

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

**“Júlio de Mesquita Filho”**

**FACULDADE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICAÇÃO**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN**

*Ana Clara Fernandes Lauar*

**COMPARAÇÃO ENTRE A PERCEPÇÃO E A  
NORMATIZAÇÃO SOBRE ILUMINAÇÃO EM  
AMBIENTES OCUPACIONAIS:**

*ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA FLORESTAL*



**Bauru/2012**

*Ana Clara Fernandes Lauar*

**COMPARAÇÃO ENTRE A PERCEPÇÃO E A  
NORMATIZAÇÃO SOBRE ILUMINAÇÃO EM  
AMBIENTES OCUPACIONAIS:**

*ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA FLORESTAL*

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Desenho Industrial (área de concentração: Desenho do Produto; linha de pesquisa: Ergonomia), da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, campus de Bauru, como exigência para a obtenção do título de Mestre.

**Orientador:** Prof. Dr. João Roberto Gomes de Faria

**Bauru/ 2012**

**DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO****UNESP - BAURU**

LAUAR, Ana Clara Fernandes.

Comparação entre a percepção e a normatização sobre iluminação em ambientes ocupacionais: estudo de caso em uma empresa florestal/Ana Clara Fernandes Lauar, 2012. 82f. Il.

Orientador: João Roberto Gomes de Faria

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 2012.

1 - Comparação      2 - Percepção      3 - Normatização      4 -  
Iluminação      5- Ambientes ocupacionais

I - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação. II. Título.

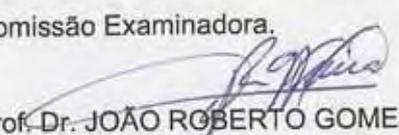
**BANCA DE AVALIAÇÃO**

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação  
Campus Bauru

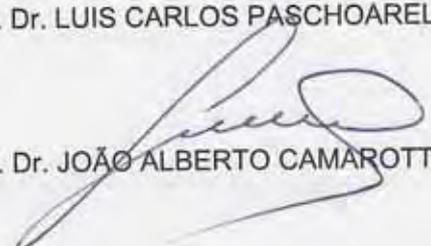


**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE Mestrado de ANA CLARA FERNANDES LÁUAR, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN, DO(A) FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICAÇÃO DE BAURU.**

Aos 28 dias do mês de agosto do ano de 2012, às 14:00 horas, no(a) Sala de reuniões da Seção Técnica de Pós-graduação da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. JOÃO ROBERTO GOMES DE FARIA do(a) Departamento de Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo / Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação de Bauru, Prof. Dr. LUIS CARLOS PASCHOARELLI do(a) Departamento de Design / Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação de Bauru, Prof. Dr. JOÃO ALBERTO CAMAROTTO do(a) Departamento de Engenharia de Produção / Universidade Federal de São Carlos, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE Mestrado de ANA CLARA FERNANDES LÁUAR, intitulada "Comparação entre a percepção e a normatização sobre iluminação em ambientes ocupacionais: estudo de caso em uma empresa florestal". Após a exposição, a discente foi argüida oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

  
Prof. Dr. JOÃO ROBERTO GOMES DE FARIA

  
Prof. Dr. LUIS CARLOS PASCHOARELLI

  
Prof. Dr. JOÃO ALBERTO CAMAROTTO

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esta dissertação a todas as pessoas que acreditam em seus sonhos, enfrentam seus desafios com coragem e buscam alcançar seus objetivos com disciplina, educação, respeito ao próximo e fé em Deus.

## AGRADECIMENTOS

Ao Daniel, pelo carinho e dedicação, nunca medindo esforços para me ajudar.

À minha mãe Síría e minha tia Nágila, que durante muito tempo me mostraram e ensinaram o quanto estudar é bom.

Ao Raji, companheiro durante as madrugadas que passei estudando.

À Luciana, minha melhor amiga, confidente e incentivadora.

Aos meus amigos Adma e Frederico, sempre presentes e cooperativos.

Ao Farlen, por disponibilizar seu tempo para me ajudar.

Aos colegas da V&M Florestal que participam e torcem pela minha vitória, tenho orgulho de fazer parte dessa família.

Em especial ao meu orientador, Dr. João Faria, amigo e exemplo, pela paciência e confiança em mim depositadas, que de forma incondicional me ajudou a concluir este trabalho.

Agradeço também aos meus professores José Carlos Plácido da Silva, Luis Carlos Paschoarelli, Domenico Valarelli, João Cândido e Marizilda Menezes fundamentais em minha formação acadêmica.

A todos os amigos e funcionários da Pós-graduação pelos ótimos momentos que passamos juntos.

E a tantos outros que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho.

A todos, minha eterna gratidão.

## RESUMO

A ergonomia é uma área do conhecimento que tem como um de seus principais objetivos a análise de situações de trabalho, a fim de definir parâmetros e propostas de transformações que viabilizem o conforto, a segurança e a eficiência no trabalho. Assim, projeta e/ou adapta situações de trabalho, compatíveis com as capacidades e os limites do homem. Dentre os diversos critérios que descrevem a análise ergonômica do trabalho a iluminação, como condição ambiental, quando mal projetada e distribuída pode refletir sobre as condições de trabalho, afetando a saúde e a eficiência dos trabalhadores, repercutindo inclusive na produtividade.

Diante do exposto este trabalho apresenta um estudo de caso por meio da avaliação das condições de iluminação de espaços de trabalho em quatro salas do escritório central de uma empresa de reflorestamento, inserida no contexto urbano de uma cidade de porte médio em Minas Gerais. Os métodos utilizados basearam-se em observações, medições da iluminação, além da utilização de questionários. Os parâmetros de iluminação foram aplicados em quatro salas distintas em tamanho, distribuição de luminárias e número de usuários.

Através de dados quantitativos, verificou-se a relação dos valores de iluminância real das salas, nas condições em que as mesmas são utilizadas com os valores indicados e sugeridos nas Normas. Na avaliação qualitativa levou-se em conta a interação entre o usuário e o ambiente iluminado, e nesse sentido, as boas condições de visão para o correto desempenho de tarefas.

Com os dados e resultados abordados, pretende-se contribuir para a melhoria das condições de trabalho e design do ambiente construído com conseqüente aumento da eficiência dos trabalhadores subsidiando uma abordagem que privilegia o contexto real além de construir um diagrama de relacionamento entre variáveis que sirva como base para outros estudos que abordem a discussão sobre a eficácia da normas de iluminação, uma vez que esta problemática carece de um maior aprofundamento.

Palavras chaves: Ergonomia, escritórios, iluminação, avaliação

## ABSTRACT

Ergonomics is an area of knowledge that has as one of its main objectives the analysis of work situations in order to set parameters and proposed changes that allow the comfort, safety and work efficiency. Thus designs and or adapting work situations consistent with the capabilities and limitations of man. Among the several criteria that describe the ergonomic analysis of work lighting and environmental conditions, affecting the health and efficiency of workers, including impacting on productivity.

In this light this paper presents a case study through the evaluation of the lighting conditions of work spaces in four rooms of the headquarters of a company reforestation, inserted in the urban context of a medium sized city in Minas Gerais.

The methods used were based on observations, measurements of the illumination, and the use of questionnaires. The lighting parameters were applied in four different rooms in size, distribution of lamps and number of users.

Through quantitative data, there was a relationship between the illuminance values of real rooms, the conditions under which they are used with the values shown and suggested in the standards. The qualitative assessment took into account the interaction between the user and an illuminated environment, and in that sense, good viewing conditions for the proper performance of tasks.

With the data and results discussed, we intend to contribute to the improvement of working conditions and design of the built environment with consequent increased efficiency of subsidizing workers an approach that focuses on real context and build a diagram of relationships between variables that serve as basis for further studies addressing the discussion of the effectiveness of the lighting standards, since this problem needs to be further investigated.

Keywords: Ergonomics, offices, lighting, evaluation

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1: Comportamento do olho como máquina fotográfica .....	7
Figura 2 : Estrutura geral do olho humano .....	8
Figura 3: Curva de sensibilidade relativa .....	11
Figura 4: Curvas de sensibilidade do olho humano .....	12
Figura 5: Anormalidades em lentes do globo ocular.....	14
Figura 6: Fluxo luminoso .....	18
Figura 7: Iluminância .....	19
Figura 8: Luminância.....	20
Figura 9: Reflexão .....	21
Figura 10: Eficiência luminosa de diversos tipos de lâmpadas.....	25
Figura 11: Posição correta no uso do computador .....	32
Figura 12: Sistemas de iluminação típicos em áreas de trabalho .....	35
Figura 13: Posição das luminárias com respeito á visão do trabalhador .....	35
Figura 14: Thermo-Higro-Decibelímetro-Luxímetro Digital .....	47
Figura 15: Luminancímetro LS - 110.....	48
Figura 16: Câmera fotográfica digital .....	48
Figura 17: Questionário usado na pesquisa.....	49
Figura 18: Fundo do Bloco B .....	56
Figura 19: Frente do Bloco B .....	56
Figura 20: Arranjo físico do Bloco B, mostrando as salas estudadas.....	57
Figura 21: Layout Sala de Treinamento – Distribuição de postos.....	58

Figura 22: Layout Sala de Treinamento- Distribuição de Luminárias.....	58
Figura 23: Layout Sala de Silvicultura – Distribuição de postos .....	59
Figura 24: Layout Sala de Silvicultura – Distribuição de Luminárias .....	59
Figura 25: Layout Sala de Apoio Carbonização – Distribuição de postos .....	60
Figura 26: Layout Sala de Apoio Carbonização – Distribuição de luminárias.	60
Figura 27: Layout Sala de Carbonização – Distribuição de postos.....	61
Figura 28: Layout Sala de Carbonização – Distribuição de luminárias .....	61
Figura 29: Medição de luminâncias no Posto A da sala 01.....	68
Figura 30: Medição de luminâncias no Posto B da sala 02.....	69
Figura 31: Medição de luminâncias no Posto C da sala 02.....	70
Figura 32: Medição de luminâncias no Posto C da sala 03.....	71
Figura 33: Medição de luminâncias no Posto B da sala 03.....	72
Figura 34: Medição de luminâncias no Posto A da sala 03.....	73
Figura 35: Medição de luminâncias no Posto C da sala 04.....	74

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Relações máximas de luminância para escritório.....	43
Tabela 2: Iluminância por classe de tarefa .....	52
Tabela 3: Características das salas em estudo .....	57
Tabela 4: Medição com condições habituais de uso .....	67
Tabela 5: Medição com sol claro e encoberto .....	67
Tabela 6: Medição noturna .....	67
Tabela 7: Resultado da medição das luminâncias no Posto A da sala 01.....	68
Tabela 8: Resultado da medição das luminâncias no Posto B da sala 02.....	69
Tabela 9: Resultado da medição das luminâncias no Posto C da sala 02.....	70
Tabela 10: Resultado da medição das luminâncias no Posto C da sala 03.....	71
Tabela 11: Resultado da medição das luminâncias no Posto B da sala 03.....	72
Tabela 12: Resultado da medição das luminâncias no Posto A da sala 03.....	73
Tabela 13: Resultado da medição das luminâncias no Posto C da sala 04.....	74

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

AET – Análise Ergonômica do Trabalho

NR – Norma Regulamentadora

SAD – Seasonal Affective Disorder

SBS – Sick Building Syndrome

UFPA: Universidade Federal do Para

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas

CIE – Comission Internationale de l'Eclairage

IESNA – Illuminating Engineering Society for North America

CONMETRO – Conselho Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

PMV – Predicted Mean Vote

PPD – Predicted Percentage of Dissatisfied

ISO – International Organization for Standardization

URG – Unifield Glare Ratio

IRC – Índice Reprodução de Cor

HDR – High Dynamic Range

COBEI – Comitê Brasileiro de Eletricidade, Eletrônica, Telecomunicações e Iluminação

COPANT – Comissão Panamericana de Normas Técnicas

AMN – Associação Mercosul de Normatização

IEC – International Electrotechnical Commission

**SUMÁRIO**

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>4</b>
2.1	Ergonomia e Ergonomia Ambiental	4
2.2	Visão Humana	6
2.2.1	Fisiologia do Olho Humano	7
2.2.2	Sensibilidade do Olho Humano	10
2.2.3	Movimentos dos Olhos	12
2.2.4	Movimento Sacádico	13
2.2.5	Persistência de Imagens e Fusão de Imagens Intermitentes	13
2.2.6	Anormalidades no Sistema de Lentes	14
2.2.7	Intensidade da Exposição á Luz Solar – Ritmos Circadianos	15
2.3	Luminotécnica	17
2.3.1	Luz	17
2.3.2	Fotometria	18
2.3.3	Tipos de Iluminação	21
2.3.4	Luz Natural	22
2.3.5	Iluminação Artificial	23
2.4	Riscos	26
2.4.1	Fadiga Visual	27
2.5	Fatores que Relacionam a Visão e a Iluminação	28
2.6	O Trabalho Informatizado	31
2.6.1	As Telas de Vídeo	32
2.6.2	Percepção Visual em Atividades Informatizadas	33
2.7	Regulamentação	36
2.7.1	Referências Internacionais	37
2.7.2	NR 17 (Ergonomia)	38

2.7.3	A Qualidade da Iluminação na NR 17	38
2.7.4	Além da NR 17	40
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA</b>	<b>45</b>
3.1	Objetivo Geral	45
3.2	Objetivos Específicos	45
3.3	Justificativa	45
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODO</b>	<b>47</b>
4.1	Materiais	47
4.2	Método	50
4.2.1	Observações in loco	50
4.2.2	Medição de Iluminância	50
4.2.3	Parâmetros para Avaliação dos Dados Levantados	52
4.2.4	Pesquisa Realizada com os Empregados – usuários salas	53
4.2.5	Fotografias das Salas Pesquisadas	54
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>56</b>
5.1	Descrição das Salas	56
5.1.1	Distribuição dos Postos de Trabalho e Luminárias	57
5.2	Descrição das Atividades Desenvolvidas nas Salas	62
5.3	Determinação da Iluminância Mínima de Referência	62
5.4	Questionários	62
5.5	Medições	66
5.5.1	Medição de Iluminâncias	66
5.5.2	Medição de Luminâncias	68
5.6	Discussão dos Resultados	75
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>77</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>79</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A iluminação do local de trabalho é um dos fatores de produtividade, de qualidade da produção e de saúde do trabalhador.

Estudos apontam que uma iluminação deficiente ou não adequada ao local de trabalho pode degradar a saúde física ou psicológica de um trabalhador, afetar o seu rendimento, ou provocar um acidente de trabalho. Como tal, a iluminação no local de trabalho deve ser considerada como um risco, que, consoante as características dos locais e as circunstâncias, pode ser tão perigosos quanto aos outros riscos.

Ao contrário, uma boa iluminação no ambiente de trabalho propicia elevada produtividade, melhor qualidade do produto final, redução do número de acidentes, diminuição do desperdício de materiais, redução da fadiga ocular e geral, melhor supervisão do trabalho, maior aproveitamento do espaço, mais ordem e limpeza das áreas e elevação da moral dos empregados.

Dessa forma, sua quantificação é objeto de normatização nacional e internacional, e suas qualidades gerais de regulamentação, no Brasil, pelo Ministério do Trabalho e Emprego, através da Norma Regulamentadora 17 – Ergonomia (NR-17), de 1978.

