação proposto, além de corrigir uma situação “defeituosa”, fora de norma, exigência legal exposta no item 17.5.3 da Norma Regulamentadora nº 17 do Ministério do Trabalho, traz um benefício direto, que é melhorar a auto-estima do funcionário que permanece diariamente naquele ambiente. Conseqüentemente, com a auto-estima melhorada, outros benefícios psicológicos surgem, como aumento da produtividade, redução de faltas ao serviço e uma melhor prestação de serviço ao usuário.

Por outro lado, o usuário poderá dispor de locais bem iluminados para suas leituras e pesquisas, diminuindo o “cansaço visual” e aumentando a produtividade.

A escolha da luminária para as estantes obedeceu os critérios determinados pela curva fotométrica ideal, determinada a partir do leiaute atual. Uma mudança das distâncias entre as estantes alteraria o cálculo fotométrico. Como que esta distância é a mínima possível, devido à necessidade de passagem do carro com os volumes, acredita-se que ela não será modificada tão cedo, pois isso implicaria na remoção das mesmas.

Merece uma especial atenção o fato de que o acervo deve ser protegido da incidência da radiação ultravioleta que deteriora o papel.

Isto é uma recomendação das práticas de arquivologia em relação à acervos bibliográficos. O índice de radiação ultravioleta tolerado situa-se em torno de  $75\mu W$ , que corresponde à emissão das lâmpadas incandescentes com filamento de tungstênio. Mas a instalação de iluminação incandescente está fora de cogitação, pois quintuplicaria o consumo e produziria uma emissão de radiação infravermelha, também prejudicial ao acervo. Utilizando-se outras fontes seria necessária a remoção da radiação ultravioleta através de um material que seja transparente à radiação visível, mas opaco à radiação ultravioleta – os filtros UV.

O filtro ideal deveria barrar toda a radiação ultravioleta com comprimento de onda inferior a 400nm. É uma condição difícil de atingir e nenhum tipo de filtro feito unicamente com vidro é capaz de alcançar esse resultado. Existem, no entanto, muitos tipos de filtros absorventes UV, feitos de plásticos, com qualidade bastante satisfatória. Tais filtros devem ser estendidos sobre toda a fonte luminosa, de modo a que toda a luz passe através deles.

Testes de laboratório demonstraram que o vidro temperado de 4mm filtra a radiação UV completamente, até a faixa de 370nm, apresentando cerca de 14% de transmitância, no comprimento de onda de 380nm, 59% para 390nm, e 79% para 400nm; que o policarbonato cristal 2mm transmite 10% UV, na faixa de 390nm, e 63%, na faixa de 400nm; e os filtros ultravioleta marca Rosco transmitem 3%, na faixa de 390nm e 23%, na de 400nm, o que significa um bom desempenho .

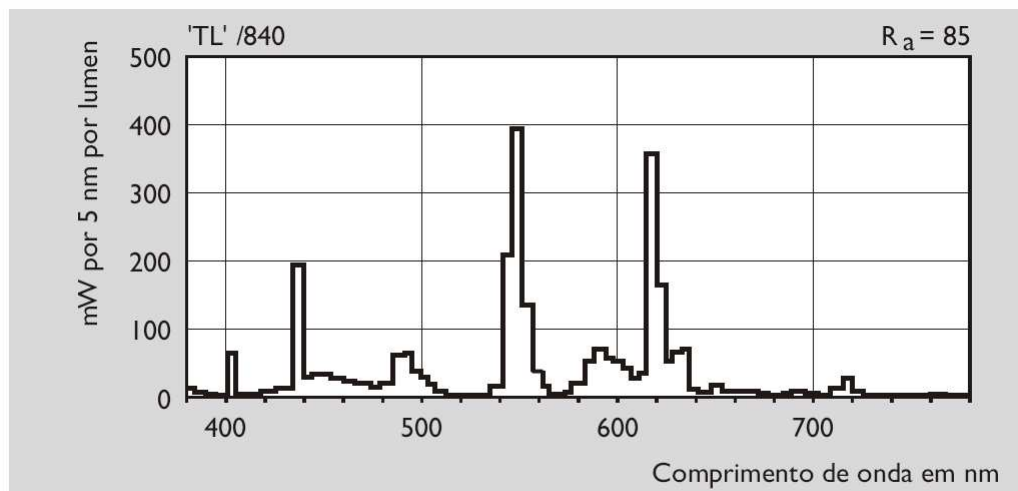
Outras recomendações podem ser aqui lembradas, entre elas, a redução do tempo de exposição e da intensidade da fonte luminosa,

uma vez que o dano causado pela iluminação é cumulativo e o efeito fotoquímico resulta do produto da luminância pelo tempo total de exposição do objeto.