Definir o que é uma boa iluminação não é uma tarefa simples.

Em termos de quantidade, é aquela que possibilita a correta identificação dos elementos envolvidos na atividade, o que ocorre a partir de um determinado patamar de luminosidade. No entanto, a luminosidade pode ser incrementada dentro de largos limites até que se torne desconfortável por provocar muito brilho no objeto observado. Na prática, a luminosidade fornecida é limitada pelo valor a partir da qual não se observam ganhos de produtividade que compensem o custo da energia elétrica gasta, no caso mais comum, quando é usada a iluminação elétrica.

Em termos de qualidade, são usados conjuntos de atributos (ou de sua negação), alguns qualificáveis, como a distribuição homogênea (que pode ser

medida por um coeficiente de uniformidade), a cor (medida pela temperatura de cor da luz) e o índice de reprodução de cor; outros são de quantificação mais difícil, como a ausência de ofuscamento, reflexos incômodos, sombras e contrastes excessivos.

No caso específico dos ofuscamentos, existe uma teoria que propõe índices quantitativos que começou a ser desenvolvida na década de 1960; porém, até o final do século passado ela era de difícil implementação devido à tecnologia disponível. Com o avanço da computação e o advento da fotografia digital, existem atualmente métodos que possibilitam a medição de índices de ofuscamento com relativa facilidade, o que é comprovado pela inclusão dessa variável na norma de iluminação de espaços de trabalho da União Européia a partir de 2003.

Como elemento do binômio trabalhador-posto de trabalho, a adequação da iluminação à atividade e à pessoa que a desempenha é objeto de estudo da ergonomia.

A ergonomia tem buscado unir esforços de outras áreas, através de uma abordagem interdisciplinar para concepção e adequação das condições apropriadas de conforto na iluminação de forma a integrar o arquiteto (profissional que estuda as características arquitetônicas em termos físicos, técnicos e funcionais), o designer (projeta o produto que compõe o ambiente), o psicólogo (estuda a relação dos indivíduos com o ambiente), o projetista do trabalho (que especifica a forma de relação do trabalhador com os elementos do ambiente envolvidos na execução das tarefas), o fisioterapeuta (atuando em análise ergonômica do trabalho e saúde do trabalhador) evitando que trabalhem isoladamente e propõe como fio condutor, o homem, a natureza do trabalho e as exigências para execução de tarefas.

Todo compêndio da área traz um tópico a ela dedicado, embora geralmente abordando os conceitos básicos e a respectiva normatização (como para as demais variáveis ambientais, calor e som), ao contrário da abordagem extremamente detalhada dos fatores ligados a esforços e constrangimentos musculares. O que não deixa de ser contraditório, haja vista a grande

quantidade de publicações anuais que aborda relações entre atributos da iluminação, produtividade do trabalho e bem-estar dos trabalhadores.

Visando contribuir com a área de design do espaço construído, discute-se, nessa pesquisa, questões ligadas à avaliação da iluminação desse tipo de ambiente à luz das normas existentes e dos recentes estudos sobre qualidade da iluminação, através de um estudo de caso.

Ao mesmo tempo pretende-se, através do método empregado, contribuir para facilitar e dar melhor precisão à análise das condições de iluminação do ambiente de trabalho de forma geral.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Ergonomia e Ergonomia Ambiental

A ergonomia é uma disciplina que busca encontrar o melhor ajustamento entre o trabalhador e as condições de trabalho e tem sido utilizada com freqüência em empresas como ferramenta primordial no desenvolvimento de tarefas.

Segundo Vieira (2000), a ergonomia é o estudo da adaptação do trabalho ao homem. É definida por Laville (1997), como o conjunto de conhecimentos científicos relativos ao homem e necessários à concepção de instrumentos, máquinas e dispositivos que possam ser utilizados com o máximo de conforto, segurança e eficiência.

Desde os primórdios da história, o trabalho interfere na qualidade de vida das pessoas. A necessidade de adaptar os ambientes e as ferramentas ao homem deixou seus vestígios desde a pré-história, onde pedras eram transformadas em ferramentas, até a atual informatização dos postos de trabalho, que além de alterar substantivamente a natureza do trabalho aponta também para a necessidade de outra concepção dos espaços, do mobiliário e condições ambientais.

Segundo Abrahão (1993), a ergonomia, portanto, formaliza uma preocupação com respeito às capacidades e os limites do ser humano. Esta perspectiva resgata o caráter fundamentalmente antropocêntrico, adotando como meta, não somente o aumento da produtividade, mas também o bem-estar dos trabalhadores e a segurança dos homens e dos equipamentos.

De acordo com Lida (2005), as características de um ambiente de trabalho e posto de trabalho refletem, de maneira expressiva, as qualidades do trabalhador. Um local de trabalho deve ser sadio e agradável, que proporcione o máximo de proteção, sendo resultado de fatores materiais ou subjetivos, além de prevenir acidentes, doenças ocupacionais e proporcionar melhor relacionamento entre a empresa e o empregado. Do enfoque ergonômico global, o posto de trabalho é considerado um prolongamento do corpo e mente

humana, pois trata além de fatores físicos, os aspectos cognitivos (na interface homem x máquina e no processo de produção), bem como nas relações pessoais e na motivação no ambiente de trabalho.

Segundo aquele autor, o conforto e o desconforto dos trabalhadores, assim como seu rendimento quanto à produtividade, estão intimamente ligados com os níveis de iluminação, tendo em conta que a maior parte da informação que o trabalhador necessita a obtém através da visão. Dessa maneira, pode-se dizer que a iluminação definitivamente é um fator importante e determinante nos resultados produtivos, diminuição de acidentes e incidentes, grau de satisfação ou insatisfação, etc. Por isso que se diz que a iluminação adequada é um fator de elevado nível econômico.

Nos ambientes laborais questões como qualidade de vida no trabalho estão recebendo cada vez mais atenção. As necessidades de medidas para o bem estar físico e mental dos trabalhadores de diversos setores de empresas é uma realidade. As organizações estão investindo em programas que visam o bem-estar do seu colaborador, uma vez que essa atitude leva ao ganho de produtividade e melhora a imagem da empresa junto ao colaborador entre outros benefícios.

As pessoas passam a maior parte do tempo em seus ambientes de trabalho, sendo assim, considera-se importante compreender até que ponto os aspectos ambientais destes locais de trabalho contribuem positivamente na realização das atividades e na promoção do bem estar do indivíduo.

Bins Ely (2003) considera que a influência do ambiente de trabalho no comportamento está relacionada tanto às exigências da tarefa a ser realizada no ambiente, como às características e necessidades do usuário.

A ergonomia ambiental ou ergonomia do ambiente é a vertente da ergonomia, que se dedica ao estudo do ambiente físico da tarefa, visto que ele pode contribuir positiva ou negativamente, no desempenho dos usuários que dele se utilizam, na execução de suas tarefas e atividades.

De acordo com Villarouco (2002), a ergonomia do ambiente se dedica às questões de adaptabilidade e conformidade do espaço às tarefas e atividades nele desenvolvidas. Para o alcance deste objetivo ela utiliza elementos da antropometria, da psicologia ambiental, da ergonomia cognitiva e da análise ergonômica do trabalho – AET. Conceitos de conforto térmico, acústico, lumínico e cromático também compõem o leque de preocupações contempladas na concepção de ambientes ergonomicamente adequados.

Para Rosciano (1999), a adaptabilidade ergonômica de um espaço refere-se ao esforço em responder além das necessidades físicas, as necessidades cognitivas e psíquicas das pessoas que vivenciam os espaços e dispensam ali a maior parte do tempo de suas vidas. Espaços que deveriam ser, portanto, mais humanos e cujo projeto deveria ter como pressuposto, o estudo das relações sociais que se formam a partir de um dado contexto da organização da produção e do trabalho.

Para Grandjean (1998), os fatores ambientais são as condições do ambiente físico: iluminação, temperatura, ruído, qualidade do ar e vibração. Esses fatores interferem no desempenho do trabalho podendo causar impacto tanto para a empresa quanto para o trabalhador. Do ponto de vista da empresa, as repercussões estão relacionadas mais de perto à produtividade, enquanto do ponto de vista do trabalhador relacionam-se, principalmente à saúde.

Como ressalta Lida (2005), uma grande fonte de tensão no trabalho são as condições ambientais desfavoráveis, como o excesso de calor, ambientes mal iluminados, ruídos e vibrações. Estes fatores causam desconforto, aumentam o risco de acidentes e podem provocar danos consideráveis à saúde.

## **2.2 Visão Humana**

Para realizar uma correta avaliação da iluminação de um local de trabalho, é necessário ter a noção da forma como funciona a visão humana.

De acordo com Guyton (1997), a visão humana é um sistema complexo assegurado por três operações principais que, realizadas em conjunto, permite

ao olho transformar luz em impulsos eletroquímicos enviados ao cérebro através do nervo óptico. A operação óptica recebe a energia luminosa e encaminha-a para a retina. A operação sensorial transforma a imagem luminosa projetada na retina em impulsos eletroquímicos. A operação motora permite dirigir e fixar o olhar sobre um ponto específico.

### 2.2.1 Fisiologia do Olho Humano

O olho é o órgão da visão que permite detectar a luz e transformar essa percepção em impulsos elétricos.

De acordo com Guyton (1997), o olho assemelha-se a uma câmara fotográfica (Figura 1), onde a lente da câmara seria o cristalino do olho, as pálpebras funcionariam como o dispositivo de abertura e fechadura da lente, o diafragma seria a íris e a retina seria a película fotográfica ou filme (conforme mostrados na Figura 2). Neste conjunto é que as imagens luminosas são convertidas em impulsos nervosos que serão enviados ao cérebro.

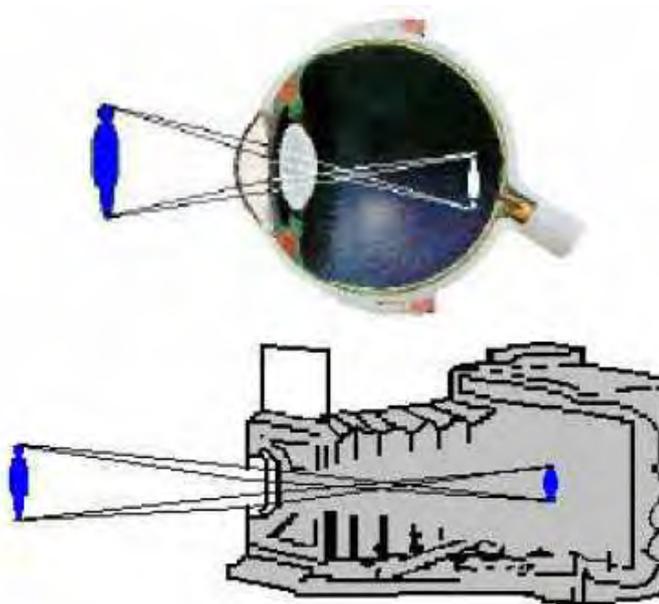


Figura 1. Comportamento do olho como máquina fotográfica. Fonte: Guyton (1998)

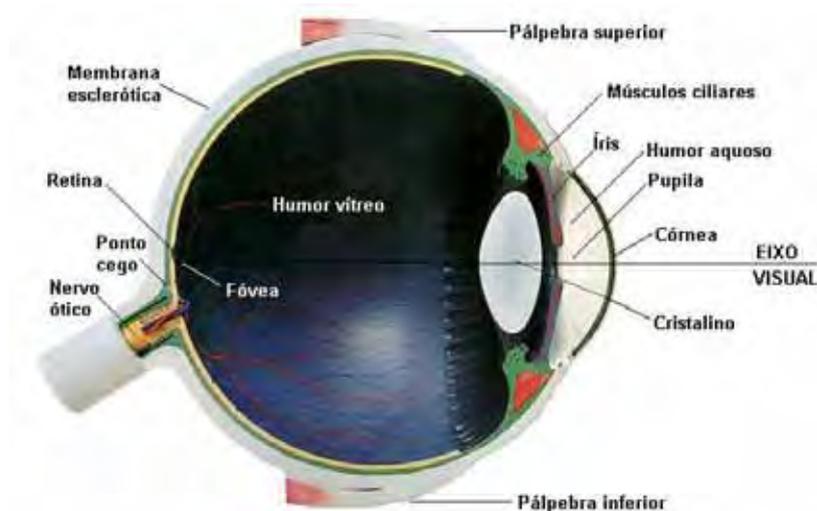


Figura 2. Estrutura geral do olho humano. Fonte: Guyton (1998)

Como aconteceria na câmara fotográfica, a abertura da pupila (íris) pode variar automaticamente com o objetivo de controlar a quantidade de luz que entra no olho. Esta abertura aumenta na penumbra aproximadamente até 8mm de diâmetro e reduz-se com a presença da luz intensa aproximadamente até 2 mm.

Na descrição de Viña e Gregory (1990), o sistema de lentes do olho é formado pela córnea e pelo cristalino. Os músculos ciliares e os ligamentos, que mantêm o cristalino relativamente plano, regulam a forma do cristalino de acordo com a distância a que se encontram os objetos, com o objetivo de garantir um correto enfoque da imagem na retina. É esta elasticidade do cristalino a que permite focalizar na retina a melhor imagem dos objetos, independentemente da distância a que estes se encontram do olho. É a este mecanismo que se denomina acomodação, o qual vai-se perdendo com a idade, devido ao endurecimento progressivo do cristalino.

Segundo Lida (2005), aos 16 anos a pessoa é capaz de acomodar até 8 cm de distância, mas aos 45 anos essa distância cresce para 25 cm e aos 60 anos chega a 100 cm. Nesse caso há necessidade de óculos de lentes de convergência para corrigir essa deficiência. Ainda segundo o autor, a menor distância para a convergência (capacidade dos dois olhos se moverem coordenadamente, para focalizar o mesmo objeto) situa-se em torno de 10 cm

e não é muito afetada pela idade. A acomodação e convergência são processos simultâneos, que dependem da musculatura dos olhos e tem a função de manter a imagem “única” no foco.

Ainda segundo Lida (2005), a adaptação (faculdade do olho para ajustar-se automaticamente a mudanças nos níveis de iluminação) deve-se à capacidade que tem a íris para regular a abertura da pupila e as mudanças fotoquímicas na retina. Na medida em que passa o tempo, o olho humano adapta-se cada vez mais a situação existente. Normalmente o olho consegue adaptar-se muito mais rapidamente quando a pessoa passa de um ambiente escuro para um que esteja iluminado. Este processo pode ser observado, por exemplo, quando uma pessoa abandona um cinema depois de assistir um filme. Isto se deve quando os raios luminosos atingem a retina, produz-se um processo de decomposição da rodopsina, que é a substância fotossensível que se encontra na membrana que cobre o segmento externo dos bastonetes células fotossensíveis, em outras duas substâncias (retineno e escotopsina) e o período de ressíntese demora um determinado tempo.

De acordo com Batiz (2003), o contrário é diferente: na adaptação do olho quando se passa de um ambiente iluminado para escuro, o processo acontece muito mais lentamente; passado um tempo, que pode ser de aproximadamente um minuto, a pessoa começa a enxergar com maior facilidade e passado um tempo maior consegue perceber com mais detalhes os objetos. Da mesma forma e continuando com o mesmo exemplo, a pessoa, ao entrar no cinema, não consegue visualizar praticamente nenhum objeto e normalmente, se não existir uma pessoa que o guie, permanece por um tempo parado aguardando conseguir enxergar onde se encontram as cadeiras. Ao transcorrer um tempo sua visão melhora consideravelmente. Este processo pode ser explicado porque logo ao início da entrada no cinema, os níveis de rodopsina e das substâncias cromossensíveis diminuem notavelmente. Por outra parte, como nos ambientes escuros existe muito pouca quantidade de energia luminosa a decomposição da rodopsina é muito pequena. Desta forma a concentração de rodopsina aumenta gradualmente, conseguindo a estimulação dos bastonetes com pequenas quantidades de luz, pelo que as pessoas começam a enxergar melhor nas condições de escuro.

### 2.2.2 Sensibilidade do Olho Humano

Os processos de acomodação, adaptação, convergência, juntamente com a acuidade visual e a percepção das cores, constituem as características fundamentais da visão humana.

Acuidade visual: É a capacidade visual para discriminar pequenos detalhes e depende de vários fatores sendo o mais importantes a iluminação e tempo de exposição.

Percepção de cores: A luz pode ser percebida como uma energia física que se propaga através de ondas eletromagnéticas. O olho tem dois tipos de células fotossensíveis ou fotorreceptores sensíveis a luz que são os cones e os bastonetes, assim chamados em função de suas formas.

A quantidade de cones bastonetes encontrada na bibliografia sofre alterações de um autor para outro: para Netter (1998) existem aproximadamente 7 milhões de cones e 123 milhões de bastonetes em cada olho; para Guyton (1997), existem aproximadamente 125 milhões de cones e bastonetes e apenas um milhão de fibras parte do olho para o cérebro; para Lida (2005), existem em cada olho cerca de 6 a 7 milhões de cones e 130 milhões de bastonetes.

A maior quantidade de cones encontram-se na fóvea, que é uma zona localizada na parte central do fundo da retina, e na parte periférica da retina só existem bastonetes.

Os cones são mais sensíveis à iluminação mais intensa e encarregados da visão das cores (visão fotópica). Os bastonetes são acromáticos, ou seja, não distinguem cores (visão escotópica), só vem imagens em branco e preto, mas apenas formas, são mais sensíveis a baixos níveis de energia da luz e estão mais dispersos na retina.

De acordo com Batiz (2003), o olho humano é sensível a radiações eletromagnéticas de luz visível entre os 400 e os 750 nm. A figura 3 mostra a curva de sensibilidade relativa do olho humano e a parte visível do espectro eletromagnético.

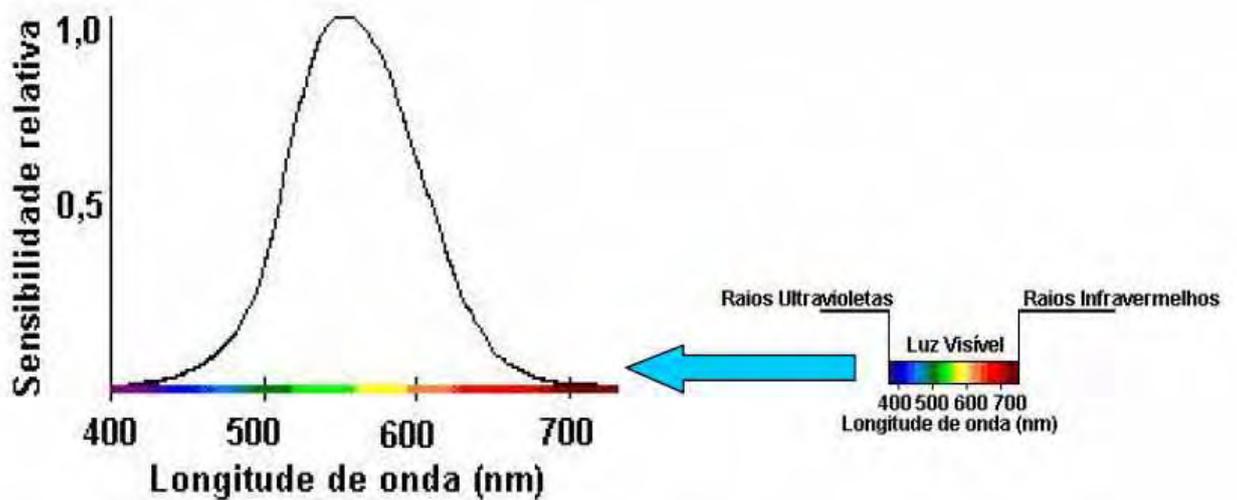


Figura 3. Curva de sensibilidade relativa. Fonte: Batiz (2003)

Na qualidade da visão, assim como na fotografia, a luz tem uma importância fundamental. Em condições de boa iluminação, como acontece geralmente de dia, a visão é nítida e as cores são distinguidas com facilidade, a este tipo de visão conhece-se com o nome de fotópica ou visão diurna. Para níveis de iluminação inferiores a  $0,25 \text{ cd/m}^2$  a visão de cor tende a desaparecer e a visão é mais sensível aos tons azuis, conhecida como visão escotópica. A sensibilidade da visão fotópica atinge o máximo em aproximadamente 555 nm (correspondente a uma cor amarelo-esverdeado), enquanto para a visão escotópica a máxima sensibilidade ocorrem em torno de 507 nm (IESNA, 2000), correspondendo a uma cor azul-esverdeado. Este deslocamento do máximo da curva ao diminuir a quantidade de luz que o olho recebe chama-se efeito Purkinje.

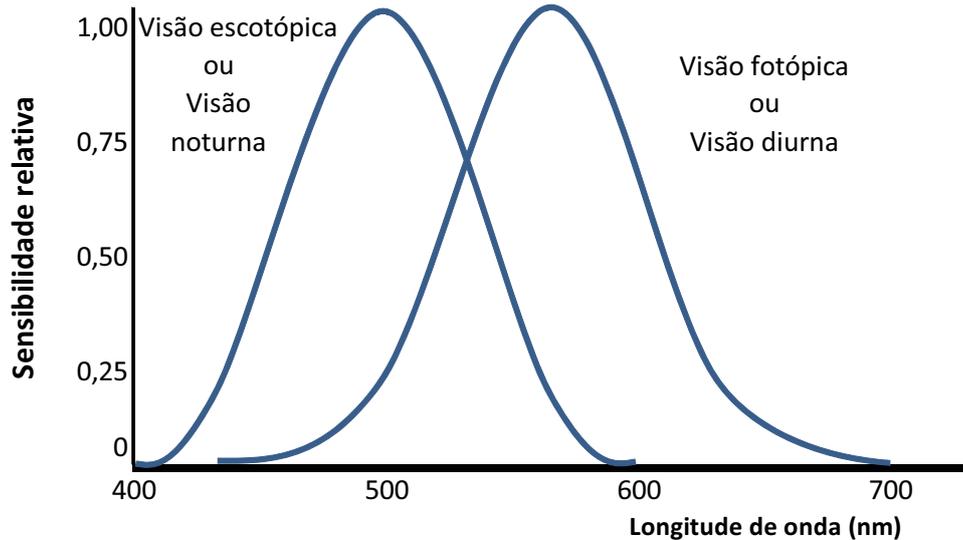


Figura 4. Curvas de sensibilidade do olho humano Fonte: Batiz (2003)

### 2.2.3 Movimentos dos Olhos

De acordo com Batiz (2003), os olhos se movimentam para o objeto de atenção através de três pares de músculos oculares, os quais estão ligados a cada globo ocular. É importante lembrar que estes músculos são externos ao globo ocular e não deve confundir-se com os músculos ciliares, que se situam no interior do globo ocular e são os responsáveis junto aos ligamentos, pela focalização do cristalino. Estes três pares de músculos externos que controlam os movimentos:

- 1 – um par de músculos que se encontram na parte superior e inferior do globo ocular e que tem a função de possibilitar que os olhos mexam-se para cima e para baixo
- 2 – um par de músculos que se encontram inseridos de forma horizontal nos dois lados do globo ocular e que permitem o movimento lateral e medial dos olhos
- 3 – um par de músculos que se encontram em torno do globo ocular e que permitem os movimentos de rotação dos olhos

Os centros neuronais existentes na base do cérebro são os que controlam todas as funções musculares do olho.

Os olhos se movimentam coordenadamente e de forma simultânea para garantir a convergência dos eixos visuais sobre o objeto fixado, desta maneira isto pode provocar operações complicadas como seria o caso da mudança da fixação de um ponto distante para outro ponto mais perto; isto leva a uma complicada operação de contrações musculares que provocam contrações da pupila, acomodação do cristalino e a convergência binocular.

Quando se fixa a vista em um objeto acontecem movimentos voluntários e involuntários. Os movimentos involuntários são comandados pelo cérebro e permitem que o objeto fixado seja visto com nitidez, já que o movimento voluntário depende, como o nome indica, da vontade da pessoa em direção do objeto que ela deseja fixar.

#### **2.2.4 Movimento Sacádico**

Segundo Batiz (2003), para compreender melhor este tipo de movimento pode-se tomar, por exemplo, a leitura ou próprio exame detalhado de um objeto. Em qualquer dessas circunstâncias, o olho não se mexe continuamente, mas em forma de “pulos” em diversas fixações sucessivas. Esse movimento é conhecido como sacádico, no qual, primeiro acontece uma aceleração na direção desejada, seguido de uma desaceleração e ao ficar mais perto ao ponto desejado começam acontecer pequenas oscilações para conseguir um bom ajuste. Estes movimentos sacádicos posicionam as diferentes partes da imagem na fóvea, sendo esta a de maior concentração de cones.

#### **2.2.5 Persistência de imagens e fusão de imagens intermitentes**

Segundo Guyton (1997), depois de um relâmpago luminoso que dure aproximadamente um milionésimo de segundo, o olho vê uma imagem de luz que dura aproximadamente um décimo de segundo, assim a duração da imagem é o intervalo de tempo em que a retina permanece estimulada depois

do relâmpago. Essa persistência da imagem na retina permite a fusão de imagens intermitentes, conhecido como efeito flicker.

### 2.2.6 Anormalidades no sistema de lentes

Segundo Netter (1998), existem vários erros de óptica que podem ser genéticos, ou causados por uma utilização deficiente do aparelho visual. Essa utilização deficiente pode passar por estar exposto a condições de iluminação inadequadas.

Os erros de ótica mais comuns são:

- Presbiopia – Perda de capacidade de acomodação por endurecimento do cristalino com a idade.
- Astigmatismo – Alterações dos contornos da córnea ou do cristalino, com pontos de focagem diferente consoante o ângulo de incidência.
- Hipermetropia – Focagem atrás da retina, que origina falha na visão proximal, podendo deve ser corrigida com lente convexa.
- Miopia – Focagem antes da retina, que origina falha na visão à distância, podendo ser corrigida com lente côncava.

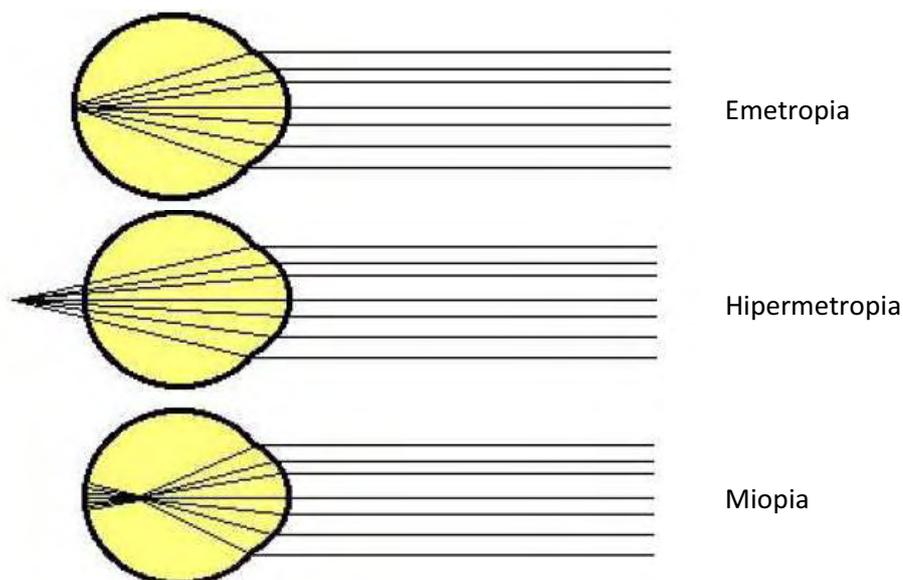


Figura 5. Anormalidades em lentes do globo ocular. Fonte: Netter (1998)

### **2.2.7 Intensidade da exposição à luz solar - ritmos circadianos**

De acordo com Aires (2005), desde a introdução da iluminação elétrica, uma grande parte da população passa o tempo no interior de edifícios durante o dia. As conseqüências da mudança desta dinâmica são incalculáveis, pois a luz controla o relógio biológico humano e, portanto, é um importante regulador da fisiologia humana e seu desempenho. Segundo o autor, o relógio biológico é um relógio interno que existe em muitos organismos e a temporização interna deste relógio biológico é chamado de ritmo circadiano.

A cada manhã, fortes doses de luz solar são necessárias para estimular a glândula pineal para encerrar a produção de melatonina. Receptora de informações sobre os níveis de luz, a partir da retina, a glândula pineal é um órgão que se localiza na base do cérebro.

De acordo com Baker e Steemers (2002), ela desenvolve várias funções regulatórias importantes, principalmente através da liberação de melatonina na corrente sanguínea durante as horas de escuridão. No entanto, afirmar que esses ciclos são iniciados ou encerrados devido à presença ou ausência de luz natural é uma simplificação excessiva da realidade. Experimentos têm mostrado que os ciclos circadianos continuam a ocorrer mesmo sem o estímulo da luz natural; entretanto, eles atrasam 1h10min a cada 24 horas. Em outras palavras, a ação da luz natural acelera os ciclos circadianos do corpo, de forma a fazê-los coincidir com o ciclo diário de 24h. Isso foi descrito como mudança de fase, e uma mudança de fase positiva, em média de 1h10min, necessária, portanto, diariamente.

A glândula pineal é muito mais sensível de manhã cedo que durante o meio do dia. Durante a sensibilidade máxima (por volta de 4h da manhã), mesmo uma luz de baixa intensidade pode ocasionar uma mudança positiva de fase, mas à medida que o dia continua, essa sensibilidade diminui gradualmente, de maneira que uma intensidade (e/ou duração) de luz cada vez maior é exigida para se obter o mesmo efeito. Embora isso possa parecer estranho, num primeiro momento, é o método do qual a natureza se vale para garantir que

haja um equilíbrio na exposição, apesar das amplas diferenças na intensidade da luz natural de acordo com a condição climática ou latitude.

Assim, por exemplo, analisam Baker e Steemers (2002), a exposição matinal à forte luz dos trópicos, à qual, ao contrário, encurtaria os ciclos circadianos em mais de 1h10min, pode ser compensada na dose adequada pela exposição no período da tarde. Ao mesmo tempo, o sistema é sensível o bastante para permitir uma mudança de fase positiva, mesmo em dias nublados nas altas latitudes.