Há portanto, duas necessidades a jusante da fonte luminosa (lâmpada) para iluminação dos acervos: 1º - controle de ofuscamento propiciado pelas aletas foscas e pela geometria do refletor; 2º - redução da emissão de radiação ultravioleta necessitando-se da instalação de um filtro de UV. Mas não foi possível encontrar no mercado luminária fluorescente que atendesse estas duas necessidades em conjunto. Ou a luminária possui filtro para UV ou possui aletas para controle de ofuscamento.

Sugere-se então uma adaptação da luminária, instalando-se um filtro de policarbonato cristal 2mm entre a lâmpada e as aletas, sobre as aletas, visto que as aletas são removíveis. O policarbonato, além de leve, tem um custo reduzido.

O filtro policarbonato apresenta uma solução satisfatória visto que, entre a tecnologia fluorescente, o tipo de lâmpada recomendado é a que emite menor quantidade de UV. Como exemplo, observa-se na Figura 26, o espectro da lâmpada TLDRS32W-S84-25 do fabricante Philips, com IRC de 85%, TCC de 4.000K e emissão de 2.700lm, onde se vê que abaixo de 400nm a emissão de UV é reduzida.



Distribuição espectral de energia

FIGURA 26 - Distribuição espectral de energia para a lâmpada sugerida (Catálogo Philips)

Haveria, no entanto, uma diminuição de 10% do fluxo luminoso visível devido à absorção pelo filtro de policarbonato, o que não representa diminuição considerável na iluminância.

Salienta-se que a curva fotométrica apresentada pela luminária sugerida ainda não é a ideal, podendo surgir no mercado outro modelo que melhor se adapte à situação. Observa-se que é muito difícil conseguir iluminar adequadamente as partes inferiores da estante, necessitando-se de intensidades elevadas (candelas) naquele ângulo.

Existe no mercado um tipo de luminária assimétrica denominada de “wall washer”, que apresenta um fluxo polar no sentido transversal assimétrico. Fizeram-se simulações com este modelo, mas tornou-se necessária a instalação de duas filas de luminárias em cada corredor entre as estantes, o que duplicaria o custo

da instalação do sistema, além de propiciar iluminâncias muito acima do necessário – em torno de 600lux.

Observa-se também, que o pé direito existente no subsolo é muito baixo, o que dificulta a instalação de um sistema de iluminação difuso, como recomendado pela NR17.

O sistema de suporte das luminárias através de perfilados aparentes ventilados de aço galvanizado apresenta boa flexibilidade, onde, eventuais mudanças de leiaute, poderiam ser facilmente executadas.

Pode-se instalar, ao invés de perfilados, “trilhos eletrificados”, comandados por interruptor em cada corredor. Observa-se que a flexibilidade para mudanças de leiaute, o reaproveitamento de material e a facilidade de execução contam a favor desta opção. Mas o custo inicial é superior ao do sistema com perfilados, cabendo ao administrador tomar a decisão.

Quanto aos setores com utilização de computadores, como o quiosque e o portal de periódicos, observou-se que grande parte dos monitores está com a tela voltada para o poço de luz (jardim). Observou-se a presença de reflexos nas telas dos computadores, devidos a esta disposição e devidos também ao sistema de iluminação existente. Sugere-se que os monitores sejam reorientados para um sentido transversal ou contrário ao poço de luz. Também se sugere a instalação de persianas verticais translúcidas com a luminância adequada calculada anteriormente.

A tecnologia de iluminação de recintos com utilização intensa de computadores já se encontra bem desenvolvida, de modo que o



sistema de iluminação sugerido, com a utilização de luminárias com controle elevado de ofuscamento atende aos requisitos constantes no item 17.4.3 da NR17.

O tipo de cálculo luminotécnico utilizado neste trabalho, através das luminâncias, não é muito utilizado na prática. O procedimento utilizado na prática é simplificado e leva em consideração somente a iluminância (fluxo luminoso incidente), e não avalia a luminância, que é o que realmente vemos. Neste ponto a NBR5413 apresenta somente um valor de iluminância que deve ser atendido, como mínimo.

Pode-se verificar que há pequenas mesas distribuídas no setor acervo norte e leste por entre e no final das estantes sob luminárias. Sugere-se que se coloquem estas mesas nos locais propícios para leitura do novo leiaute.