Ao longo do tempo, o ciclo de produção de melatonina da glândula pineal irá se estender gradualmente por 25h10min, e a não sincronização circadiana ocorrerá. A melatonina será liberada em horas erradas do dia, ocasionando letargia, sonolência e vários outros sintomas causados pela atividade intempestiva desses órgãos regulados pela melatonina.

Em alguns indivíduos, isso ocasiona uma condição conhecida como Desordem Emocional Sazonal (Seasonal Affective Disorder – SAD). As pessoas que vivem diariamente em ambientes climatizados e iluminados artificialmente sentem, em algum grau, mudanças sazonais no seu humor ou comportamento. Entretanto, as pessoas que sofrem de SAD e vivem em altas latitudes, durante o inverno, sentem esses sintomas de forma mais severa, o que faz com que se sintam seriamente debilitadas.

Baker e Steemers (2002) afirmam ainda que não só o fato de a retina não receber luz forte suficiente, como também a possibilidade de que a exposição à luz seja irregular e intermitente podem interferir nos nossos ritmos circadianos.

O quão grave a disfunção circadiana crônica pode ser para a saúde humana ainda é objeto de pesquisa médica, mas é provável que, pelo menos, cause debilitação das funções física e mental. Enquanto as pessoas que vivem e trabalham em altas latitudes, no inverno, estão em posição de maior risco, prédios inadequadamente iluminados durante o dia podem colocar seus ocupantes em risco em qualquer latitude, mesmo no verão. Nesse contexto,

não é sem propósito que o sintoma mais comum relatado em estudos sobre a Síndrome do Edifício Doente (Sick Building Syndrome - SBS) é a letargia.

Financeiramente, por menor que seja a redução na performance do trabalhador, acarreta enormes custos acumulados em termos de perda de produção. Em termos de qualidade de vida, os custos da disfunção circadiana são incalculáveis.

Segundo Couto (1995), nestes últimos anos a ergonomia passou por desenvolvimentos consideráveis e foi descoberto que o comportamento do trabalhador varia em função do ciclo circadiano, mesmo se a tarefa é constante.

## **2.3 Luminotécnica**

### **2.3.1 Luz**

Segundo OSRAM (2003), uma fonte de radiação emite ondas eletromagnéticas. Elas possuem diferentes comprimentos, e o olho humano é sensível a somente alguns. Luz é, portanto, a radiação eletromagnética capaz de produzir uma sensação visual. A sensibilidade visual para a luz varia não só de acordo com o comprimento de onda da radiação, mas também com a luminosidade.

De acordo com Silva (2002), luz é o que se vê e nos faz ver. Ela representa segurança, beleza, funcionalidade, modela design de espaços criando ambientes e fazendo parte de nossas vidas. Na natureza existe uma infinidade de ondas eletromagnéticas que, dependendo do seu comprimento, provocam um fenômeno e são batizados com determinados nomes. Dentre essas ondas existe uma determinada faixa, que se localiza entre 380 e 780 nm visível ao olho humano e que leva o nome de luz.

A luz, portanto, segundo Silva (2002), nada mais é que uma onda eletromagnética situada na faixa indicada e que, percebida pelo cérebro, tem a

capacidade de refletir em determinadas superfícies, sendo então visível ao olho humano.

A zona visível do espectro é ínfima quando comparada com a sua amplitude. No entanto, esta pequena área é fundamental para a vida humana e para a sua sobrevivência num universo cheio de diferentes formas de energia radiante às quais o ser humano é radicalmente cego.

### 2.3.2 Fotometria

- Fluxo Luminoso ou Potência Luminosa

Segundo definição da NBR 5413 – Iluminância de interiores, da ABNT (1992), o fluxo luminoso é a grandeza característica de um fluxo energético, exprimindo sua aptidão de produzir uma sensação luminosa no ser humano através do estímulo da retina ocular, avaliada segundo os valores da eficácia luminosa relativa admitida pela CIE. É a quantidade total de luz emitida a cada segundo por uma fonte luminosa e a sua unidade de medida é o lúmen (lm).



Figura 6. Fluxo luminoso. Fonte: OSRAM (2003)

- Intensidade luminosa

De acordo com OSRAM (2003), a intensidade luminosa é o fluxo luminoso fornecido pelo fabricante do aparelho emitido numa determinada direção (ângulo sólido medido em esterradianos), dada pela relação entre uma

superfície cortada numa esfera e o quadrado do raio dessa esfera. A unidade é a candela (cd).

- Iluminância

É uma medida da densidade do fluxo luminoso incidente em uma superfície, por meio do quociente do fluxo luminoso pela área da superfície uniformemente iluminada. A iluminância é expressa em lux (lux) correspondente ao fluxo luminoso incidente perpendicularmente por uma fonte de luz, cujo fluxo luminoso é de um lúmen, ou seja, um lux equivale a um lúmen por metro quadrado ( $\text{lm}/\text{m}^2$ ).

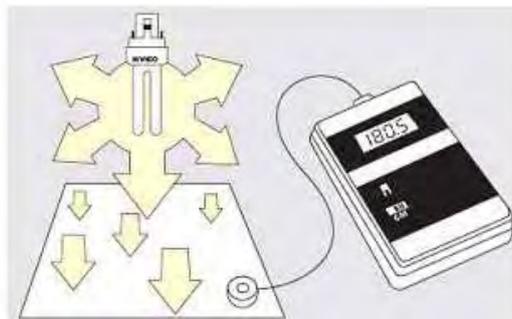


Figura 7. Iluminância. Fonte: OSRAM (2003)

Profissionais servem-se dessa grandeza para adequarem o nível de iluminação à atividade num determinado espaço. Trata-se de um conceito muito importante para o cálculo luminotécnico.

- Luminância

Segundo a NBR 5413, luminância é o limite da relação entre a intensidade luminosa com a qual irradia em uma determinada direção uma superfície elementar contendo um ponto dado e a área aparente dessa superfície para uma direção considerada, quando essa área tende para zero. Em outras palavras, é a densidade da intensidade luminosa na direção do observador.

Luminância é a medida da sensação de claridade que o olho humano percebe da superfície, o brilho. A luminância depende do tamanho aparente da superfície dada pelo ângulo do observador, e da intensidade luminosa emitida pela superfície na direção do olho. Sua unidade é a candela por metro quadrado ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ).



Figura 8. Luminância. Fonte: OSRAM (2003)

- Contraste

É a relação entre a luminância do objeto e a luminância do plano de fundo.

- Reflexão

É um parâmetro que traduz a medida da porção de luz refletida por uma dada superfície. A reflexão é uma propriedade intrínseca dos materiais, e é tratada como um coeficiente, que relaciona o valor do fluxo luminoso incidente sobre uma determinada superfície, com a percentagem desse fluxo que é refletida. Por exemplo, se todo o fluxo incidente for refletido, o coeficiente de reflexão dessa superfície é igual a 1 (um espelho).

A reflexão pode ser:

- Direta – Os ângulos de incidência e de reflexão dos raios de luz são iguais (superfície muito lisa e polida).
- Difusa – As superfícies refletoras só brilham sob certos ângulos quando iluminadas (reflexos nítidos na superfície de um material baço).
- Mista – Mistura de reflexão direta com reflexão difusa.

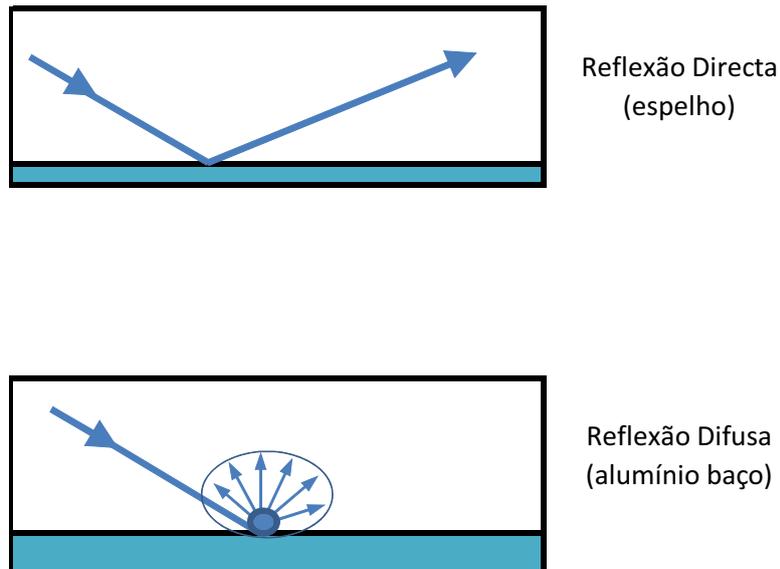


Figura 9. Reflexão. OSRAM (2003)

### 2.3.3 Tipos de Iluminação

#### Quanto ao Receptor

Do ponto de vista do receptor, existem quatro tipos de iluminação, que dependem da forma e direção com que a luz incide sobre o receptor

- Iluminação Direta: O fluxo luminoso incide diretamente sobre o receptor.
- Iluminação Indireta: A luz incide sobre o receptor por meio de reflexão em outras superfícies ou corpos.
- Iluminação Semi-Direta: A luz incide sobre o receptor de forma direta e indireta, sendo a percentagem de luz direta superior à percentagem de luz indireta.
- Iluminação Semi-Indireta: A luz incide sobre o receptor de forma direta e indireta, sendo a percentagem de luz indireta superior à percentagem de luz direta.

A implementação dos diferentes tipos de iluminação é conseguida com a manipulação de alguns fatores, como por exemplo: tipo de armadura, cores de

paredes e tetos, disposição das entradas de luz, utilização de materiais refletores ou difusores.

### **Quanto à Fonte**

Na classificação de Hopkinson (1975), do ponto de vista da fonte existem dois tipos distintos de iluminação, a iluminação natural e a iluminação artificial.

#### **2.3.4 Luz Natural**

A iluminação natural é aquela que provém do sol, de forma direta ou indireta, e é composta por todos os comprimentos de onda do espectro da radiação visível.

A luz natural oferece enormes vantagens, e pode ser utilizada como estratégia para obter maior qualidade ambiental e eficiência energética em edificações. Muitos componentes para serem utilizados como estratégias de projeto estão disponíveis, tanto em novos edifícios, como em reformas. A disseminação de informações é muito importante, para que a utilização destas estratégias em larga escala possa tornar-se uma realidade palpável, colaborando para a sustentabilidade da arquitetura de forma concreta.

De acordo com Boyce (2003), a discussão sobre os impactos financeiros do uso ou não da iluminação natural esta focada no incorporador ou no proprietário, pois são eles que tomam a decisão sobre seu uso. No entanto, existe uma perspectiva social para o uso da iluminação natural. Esta perspectiva aponta para a conclusão de que o uso extensivo da iluminação natural nos edifícios conduz, em longo prazo, a uma economia com energia mais sustentável, algo que será bom para o meio ambiente e economia do país.

Além disso, os seres humanos, em comum com a maioria dos outros organismos complexos, dependem da exposição à luz natural para ativar uma série de funções fisiológicas. Existem, essencialmente, dois aspectos que devem ser considerados: a intensidade da exposição à luz natural e a exposição específica ao componente ultravioleta da radiação solar.

Segundo Corbella e Yannas (2003), o olho humano se adapta melhor à luz natural que à artificial; portanto, é melhor trabalhar com a luz natural. Porém, é claro que não se está propondo trabalhar só com a luz natural. O aproveitamento dos períodos da noite, do amanhecer e do fim da tarde, ou ainda dos dias com nebulosidade densa, requerem o uso da luz elétrica, mas para isto o projeto de iluminação deve ter como base a complementação e não a substituição da iluminação natural pela elétrica.

Para Brown e Dekay (2004), o ideal para o melhor aproveitamento das pessoas seria ajustar a iluminação às suas atividades e à proximidade da janela, às vezes usando somente a iluminação natural e, às vezes, usando uma combinação de iluminação natural e elétrica.

Romero (2001) relata que a luminosidade que provém diretamente do sol é, em muitos casos, rejeitada nos interiores habitados, graças a diversos motivos: ofuscamentos, calor, brilhos, efeitos devastadores sobre o mobiliário, etc. Devido a isso se faz necessária a luz artificial nestes ambientes.

Segundo Vianna e Gonçalves (2001), para se projetar de maneira correta sob a ótica da iluminação artificial, é preciso explicar a relação desta com a iluminação natural. No design de bons projetos, os espaços usufruem destas duas condições, pois é fundamental saber integrar a solução apresentada para o sistema de iluminação artificial com proposta feita pelo próprio projeto com relação à iluminação natural .

### **2.3.5 Iluminação Artificial**

A iluminação artificial provém de uma fonte de energia que não o sol, e a gama de comprimento de onda do espectro da radiação visível abrangida varia conforme a fonte. As fontes de iluminação artificial que interessam ao estudo da iluminação no local de trabalho são as lâmpadas.

Existem vários tipos de lâmpadas, de acordo com a tecnologia utilizada para transformar energia elétrica em radiação luminosa, variando no comprimento

de onda abrangido, no fluxo luminoso emitido, e principalmente no rendimento elétrico.

Os tipos de lâmpadas utilizadas na iluminação de locais de trabalho são:

- Incandescentes.
- Fluorescentes.
- Vapor de Sódio.
- Vapor de Mercúrio.
- Iodetos Metálicos.

Nesta análise não são incluídas lâmpadas especiais como lâmpadas infravermelhos, ou ultra-violeta, que são utilizadas em locais de trabalho como, zonas de detecção de falhas em linhas de produção, ou câmaras de revelação fotográfica, porque o objetivo dessas lâmpadas não é o de iluminar o local de trabalho.

A eficiência luminosa é a relação entre o fluxo luminoso emitido em lúmens e a potência consumida pela lâmpada em Watts. Uma lâmpada proporciona uma maior eficiência luminosa quando a energia consumida para gerar um determinado fluxo luminoso é menor em comparação a outra.

As lâmpadas incandescentes são as que emitem uma luz mais próxima das características da luz solar. No entanto o seu fraco rendimento torna a sua utilização inviável na iluminação de espaços amplos. Devem ser utilizadas em iluminação de espaços específicos de trabalho, como em bancada para trabalho de precisão. Em geral as lâmpadas incandescentes apresentam baixa eficiência luminosa, visto que a maior parte da potência empregada para a produção de luz transforma-se em calor (radiação infravermelha), contudo é o tipo de lâmpada que conta com as maiores radiações disponíveis.

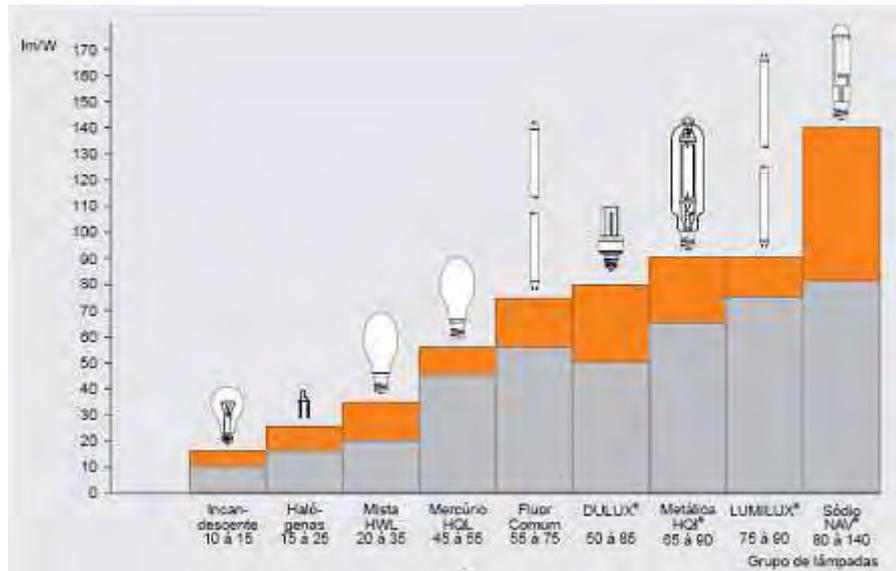


Figura 10. Eficiência Luminosa de diversos tipos de lâmpadas. OSRAM (2003)

As lâmpadas fluorescentes, devido ao seu bom rendimento e boa reprodução de cores, são as lâmpadas mais adequadas para iluminação geral dos espaços de trabalho fechados, como escritórios, salas de reunião, corredores, sanitários, oficinas, pequenos armazéns.

Ao longo da vida útil de uma lâmpada há diminuição do fluxo luminoso em razão da diminuição da eficiência de seus componentes e pelo acúmulo de poeira sobre as superfícies da lâmpada. Este fator é considerado no cálculo do projeto de iluminação a fim de preservar a iluminância média (lux) projetada sobre o ambiente ao longo da vida útil da lâmpada

As lâmpadas de vapor sódio, ou vapor de mercúrio, devido ao seu elevado rendimento, são utilizadas na iluminação de espaços amplos, como grandes armazéns, hangares, e na iluminação exterior. O nível de restituição de cores é baixo.

As lâmpadas de iodetos metálicos, devido ao elevado nível de fluxo luminoso que conseguem produzir, são utilizadas também na iluminação de espaços amplo e exteriores e, como evoluíram muito são também utilizadas em espaços comerciais.

A vida útil de uma lâmpada é definida como o tempo em horas no qual 25% do fluxo luminoso das lâmpadas testadas foram depreciadas. A vida mediana de uma lâmpada é definida como o tempo em horas no qual 50% das lâmpadas de um grupo representativo testado sob condições controladas de operação, tiveram queima.

## **2.4 Riscos**

De acordo com Vieira (2000), uma iluminação ruim ou não adequada ao local de trabalho é um risco que pode originar acidentes de trabalho, ou degradação da saúde dos trabalhadores, podendo degenerar numa doença profissional.

O risco de iluminação mais provável de originar um acidente de trabalho é o simples fato de uma iluminação deficiente potencializar a exposição de uma pessoa a outros riscos.

Numa sala com máquinas em movimento, mesmo que existam sinais de perigo, ou proteções, se a iluminação não for adequada, existe sempre o risco de um trabalhador ser vítima de um acidente devido ao fato de não conseguir ver nem os sinais, nem o perigo do movimento das máquinas

Como tal, dentro da filosofia de que todos os riscos existentes devem ser bem identificados, a iluminação toma uma importância fundamental nessa identificação, pois aquilo que não se consegue ver desconhece-se ou esquece-se.

A saúde de um trabalhador é influenciada pelos seguintes fatores:

- Níveis de iluminação inadequados do local de trabalho (muito baixos ou muito altos).
- Encadeamentos sucessivos e contínuos.
- Cor da luz existente inadequada ao trabalho a executar.
- Funcionamento deficiente da iluminação (lâmpadas que não mantêm um fluxo luminoso constante, refletor ou difusores sujos, janelas sujas).

### 2.4.1 Fadiga Visual

Segundo Lida (2005), a fadiga visual é provocada principalmente pelo esgotamento dos pequenos músculos ligados aos globos oculares, responsáveis pela movimentação, fixação e focalização dos olhos.

De acordo com Kroemer (2005) e Grandejean (2005), após estresse das funções visuais, os olhos experimentam sensação de cansaço, que se soma à fadiga geral. Entre os sintomas da fadiga visual, podemos citar:

- Irritação dolorosa - ardência -, em geral, acompanhada de lacrimação, vermelhidão e conjuntivite;
- Dor de cabeça;
- Redução da força de acomodação (capacidade do olho trazer a foco objetos a distâncias variadas) e convergência (deslocamento dos eixos ópticos para dentro, encontrando o objeto em seu ponto de intersecção, de forma que a imagem caia sobre a retina de cada olho);
- Visão dupla;
- Redução da acuidade, velocidade de percepção e sensibilidade ao contraste.

Quanto à atividade laboral, Couto (1995) afirma que a fadiga visual acarreta as seguintes consequências:

- Perda de produtividade
- Aumento do número de erros, assim como, de acidentes
- Redução da qualidade

Estudos existentes nessa área apontam que a má iluminação do ambiente de trabalho influi negativamente na produtividade, aumentando probabilidade de acidentes e desconforto visual, e que o uso intensivo de computadores predispõe ainda mais à fadiga visual, devido às dimensões reduzidas dos detalhes e a oportunidade limitada de olhar para longe. Dessa forma, a ergonomia pode intervir, projetando estações de trabalho adequadamente iluminadas.

## 2.5 Fatores que relacionam a Visão e a iluminação

Em qualquer estudo de iluminação é importante conhecer os fatores que relacionam a visão e a iluminação. Normalmente se fala do nível de iluminação como fator mais importante a considerar em uma análise das condições de iluminação em uma área de trabalho, o que é um equívoco.

Couto (1995) relata que até algum atrás, dava-se uma importância muito maior à intensidade da iluminação do que a luminância. Atualmente, em trabalho intelectual, principalmente depois do computador e dos incômodos reflexos na tela, o fator luminância passou a ser destacado como igualmente importante.

Existe um grupo de fatores determinantes da visibilidade, os quais devem ser motivo de estudo, de conhecimento e de domínio dos especialistas que se encontram ou que desejam realizar um estudo de iluminação para que o mesmo seja realizado de forma correta. Tendo em conta que a visão é o resultado da interação entre luz e o aparelho visual, tomam-se como fatores dessa interação:

- Tamanho do objeto

Quanto maior for o tamanho de um objeto a uma mesma distância de visão, maior será o ângulo visual e mais rapidamente será observado o objeto.

- Ângulo de visão

Quanto maior o ângulo visual, maior será a imagem na retina. Um objeto observado a diferentes distâncias, tenderá diferentes ângulos de visão. A natural tendência de acercar aos olhos os objetos pequenos para visualiza-lo melhor tem seu fundamento nesta relação, ao acercar o objeto aos olhos não se faz mais que aumentar o ângulo de visão com o qual o objeto se faz maior.

- Acuidade visual

É a capacidade para distinguir os objetos em seus mínimos detalhes. É uma medida do detalhe menor que pode ser visto. A agudeza visual de uma pessoa expressa-se como o ângulo mínimo que devem formar dois pontos luminosos e o olho humano para que este possa percebê-lo como dois pontos separados. A

acuidade está estreitamente relacionada com o contraste e o brilho, pois os trabalhos realizam-se geralmente com objetos não luminosos, ou seja, iluminados por reflexão.

A acuidade visual decresce muito cedo. Pode-se constatar que a acuidade visual de uma pessoa é diretamente proporcional à iluminação.

- Brilho

O brilho de uma superfície é a intensidade luminosa que este emite (se é luminoso) ou reflete (se é iluminado) em direção normal a linha de visão por unidade de área. O brilho depende da intensidade de luz que incide sobre a superfície e o coeficiente de reflexão desta. O mesmo objeto tenderia mais brilho se ilumina mais intensamente e uma superfície branca tenderá muito mais brilho que uma superfície negra, já que a primeira tem um coeficiente de reflexão muito maior.

- Contraste

O contraste é o brilho relativo entre o objeto e seu fundo. Um alto contraste facilita a rápida visão e identificação de um objeto, mas um baixo contraste pode chegar a torná-lo invisível.

- Distribuição do brilho no campo visual

A distribuição do brilho no campo visual do posto de trabalho e ao seu redor é um dos aspectos mais importantes, pois um constante ajuste visual cansa a vista. Os excessivos desníveis entre os brilhos da zona do posto de trabalho e ao seu redor são prejudiciais para o homem, pois o trabalhador está obrigado a realizar um constante ajuste visual dilatando e contraíndo a íris segundo a zona que se observe.

Para conseguir relações de brilhos adequados deve-se ter em conta não somente as fontes de luz, senão também os coeficientes de reflexão do teto, paredes, chão, móveis, roupas, equipamentos etc, pois todos eles contribuem para a iluminação do posto de trabalho.

- Ofuscamento

De acordo com Netter (1998), o ofuscamento é uma perturbação do estado de adaptação da retina e sempre diminui a acuidade e o conforto visual. Tanto o ofuscamento direto (resultante da visão direta da lâmpada pelo olho) quanto o ofuscamento indireto (resultante do reflexo causado por superfícies polidas) causam fadiga visual, desconforto e reduzem visibilidade resultando em perda de produtividade, aumento de erros e acidentes de trabalho. A ausência de ofuscamentos em um ambiente pode ser considerada como uma das mais importantes condicionantes para um bom projeto de iluminação. Dessa forma é indicado que o ângulo entre a direção horizontal da visão e a luminária seja sempre maior que  $30^{\circ}$ , com o uso de aletas bloqueadoras do ofuscamento sempre que possível.

Segundo IESNA (2000), o ofuscamento, pode ocorrer devido a dois fenômenos distintos: contraste e saturação (o olho fica saturado com luz em excesso).

Segundo o mesmo autor o ofuscamento pode ser dividido em três categorias:

1 - Relativo: provocado por excesso de contraste nas superfícies do campo visual; não impede o desenvolvimento da tarefa visual.

2 - Absoluto: acontece quando a claridade de uma fonte luminosa é tão alta que a adaptação não é possível (claridade do sol); impede o desenvolvimento da tarefa visual.

3 - De adaptação: acontece quando a adaptação para a claridade de uma superfície ainda não foi atingida, ex: saída de um quarto escuro para a luz do dia.

lida (2005), salienta também que, para a redução do ofuscamento, recomenda-se usar vários focos de luz, protegendo-os com luminárias ou anteparos, aumentar o nível de iluminação natural, dispor as fontes de luz o mais longe da linha de visão e evitar superfícies refletoras, substituindo-se pelas superfícies difusoras; para postos de trabalho que requerem uma maior precisão, complementar a iluminação com um foco de luz que pode ter o brilho de 3 a 10 vezes o do ambiente geral; a utilização de cores claras nas paredes, tetos e

outras superfícies, para reduzir a absorção da luz e o maior controle no uso de lâmpadas fluorescentes, que podem causar efeito estroboscópico, quando na frequência de 60 hertz.

- Difusão da luz

A difusão da luz geralmente oferece vantagens, pois se evitam reflexões espetaculares e sombras fortes. A difusão se consegue com luminárias de baixo brilho e de grande superfície, fontes luminosas radiantes indiretas ou semidiretas, etc, e paredes e superfícies polidas. Porém deve-se ter em conta as tarefas que necessitam apreciar detalhes e, nestes casos, a luz difusa o impede.

## **2.6 O trabalho informatizado**

De acordo com Couto (1995), o desenvolvimento de uma sociedade traz consigo, um aumento do número de pessoas que trabalha em escritórios, ambientes supostamente melhores para o ser humano do que o interior de fábricas, mas a realidade mostra que isso não é bem verdade uma vez que diversos problemas podem estar relacionados ao uso intensivo dos computadores em ambientes que não possuem uma boa iluminação.

A natureza do trabalho informatizado impõe exigências diferenciadas, pois as atividades envolvem a tríade: o homem que age, mediado por um instrumento - terminal de computador, sobre um posto de trabalho e suas condições ambientais. Uma solução que responda de forma a articular esta tríade remete a especificidades referentes ao mobiliário, aos equipamentos de trabalho, as condições de conforto e a própria organização do trabalho.

Couto (1995) afirma que o estudo ergonômico dos ambientes de trabalho informatizados vem sendo de fundamental importância, visando proporcionar condições de trabalho adaptadas ao corpo, ritmo e movimento dos usuários. Nestes locais de trabalho é imprescindível fazer análises de conforto ambiental.

Os pressupostos subjacentes às especificações das condições ambientais são formulados de maneira a adequar a configuração do posto de trabalho à

natureza da atividade e às características do organismo humano. A situação de trabalho é considerada na sua singularidade, o que implica em caracterizar cada tarefa na sua natureza e conteúdo particular, levando-se em conta as exigências de tempo e de qualidade.

Porém, se de um lado, o trabalhador é confrontado às características da tarefa, por outro, não se pode esquecer do organismo humano que a executa com suas capacidades, seus limites e suas reações às condições de trabalho. Pela via da iluminação, busca-se atender, parcialmente, as exigências do trabalho, em face aos critérios que favoreçam a saúde e a eficiência.

### 2.6.1 As telas de vídeo

Segundo Couto (1995) a questão da iluminação se tornou uma das mais importantes nos tempos atuais em escritórios abertos e na demanda constante em telas de monitores de vídeo de computador, a ponto de se constituir em uma área de concentração da ergonomia, a Ergoofthalmologia.

Uma tela deve ser dotada de mecanismos que permitam ajustes de forma a assegurar que sua parte superior esteja situada na altura dos olhos, formando um cone em torno de 20 graus, posicionada à uma distância que varie entre 40 a 70 cm dos olhos, não ultrapassando o limite de 70 cm.

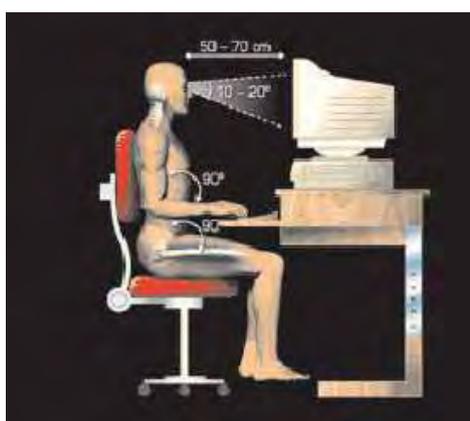


Figura 11. Posição correta no uso do computador.

Fonte: Revista científica da UFPA, v.7, n 01, 2008

Nas tarefas de entrada de dados, os documentos e os formulários quando situados na mesma altura, e no mesmo ângulo que a tela, minimizam os esforços visuais.

É sabido que o ofuscamento favorece a fadiga visual; assim, recomenda-se que o posicionamento da tela não seja voltado para qualquer fonte luminosa, especialmente, quando colocados de frente para uma janela desprotegida.

Sugerem-se telas cuja luminância dos caracteres seja facilmente regulável, disponibilizando uma ampla gama de intensidade. Os sistemas de ajuste devem preferencialmente, dissociados um para a luminância dos caracteres e outro para a luminância do fundo da tela. O ajuste da luminosidade da tela do vídeo facilita a leitura da tela, diminuindo, assim, os esforços visuais. Portanto, os aparelhos reguláveis em altura, inclinação, rotação favorecem o seu deslocamento sobre o plano de trabalho e oferecem mais conforto ao trabalhador.