Outra opção de lâmpada fluorescente de maior eficiência é a chamada tecnologia T5, ou seja, tubular de 16mm de diâmetro, onde, por exemplo, uma lâmpada do fabricante Osram modelo FH28W/21-840 de 28W com TCC de 4000K e IRC do grupo 1B emite 2900lm, tendo uma eficácia de aproximadamente 104 lm/W, em comparação com o modelo sugerido que tem uma eficácia aproximada de 84 lm/W. Este será o próximo “salto” das lâmpadas fluorescentes. Porém, a evolução da lâmpada de 40W para 32W será mais fácil do que a evolução 32W para 28W, porque a lâmpada de 32W tem o mesmo comprimento da lâmpada de 40W, diferindo apenas no diâmetro. Ao contrário da lâmpada T5 que tem 1,15m de comprimento (5cm menor). Então a lâmpada de 32W se adapta perfeitamente às luminárias existentes e sua “entrada” no mercado pode se dar de forma

gradual baixando o custo pelo aumento de produção. Já a lâmpada de 28W exige a substituição da luminária.

Optou-se por 32W pois a lâmpada T5, além de ser bem mais cara – em torno de 2,5 vezes o custo da lâmpada de 32W (conjunto lâmpada-reator) – apresenta uma probabilidade de ofuscamento bem maior, pois sua luminância é bem maior. Uma lâmpada fluorescente de 28W apresenta uma luminância aproximada de 16.000 cd/m<sup>2</sup>, ou seja é duas vezes mais ofuscante do que uma lâmpada de 32W. Este tipo de fonte luminosa exige que sua instalação seja feita em luminárias de “alta tecnologia” com rigoroso controle de ofuscamento. Nunca se deve deixá-la exposta ou instalá-la em locais com pé direito baixo, como no caso do acervo, em que as mesmas encontram-se no nível do campo visual.

Salienta-se que a tecnologia dos reatores evoluiu consideravelmente na última década. Com o surgimento do reator eletrônico, problemas como efeito estroboscópico ou cintilações na frequência de rede desapareceram. O reator eletrônico “oscila” a 20kHz, bem mais do que os 60Hz do eletromagnético. Além disso, novas composições de fósforos no revestimento interno das lâmpadas com efeito residual ajuda a manter o fluxo luminoso contínuo. Mas sua principal vantagem sobre o convencional é a dissipação de energia quase nula. Por isso, não se recomenda mais a utilização de reatores eletromagnéticos em locais como o objeto deste trabalho.

A tecnologia de iluminação evoluiu consideravelmente nas últimas décadas com a utilização de luminárias reflexivas, de modo que os sistemas existentes devem ser adequados. Isto até recebeu um

nome, no jargão técnico, de “retrofit”. O problema é que geralmente se vê somente o custo inicial do equipamento sem calcular o retorno econômico e no conforto visual.

Conforto visual tem base em uma iluminação adequada, mas não depende somente dela. Somam-se o efeito psicológico de cores, a luminância da tarefa, do fundo da tarefa, pisos, tetos e paredes. Esta é uma área muito importante da ergonomia, visto que o homem assimila o mundo muito mais pelo sentido da visão do que pelos outros.

A necessidade de iluminação adequada em uma biblioteca é fundamental, pois a razão de ser de uma biblioteca tem a ver com a leitura e leitura é visão e visão é adequada com boa iluminação.

Recomenda-se que este trabalho se estenda para todos os setores da Biblioteca Central, bem como para outros prédios da UFSM.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MANUAIS DE LEGISLAÇÃO ATLAS. **Segurança e Medicina do Trabalho**. 54ª Edição. São Paulo: Atlas, 2004.

COSTA, Gilberto José Corrêa da. **Iluminação Econômica, Cálculo e Avaliação**. 2ª Edição. Porto Alegre: EdiPUCRS, 2000.

MOREIRA, Vinícius de Araújo. **Iluminação Elétrica**. 1ª Edição. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

OSRAM. **Manual Luminotécnico Prático**. Disponível em <<http://www.osram.com.br/download/manual/MANUAL.PDF>>

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

GOLDMAN, Simão. **Psicodinâmica das Côres**. Vol. 1 e 2. 3ª Edição. Porto Alegre. La Salle, 1964.

ALVAREZ, André Luiz Montero. **Uso Racional e Eficiente de Energia Elétrica: Metodologia para a Determinação dos Potenciais de Conservação dos Usos Finais em Instalações de Ensino e Similares**. 1998. 157f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

GHISI, Eneidr. **Desenvolvimento de Uma Metodologia para Retrofit em Sistemas de Iluminação:** Estudo de Caso na Universidade Federal de Santa Catarina. 1997. 246f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina – 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.  
**Iluminância de Interiores :** NBR5413. Rio de Janeiro, abr. 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.  
**Verificação de Iluminância de Interiores :** NBR5382. Rio de Janeiro, abr. 1985.