### **2.6.2 Percepção Visual em Atividades Informatizadas**

Segundo Vieira (2000), a capacidade de completar tarefas em escritórios esta diretamente relacionada ao conforto visual.

De acordo com Chauí (2000), o espaço de trabalho é capaz de produzir sensações aos seus usuários. Entende-se por sensação aquilo que é sentido, inclusive o prazer. As sensações nos agradam por si mesmas, e mais do que todas as outras, as sensações visuais. Estas sensações nada mais são do que a capacidade do usuário decompor o objeto em suas qualidades simples. Através das sensações, o indivíduo passa a perceber o objeto quando consegue recompô-lo como um todo, isto é organizá-lo e interpretá-lo. Assim, a sensação conduz a percepção.

A percepção é o que se compreende. Ela é altamente seletiva e antecipatória, sendo a visão o órgão que mais proporciona a antecipação perceptiva.

Segundo Huertas *et al.* (1993), através da visão, é possível conhecer a forma, a distância e a posição de todo conjunto de estímulos ambientais que o campo visual de cada indivíduo atinge.

De acordo com Grandejean (1998), a percepção não é a cópia autêntica do mundo exterior, pois este é subjetivamente vivido e percebido por um processo sensorial e modulado por um processo puramente subjetivo, tais como a personalidade e a emocionalidade do indivíduo.

lida (2005), descreve que em relação as diferentes percepções visuais de cada indivíduo, existem aspectos da fisiologia ocular que influenciam esse diferencial, os quais aparecem através da idade, da acuidade visual, da acomodação, da convergência e da percepção de cores.

Para Pheasant (1987), além dos aspectos internos de cada pessoa, existem variáveis externas aos indivíduos que influenciarão sua discriminação visual, as quais são relativas ao objeto, ao sujeito-ambiente e ao ambiente, e que conseqüentemente influenciarão a percepção visual.

As variáveis relativas ao objeto dizem respeito às dimensões, configurações (forma do objeto), á familiaridade (conhecimento prévio do objeto), ao contraste de luminância (contraste entre o objeto e o fundo) e ao tempo de exposição.

As variáveis relativas ao sujeito-ambiente estão relacionadas ao ângulo de visão (posição do objeto em relação ao campo de visão) e ao movimento do objeto ou do indivíduo.

Por último, há também as variáveis relativas ao ambiente, que podem provocar ofuscamento direto ou por reflexão e a intensidade de luminância.

Segundo Vieira (2000), todas essas variáveis implicam no quanto à iluminação deve ser considerada ao se projetar uma área de trabalho, de acordo com os princípios da ergonomia, uma vez que a iluminação deve ser suficiente pra leitura de documentos, o que não significa necessariamente uma luz brilhante, já que o objetivo é justamente evitar ou reduzir o brilho.

Conforme Lida (2005), existem basicamente três tipos de sistemas de iluminação que podem ser utilizados dependendo das características do trabalho conforme Figura 12; a iluminação geral se obtém pela colocação regular de luminárias em toda a área, garantindo-se assim, uma iluminância sobre o plano horizontal; iluminação localizada: concentra maior iluminância sobre a tarefa, enquanto o ambiente geral recebe menos luz e iluminação combinada: a iluminação geral é complementada com focos de luz localizados sobre a tarefa.

As luminárias devem ser posicionadas de modo a evitar a incidência de luz direta ou refletida sobre os olhos para não provocar ofuscamentos, recomendando situá-las num ângulo de  $30^\circ$  acima da linha de visão horizontal. As luminárias devem ficar posicionadas  $30^\circ$  acima da linha de visão e atrás do trabalhador, especificadas na figura 13, para evitar ofuscamentos e reflexos.

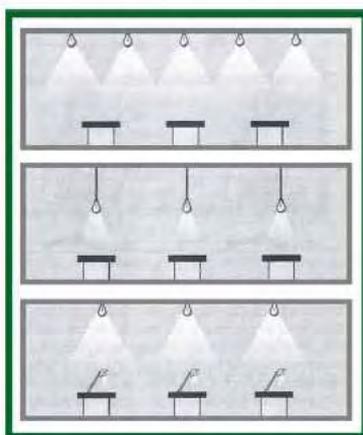


Figura 12. Sistemas de iluminação típicos em áreas de trabalho. Lida (1990)



Figura 13. Posicionamento das luminárias com respeito à visão do trabalhador. Lida (1990)

Portanto, são vários os aspectos que influenciam a percepção visual de um ambiente e dos objetos que nele estão inseridos. Conforme for a eficiência da percepção, haverá uma certa influência na cognição do usuário do espaço e, conseqüentemente, uma influência na produção de uma determinada situação de trabalho e, também, na saúde dos trabalhadores.

Assim, existem normas regulamentadoras que regem a aplicação de avaliação dos locais de trabalho e apresentam parâmetros aceitáveis de iluminação com índices limítrofes de ajustamento, descritos abaixo.

## **2.7 Regulamentação**

De acordo com Candura (2007), para a compreensão da necessidade de aplicação das normas técnicas de iluminação na execução de projetos luminotécnicos faz-se necessário o entendimento do conceito da expressão “norma”. Norma é um conjunto de preceitos e princípios tecnológicos, resultado da experiência acumulada de diversos profissionais, destinado à utilização pela sociedade em geral, que impõem um padrão mínimo de qualidade e segurança num determinado contexto de atuação.

O texto de uma norma de aplicação não é obrigatoriamente amigável e, em alguns casos específicos, seu objetivo primordial é ser prescritivo e obrigatório. Para complementar as necessidades de projeto e algumas lacunas do conhecimento, em muitos países existem os famosos guias técnicos, que, fundamentalmente, são manuais de boas práticas, de recomendações gerais, fundamentados em pesquisas, mas escritos de forma bem mais abrangente e flexível.

Ainda segundo Candura (2007), a ABNT é o órgão responsável pela normalização técnica no Brasil, fornecendo a base necessária ao desenvolvimento tecnológico nacional. Fundada em 1940, a ABNT é uma entidade privada, sem fins lucrativos, reconhecida como único Foro Nacional de Normalização, através da Resolução n.º 07 do Conmetro - Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, de 24/8/1992. Em princípio, pela sua própria natureza, as normas da ABNT são de aplicação

voluntária, a não ser quando referenciadas, explicitamente, em um documento legal. É por isso que, mesmo não sendo obrigatórias, as normas da ABNT são sistematicamente adotadas em questões judiciais.

Ainda segundo Candura (2007) fundamentalmente existem quatro tipos de normas: Terminologias, Normas de Ensaio, Normas de Produtos e Normas de Serviços. “São as de serviços que determinam como os trabalhos devem ser realizados e os produtos devem ser aplicados”.

Desta forma, profissionais que desenvolvem projetos de iluminação devem seguir as normas de serviços de iluminação, atualmente em número de 14.

De acordo com Vieira (2000), alguns conhecimentos em ergonomia foram convertidos em normas oficiais, com o objetivo de estimular a aplicação dos mesmos. No Brasil a Norma Regulamentadora NR 17 – Ergonomia, Portaria nº 3214, de 08. 06.78 do Ministério do Trabalho, modificada pela Portaria nº 3.751 de 23.11.1990 do Ministério do Trabalho, dispõe sobre o assunto.

### **2.7.1 Referências internacionais**

Não se podem confundir normas estrangeiras com normas internacionais – uma norma francesa por exemplo, é uma norma estrangeira, mas não é uma norma internacional. As normas internacionais são estabelecidas por órgãos de normalização supranacionais, cuja maioria é conveniada a ABNT.

A ABNT é membro fundador da ISO (International Organization for Standardization), da COPANT (Comissão Panamericana de Normas Técnicas), e da AMN (Associação Mercosul de Normalização).

É também a única e exclusiva representante no Brasil das seguintes entidades internacionais: ISO; IEC (International Electrotechnical Commission); e das entidades de normalização regional COPANT (Comissão Panamericana de Normas Técnicas), e AMN (Associação Mercosul de Normalização). Estas participações da ABNT são relevantes para alicerçar o emprego legal de normas internacionais, pelos profissionais brasileiros. Daí a opção de muitos

pelas normas internacionais. Segundo Candura (2007), essas normas podem dar um importante embasamento técnico ao projeto, pois são mais voltadas para os detalhes.

O órgão internacional mais significativo com relação à aplicação de iluminação é o CIE (Commission Internationale de l'Éclairage), uma organização dedicada a promover a troca de informações entre seus países membros, sobre assuntos relevantes na área da iluminação servindo, inclusive, como base para as recomendações utilizadas no Brasil. Deve-se considerar também que faltam guias técnicos de iluminação em português.

### **2.7.2 NR 17 – Ergonomia**

De acordo com Brasil (2002), a Norma Regulamentadora NR 17 – Ergonomia, do Ministério do Trabalho, estabelece os parâmetros que permitem a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores (cf. seu item 17.1). Ela é usada como balizadora de projetos e avaliações (onde cita e se orienta pela NBR5413 – Iluminância de Interiores) de ambientes de trabalho de forma geral incluindo as condições de iluminação.

### **2.7.3 A qualidade da iluminação na NR 17**

Conforme os autores de Brasil (2002), o objetivo da NR 17 não é apresentar valores dos parâmetros de qualidade, que devem ser buscados e atualizados a partir de estudos realizados no Brasil e no exterior. Assim, quando possível, a NR 17 se refere a outras normas que descrevem métodos de avaliação ou valores de referência para as variáveis em questão.

Em Brasil (2002), chama-se também a atenção para o termo conforto, que deve ser avaliado com a participação do trabalhador. No entanto, quando se tratam de ambientes usados por uma grande quantidade de pessoas, o “trabalhador” assume uma característica de coletivo, ou seja, suas necessidades e preferências passam a ser analisadas como as da maioria de uma população de usuários. Os autores citam, a exemplo, a adoção do

Predicted Mean Vote (PMV) e do Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD), índices de conforto térmico usados pela norma ISO 7730-74.

Para Ornstein (1992), o artifício de se recorrer a índices torna possível a definição de parâmetros de qualidade tanto do projeto do ambiente quanto de sua avaliação pós-ocupacional, embora, nesse caso, a literatura recomende também a pesquisa de opinião junto aos usuários.

Os parâmetros de qualidade da iluminação são abordados na NR 17 no item 17.5.3 e seus subitens. A norma indica os seguintes parâmetros de qualidade da iluminação: uniformidade e difusão (17.5.3.1); ausência de ofuscamento, reflexos incômodos, sombras e contrastes excessivos (17.5.3.2); iluminância mínima do plano de trabalho adequada à atividade visual, estabelecida pela NBR 5413 (17.5.3.3).

A especificação das iluminâncias mínimas na NBR 5413 se dá por tipo de atividade e por grupos de três valores (inferior-média-superior) para cada uma delas. O valor padrão é adotado sempre que não haja fatores de correção que justifiquem a adoção de um dos valores extremos do grupo. Os fatores de correção, chamados na norma de “fatores determinantes da iluminância adequada”, são a idade do sujeito, a velocidade e a precisão exigidas no desempenho da atividade e a refletância do fundo da tarefa, os quais são ponderados de -1 a +1 e cuja soma, se for maior ou igual a +2 determinam a adoção do valor superior e se for menor ou igual a -2 indicam a adoção do valor inferior.

A NBR 5413 especifica também que a iluminância em qualquer ponto do campo de trabalho não seja inferior a 70% da iluminância média e que a iluminância no restante do ambiente não seja inferior a 1/10 da adotada para o campo de trabalho (requisitos de uniformidade da NR 17, no item 17.5.3.1), além de indicar a forma como a distribuição das iluminâncias de um ambiente deva ser medida.

Para os demais parâmetros da NR-17: ausência de ofuscamento, reflexos incômodos e sombras e contrastes excessivos (especificados no item 17.5.3.2),

não há indicação de parâmetros, ficando sujeitos, portanto, à avaliação subjetiva de projetistas, usuários e fiscais do trabalho.

#### **2.7.4 Além da NR 17**

Segundo Grandjean (1998), as questões que a implantação de postos de trabalho informatizados trouxe para o ambiente organizacional alteraram as relações interpessoais, transformando o escritório em um enorme campo de estudo. No escritório, em particular, com a presença do computador que segundo Gomes (1998) é o amigo inseparável do homem deste século, a iluminação apresenta desafios que ocupam, ou deveriam ocupar, todos aqueles que estão envolvidos com o planejamento e projeto dos espaços e instalações de trabalho.

Segundo Sommer (1973), é de extrema importância considerar nos projetos do espaço de trabalho e em sua iluminação que as pessoas gostam de locais que possam considerar como seus e alterar; rejeitam um ambiente estranho, construído de acordo com distribuições minuciosas de metros quadrados e regras exclusivas de normas para modelo padronizado de humanidade, embora em condição mais durável e asséptica.

Boyce (1996) expõe a dificuldade em compatibilizar o desempenho da atividade com o desempenho visual, objetivo das normas que buscam estabelecer parâmetros luminotécnicos que garantam a qualidade da iluminação: iluminâncias que resultam em melhor desempenho da atividade não necessariamente garantem o conforto visual. Argumenta que a normatização de valores mínimos de luminância é um balanço entre variáveis técnicas, econômicas e políticas, demonstrando a influência de fatores não técnicos a partir da comparação de valores dessa variável em várias edições do IESNA Handbook em relação à conjuntura econômica dos EUA. Mostra também que, pelo modelo de desempenho visual empregado pela IESNA, as iluminâncias mínimas especificadas nas normas são superdimensionadas.

As mudanças nas relações de trabalho, com o aumento da competição e a cobrança por resultados, vêm provocando alterações nos escritórios. As

maiores empresas já perceberam que a produtividade depende também do bem-estar do empregado no ambiente de trabalho, o que inclui um espaço com iluminação adequada. Não foi à toa que, nos últimos quatro anos, a revisão da norma europeia EN 12.464 (Iluminação em ambientes de trabalho) deixou de focar apenas a manutenção da acuidade visual para considerar também os aspectos de conforto visual, principalmente para tarefas no período noturno. Dentre parâmetros que passaram a ser considerados encontram-se limites de ofuscamento (determinado pelo índice UGR – *Unified Glare Rating*) e o índice de reprodução de cores (IRC) mínimo. Outras normas europeias, como a Office Lighting Guide (LG7), da Society of Light and Lighting (SLL), de 2005, incluem recomendações de iluminâncias incidentes nas superfícies verticais do ambiente (assim como seus respectivos coeficientes de reflexão) e luminâncias máximas de monitores de vídeos de computadores em função da exigência da tarefa (CIBSE, 2012).

Boyce (2003), afirma que, na verdade, existe o problema de apego dos projetistas às práticas profissionais mais fáceis e já estabelecidas, fazendo com que resistam às mudanças oferecidas pelos novos conhecimentos acadêmicos, dentre elas a valorização e resposta do conforto sentido e relatado pelos usuários.

Segundo Tenner (2003), na Holanda, por exemplo, como na maior parte dos países do oeste da Europa, janelas ou uma possibilidade de contato visual com o exterior são regras obrigatórias para escritórios, o que faz com que grandes espaços de planta livre com os famosos “cubículos” não sejam muito comuns nesse país. Um visual atrativo e interessante através das janelas pode ter um efeito terapêutico e reduzir o desconforto.

Farley e Veitch (2001), numa revisão da literatura, concluíram que visuais do exterior podem aumentar o trabalho e o bem-estar de inúmeros modos, incluindo satisfação com a vida. Também concluíram que o contato visual com o exterior é importante não só por sua qualidade renovadora, mas como um meio de aumentar o controle sobre o ambiente. Foi constatado em quase todos os estudos que os visuais preferidos pelos sujeitos e os mais efetivos na

redução do desconforto eram cenas da natureza (árvores, água, paisagens externas, mais do que cenas de locais urbanos.

Cutlle (1983) pesquisou funcionários de escritórios e sua atitude diante do ambiente de trabalho. Concluiu que eles acreditam que grandes janelas são importantes num ambiente de escritório, preferindo sentar o mais próximo delas.

Segundo Plant (2003), a privação de janelas já foi estudada em indústrias demonstrando o maior índice de doenças e ausências no trabalho em funcionários que trabalhavam em ambientes sem janelas.

Em relação ao uso de variáveis fotométricas para avaliar a iluminação, não é estranho que os parâmetros da NR-17 para os quais não há normatização brasileira sejam derivados da iluminância.

A iluminância no plano de trabalho é um dos fatores de qualidade da iluminação, mas não é a grandeza fotométrica determinante do processo visual: não se enxerga um objeto devido à quantidade de luz que nele incide, mas às diferentes quantidades de luz refletidas por suas superfícies na direção do observador, ou seja, à distribuição de iluminâncias em sua direção.

Da mesma forma, a possibilidade de ofuscamento ou a ocorrência de reflexos incômodos ou de contrastes excessivos depende da luminância, não da iluminância.

Embora a teoria sobre fatores derivados da luminância não seja recente, a grande dificuldade reside na sua aplicabilidade, uma vez que os cálculos de luminância para a determinação de contrastes e de índices de ofuscamento envolvem a posição de cada usuário em relação às fontes de luz.

Também o processo e a instrumentação envolvidos na medição da iluminância são mais simples e baratos que os envolvidos na medição da luminância: enquanto a iluminância integra a luz vinda de todas as direções sobre a superfície, a luminância depende da luz refletida especificamente na direção do observador. Assim, uma única medição, com um instrumento simples com uma

lente difusora (o luxímetro), determina a iluminância de uma superfície, enquanto para cada posição do observador em relação a essa superfície e direção do seu eixo de visão, num processo que exige um instrumento com um sistema óptico muito preciso (o luminancímetro), obtém-se um valor de luminância distinto.

Em Grandjean (1998) e Boyce (2003), podem ser encontrados alguns indicadores quantitativos derivados da luminância, como relações de dessa grandeza entre a área de trabalho e as diversas condições de entorno, assim como escalas de índices de ofuscamento.

As relações de luminância limites apontadas por Grandjean (1998), para ambientes de trabalho são indicadas na Tabela 3.

Tabela 1. Relações máximas de luminância para escritórios. Fonte: Grandjean (1998)

<b>Referência</b>	<b>Relação máxima</b>
No centro do campo visual (área de tarefa)	3:1
Entre o centro e a periferia do campo	10:1
Entre a fonte de luz e o fundo	20:1
Máxima no ambiente todo	40:1

Com o avanço da informática, alguns fatores de qualidade presentes na NR-17 podem ser hoje em dia facilmente quantificados. Segundo ZVEI (2005), a atual norma sobre iluminação de espaços de trabalho internos da União Européia, DIN EN 12464-1 – Light and lighting - Lighting of work places, Part 1: Indoor work places, inclui valores do índice de ofuscamento denominado Unified Glare Ratio (UGR) limites (UGRL) para cada tipo de ambiente, relacionados à atividade visual predominante (para escritórios, o UGRL é 19). Para a operacionalização da norma, o cálculo do UGR é atualmente incorporado a *software* de projeto de iluminação europeus (inclusive a programas *freeware* disponíveis na web, como o DIALux <<http://www.dial.de>> e o Relux <<http://www.relux.biz>>). Além disso, tendo em vista a crescente utilização de

fontes que emitem luz por descarga em gases e eletroluminescência, a norma indica também os valores recomendados de temperatura de cor e índice de reprodução de cor (IRC). Para a avaliação de espaços construídos, novamente o avanço da tecnologia digital possibilita atualmente medir a distribuição de luminâncias de todo o campo visual a partir de uma determinada posição, empregando para isso câmeras digitais com lentes grande-angulares e *software* dedicado (os videoluminancímetros).

Segundo Inanici e Galvin (2004), como alternativa de menor custo, é possível criar imagens HDR (High Dynamic Range ou banda dinâmica ampla, ou seja, imagens nas quais as relações entre as luminâncias máximas e mínimas da cena sejam muito maiores que as representadas por imagens convencionais, reproduzindo a luminosidade do mundo real) a partir de conjuntos de fotos digitais obtidas com câmeras comuns pré-calibradas, de forma que os valores dos pixels correspondam a valores de luminâncias.

De acordo com Faria (2007), existem atualmente vários programas computacionais para a criação e tratamento de imagens HDR. A partir de uma imagem HDR pode ser criada uma imagem com a respectiva distribuição de luminâncias através de escalas de falsas cores.

### **3. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA**

#### **3.1 Objetivo Geral**

O presente estudo tem por objetivo comparar a percepção de usuários sobre a qualidade da iluminação de ambientes ocupacionais com a respectiva normatização.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Propor uma metodologia de levantamento das condições ambientais, uma vez que o conforto ambiental está diretamente ligado às questões de qualidade de vida no trabalho.
- Identificar a influência de diferentes variáveis sobre o conforto visual que não são apontadas nas normas e que indicam ser de relevância para os empregados.
- Avaliar se a iluminação de quatro salas do setor administrativo de uma empresa florestal em Minas Gerais está de acordo com a legislação brasileira, estabelecida pela NR 17 e, ao mesmo tempo se proporciona o conforto para os seus usuários.

#### **3.3 Justificativa**

Em um ambiente de trabalho, principalmente em postos informatizados, onde a iluminação encontra-se inadequada, poderá provocar aos empregados desconfortos, tais como: cansaço, dor de cabeça, lesão na visão, desânimo, além do risco de acidentes.

Assim, a pesquisa atende por um lado, a saúde do trabalhador e de outro a redução de custos decorrentes de perda de produtividade do empregador.

O que dá o caráter de pesquisa ao trabalho, e não de apenas uma atividade técnica, é a forma com que é feito o levantamento e a análise dos dados, que aprofundam aspectos colocados de forma vaga pela NR17 ou que precisariam

de uma revisão em face ao desenvolvimento tecnológico dos instrumentos de trabalhos, em particular monitores de vídeos de computadores.

#### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Foi empregado na pesquisa um de estudo de caso como forma de obtenção de dados para a comparação com as recomendações da literatura especializada. Tomou-se como objeto de estudo quatro salas da área administrativa de reflorestamento no interior de Minas Gerais.

As salas podem ser identificadas como:

Sala 1: Setor de Treinamento

Sala 2: Setor de Silvicultura

Sala 3: Apoio à Carbonização

Sala 4: Carbonização

##### 4.1 Materiais

Foram empregados na realização da presente pesquisa os seguintes instrumentos:

- Termo-Higro-Decibelímetro-Luxímetro digital, modelo THDL-400 - 04207, marca Instrutherm.



Figura 14. Thermo-Higro-Decibelímetro-Luxímetro digital

- Luminômetro modelo LS-110, marca KONICA MINOTA.



Figura 15. Luminômetro LS -110

- Câmera fotográfica digital marca Samsung, modelo S760, 7.2 mega pixels.



Figura 16. Câmera Fotográfica Digital

Foi também empregado um questionário, respondido pelos funcionários dos locais estudados, elaborado durante a realização da disciplina “Qualidade da Iluminação em Ambientes de Trabalho”, do Programa de Pós-Graduação em Design e reproduzido na Figura 17.

 <b>UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA</b> <b>"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"</b> <b>PESQUISA – QUALIDADE DA ILUMINAÇÃO</b> Prezado Senhor(a). Estamos realizando uma pesquisa para fins acadêmicos, para a qual pedimos a sua colaboração. Obrigado.
<b>Orientador:</b> Prof. Dr. João Roberto Gomes de Faria – Tel: (14) 3103-6059 <b>Orientada:</b> Ana Clara Fernandes Lauar – Tel: (38) 3721-1648
<p><b>Considerando-se que a qualidade de iluminação em ambientes de trabalho pode estar diretamente relacionada á qualidade dos resultados das atividades desenvolvidas nestes espaços, o presente questionário pretende colher informações que possibilitem criar uma compreensão específica acerca dessa relação nas salas dos escritório de uma empresa florestal em Minas Gerais. Tal compreensão dar-se-á por meio da análise das impressões e opiniões de empregados, coletadas por este questionário, a respeito da qualidade da iluminação.</b></p>
<p style="text-align: center;">Sexo   <input type="checkbox"/> Masculino   <input type="checkbox"/> Feminino</p> <p style="text-align: center;">Idade   <input type="checkbox"/> Menos de 30   <input type="checkbox"/> 31-40   <input type="checkbox"/> 41-50   <input type="checkbox"/> 51-60   <input type="checkbox"/> Mais de 60</p> <hr/> <p>1. Qual é, na sua opinião, a qualidade da luz neste ambiente?  <input type="checkbox"/> Muito claro   <input type="checkbox"/> Claro   <input type="checkbox"/> Ideal   <input type="checkbox"/> Escuro   <input type="checkbox"/> Muito escuro</p> <p>2. O ambiente em relação às cores e materiais é:  <input type="checkbox"/> Contrastante   <input type="checkbox"/> Neutro   <input type="checkbox"/> Harmonioso</p> <p>3. Como você se sente em relação às cores e materiais?  <input type="checkbox"/> Irritado   <input type="checkbox"/> Desconfortável   <input type="checkbox"/> Confortável</p> <p>4. Você vê as partes essenciais das tarefas que realiza:  <input type="checkbox"/> Com qualidade   <input type="checkbox"/> Com dificuldade   <input type="checkbox"/> Relativamente bem   <input type="checkbox"/> Facilmente</p> <p>5. Pensando nos pontos de luz, e olhando para o ambiente geral, o brilho destes é?  <input type="checkbox"/> Intolerável   <input type="checkbox"/> Desconfortável   <input type="checkbox"/> Aceitável</p> <p>6. Em relação a intensidade de reflexo das luzes nesta sala a iluminação é:  <input type="checkbox"/> Muito Ofuscante   <input type="checkbox"/> Ofuscante   <input type="checkbox"/> Agradável</p> <p>7. Com relação à concentração, o ambiente visual:  <input type="checkbox"/> É estimulante   <input type="checkbox"/> É indiferente   <input type="checkbox"/> Estimula a distração</p> <p>8. Qual sua impressão sobre a distribuição da luminosidade?  <input type="checkbox"/> Desagradável   <input type="checkbox"/> Neutra   <input type="checkbox"/> Agradável   <input type="checkbox"/> Homogênea   <input type="checkbox"/> Homogênea e agradável</p> <p>9. Observações</p>

Figura 17. Questionário usado na pesquisa

## 4.2 Método

A avaliação das condições em relação à luminosidade nas salas em questão foi dividida em quatro etapas, conforme segue:

### 4.2.1 Observações *in loco*

Realizaram-se observações *in loco* com registros estruturados através de fichas previamente elaboradas, tendo-se coletado dados, tais como: influência dos prédios vizinhos e árvores particularidades de cada local, como: tamanho, formato, localização de janelas e orientação solar; características de móveis e revestimentos (parede, teto e piso); descrição das superfícies iluminantes naturais e das luminárias e potências das lâmpadas.

A observação dos usuários concentrou-se na faixa etária, nas condições de visão e nos aspectos de comportamento que poderiam identificar sua interação ou não com o ambiente, número de postos de trabalho e atividade exercida em cada sala.

### 4.2.2 Medição de iluminância

As medições foram realizadas com o uso do sensor de luminosidade do Termo-Higro-Decibelímetro-Luxímetro digital, seguindo os procedimentos adotados para as recomendações da NBR 5413.

- **Medição Iluminância Natural**

Realizaram-se medições com abóboda celeste clara e encoberta, em diferentes horas do dia e épocas do ano. Consideraram-se as condições de céu mais representativas do local nos seguintes períodos:

- a) Em dia no início de inverno (22 de junho),
- b) Em dia de primavera (23 de setembro).

Com abóboda celeste clara realizaram-se medições em dois períodos do dia, manhã e tarde, nos horários entre 9 e 11 horas e entre 14 e 16 horas. Com abóboda celeste encoberta fez-se apenas uma medição ao dia.

Para os pontos de medição evitou-se a localização de pontos perto das paredes, respeitando distâncias mínimas de 0,50 m a partir delas, conforme orientação da NBR15215-4 (iluminação natural). Registraram-se os valores de iluminâncias medidos no ponto e no plano onde a tarefa visual era executada. A altura considerada para o plano horizontal foi de 0,75 m a partir do piso por corresponder à altura média das superfícies de trabalho. A medição de iluminância deu-se na condição mais desobstruída possível, com o sensor do luxímetro protegido da incidência dos raios diretos do sol. Os valores medidos foram transcritos em planilhas específicas, elaboradas previamente.

- **Medição de iluminâncias com luz artificial (noturna)**

Efetou-se uma medição noturna consideraram-se as condições reais de utilização com a luz artificial ligada e as persianas internas nas posições usuais. A malha de medição respeitou a distribuição uniforme de luminárias com os pontos localizados embaixo de cada uma e nos intervalos entre elas. Considerou-se 0,75m a partir do piso, a altura do plano de trabalho.

- **Medição de iluminâncias em condição real de uso**

Mediram-se as iluminâncias nas superfícies horizontais de cada posto de trabalho (superfícies das mesas ou teclado de computador). Consideraram-se as condições reais de utilização com a luz artificial ligada, persianas e portas fechadas. Os levantamentos foram feitos nas mesmas datas e horários em se mediu a iluminância natural, com abóboda celeste clara, no período da manhã, entre 9 e 11 horas e à tarde, entre 14 e 16 horas.

### **Medição de luminâncias**

A visão que cada usuário tem diante de seu posto de trabalho foi fotografada para análise posterior de pontos medidos com o uso do luminancímetro. Verificaram-se as luminâncias levando em consideração o centro da tarefa

visual, as áreas adjacentes e o entorno remoto, respeitando os ângulos limite do campo visual próximo (aproximadamente 30° ao redor do eixo da visão) do observador.

Foram empregadas para a análise as relações entre a luminância do centro da área de trabalho (o monitor de vídeo do computador) e de pontos do entorno próximo, tendo por referência os valores expostos por Grandjean (1998).

#### 4.2.3 Parâmetros para avaliação dos dados levantados

Pela NBR 5413, a iluminação para as atividades desenvolvidas no local estudado se enquadra como Classe B – Iluminação geral para área de trabalho, sendo o tipo de atividade “Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios”, cuja iluminância mínima a ser atendida é 500 – 750 – 1000 lx, conforme a Tabela 1.

Tabela 2. Iluminância por classe de tarefa. Fonte: NBR 5413/1998

Classe	Iluminância (lux)	Tipo de atividade
A Iluminação geral para áreas usadas intermitentemente ou com tarefas visuais simples	20 - 30 - 50	Áreas públicas com arredores escuros
	50 - 75 - 100	Orientação simples para permanência curta
	100 - 150 - 200	Recintos não usados para trabalho contínuo; depósitos
	200 - 300 - 500	Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios
B Iluminação geral para área de trabalho	500 - 750 - 1000	Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios
	1000 - 1500 - 2000	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas.
C Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis	2000 - 3000 - 5000	Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônica de tamanho pequeno
	5000 - 7500 - 10000	Tarefas visuais muito exatas, montagem de microeletrônica
	10000 - 15000 - 20000	Tarefas visuais muito especiais, cirurgia

Mais especificamente, as atividades desenvolvidas nas salas se assemelham à do ambiente “salas de datilógrafas”, do item 5.3.3. Bancos, cujas iluminâncias mínimas são 300 – 500 – 750 lx.

Deve ser adotado o limite inferior ou superior da faixa indicada para o ambiente caso ocorram caso os fatores da atividade e de seus executantes previstos na norma que os justifiquem (idade, velocidade e precisão e refletância do fundo da tarefa).

Todos as pessoas das salas desenvolvem, durante a maior parte do tempo, atividades em computadores. Assim, o plano de trabalho considerado nas salas foi o correspondente às telas dos monitores de vídeos. Como esses dispositivos dispõem de luz própria, a iluminância produzida pelas fontes luminosas tem por objetivo iluminar o ambiente como um todo, reduzindo o contraste entre a área de trabalho e seu entorno. Nesse caso, a iluminância deixa de ter sentido quando medida na área de trabalho, porque a luz dela proveniente atinge a parte oposta do sensor do luxímetro, e a luminância passa a ser a variável relevante no estudo. A relação de luminâncias entre a área de trabalho e seus entornos passa a ser um importante parâmetro de avaliação.

Outro parâmetro de qualidade adotado foi a homogeneidade da distribuição de iluminâncias, recomendada pela NR 17. Para esse parâmetro, a NBR 5413 recomenda que a relação entre a iluminância num ponto qualquer do campo de trabalho não seja inferior à 70% da iluminância média do ambiente.

#### **4.2.4 Pesquisa realizada com os empregados respectivos usuários das salas.**

- **Do questionário**

Nesta etapa do projeto, foram elaborados e aplicados questionários para a análise da impressão geral dos usuários a respeito da qualidade da iluminação das seguintes salas de (1) Treinamento, (2) Silvicultura, (3) Apoio à carbonização e (4) Carbonização. No que se refere aos questionários aplicados aos usuários das salas acima mencionadas, buscou-se propor questões que

permitissem aos pesquisadores colher uma impressão geral a respeito da qualidade da iluminação dentro desses ambientes. Para tanto, o questionário foi composto por nove questões fechadas e de múltipla escolha, cujas alternativas estavam organizadas em uma escala de valor. A escala de valor proposta organizava o questionário de forma que as questões mais simples, que não exigiam uma análise mais acurada do entrevistado, antecipavam as questões cuja resposta dependia de uma observação mais cuidadosa. Além das questões, o questionário apresentava uma breve descrição a respeito dos propósitos e aspectos que justificavam a pesquisa.

O questionário dirigido aos usuários das salas apontadas acima buscava obter impressões a respeito da percepção dos objetos e mobiliário da sala, da ocorrência de ofuscamento e/ou reflexão causada pela iluminação, da capacidade de concentração e da confortabilidade dos usuários no ambiente. Tais aspectos foram divididos em duas categorias distintas, para uso dos pesquisadores, com o intuito de permitir uma compreensão mais exata a respeito das respostas obtidas por meio do questionário. Nesse sentido, as questões a respeito da percepção dos objetos e mobiliário e da possível ocorrência de ofuscamento e/ou reflexão nas salas buscavam colher opiniões dos usuários sobre os aspectos objetivos envolvidos na qualidade da iluminação. As questões a respeito da capacidade de concentração e conforto dos usuários no ambiente buscavam colher opiniões sobre os aspectos subjetivos.

As respostas dadas pelos entrevistados foram submetidas a uma análise dos pesquisadores, cujo objetivo era destacar a impressão geral dos usuários das salas em questão. Quanto a isso, levou-se em consideração a condição leiga dos entrevistados.

#### **4.2.5 Fotografias das salas pesquisadas.**

O registro fotográfico ocorreu juntamente com as primeiras medições de iluminâncias, no inverno, tanto pela manhã quanto à tarde. Procurou-se dar um panorama geral de cada ambiente, respeitando o mesmo ângulo de visão em

ambas as situações. As imagens foram analisadas para registro das observações *in loco* e medições de luminâncias.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Descrição das Salas

São 04 salas que compõem o Bloco B do setor administrativo de uma empresa de reflorestamento no interior de Minas Gerais. As salas são construídas com madeira tratada, possuindo pé direito de 03 metros, as paredes na cor marfim claro com forro em PVC branco. O piso é de Paviflex no bege claro. O bloco está localizado entre árvores que permitem o aproveitamento de sombras uma vez que a cidade de localização das salas é quente, chegando a mais de 30 °C na maior parte do ano, não existem prédios vizinhos. As salas possuem luminárias de fluxo direto com corta luz contendo duas lâmpadas de marca Philips de formas tubulares, fluorescentes de 32 W, com espelhos refletores individuais de alumínio. As janelas são em vidro transparente com as seguintes dimensões 80 x 80 cm. Nas salas o índice de refletâncias do teto e nas paredes é de 70% ou 7 (superfície clara).



Figura 18. Fundo do Bloco B



Figura 19. Frente do Bloco B

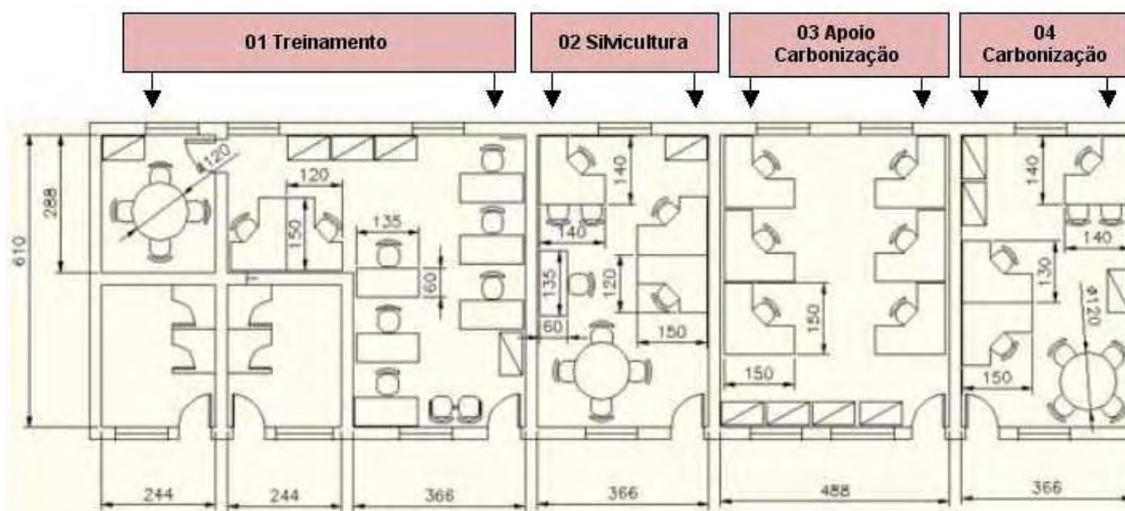


Figura 20. Arranjo físico do Bloco B, mostrando as salas estudadas.

Tabela 3. Características das salas em estudo

Salas	Número luminária	Número de janela	Número de empregado/posto	Idade média do empregado	Registro Fotográfico
1 Treinamento	5	3 com persianas	6	25 à 40 anos	
2 Silvicultura	3	2 com persianas	4	30 à 50 anos	
3 Apoio Carbonização	6	3 com persianas	6	25 à 40 anos	
4 Carbonização	3	2 com persianas	4	25 à 50 anos	

### 5.1.1 Distribuição dos postos de trabalho e luminárias

Procedeu-se ao mapeamento das salas de estudo, nas quais foram situados os postos de trabalho, onde seriam realizadas as medições, e as luminárias.

## Sala 01 – Treinamento

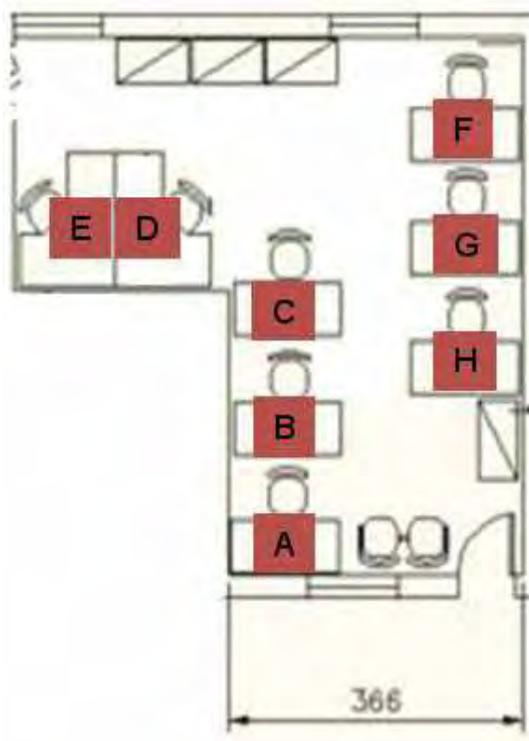


Figura 21. Layout Sala Treinamento - Distribuição de Postos

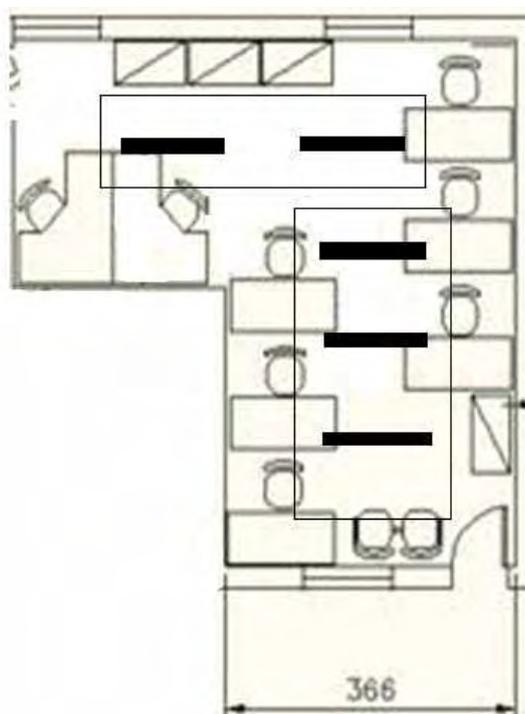


Figura 22. Layout Sala Treinamento - Distribuição de Luminárias

## Sala 02 – Silvicultura

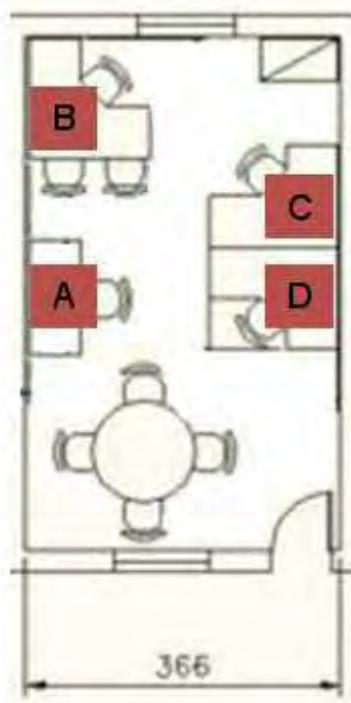


Figura 23. Layout Sala Silvicultura - Distribuição de Postos

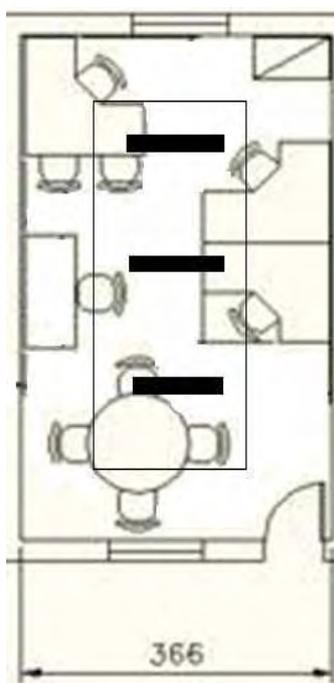


Figura 24. Layout Sala Silvicultura - Distribuição de Luminárias

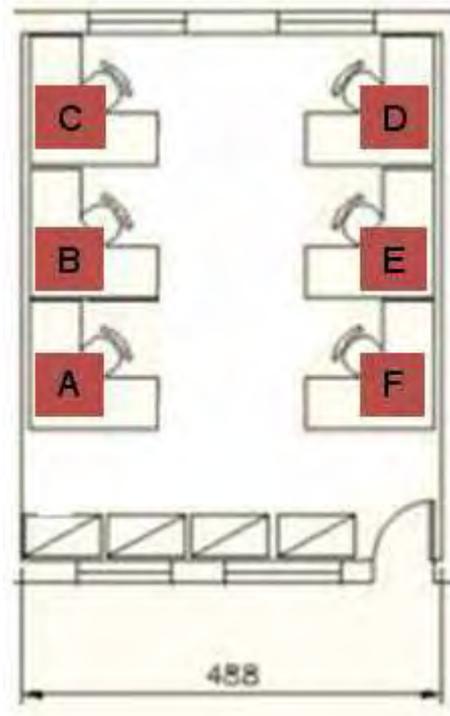
**Sala 03 – Apoio Carbonização**

Figura 25. Layout Apoio Carbonização - Distribuição de Postos

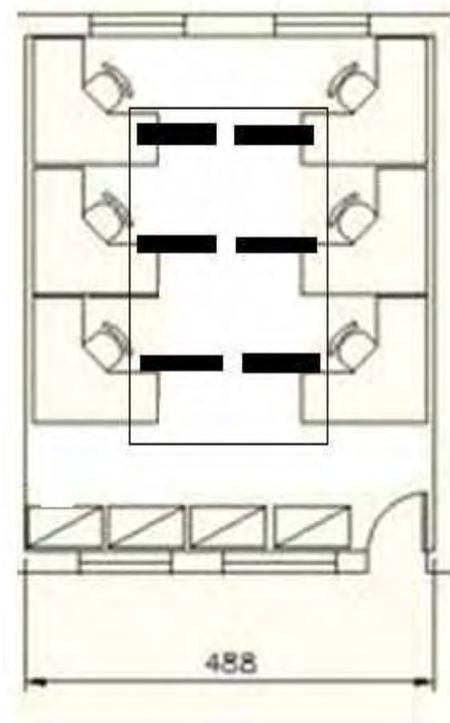


Figura 26. Layout Apoio Carbonização - Distribuição de Luminárias

## Sala 04 – Carbonização

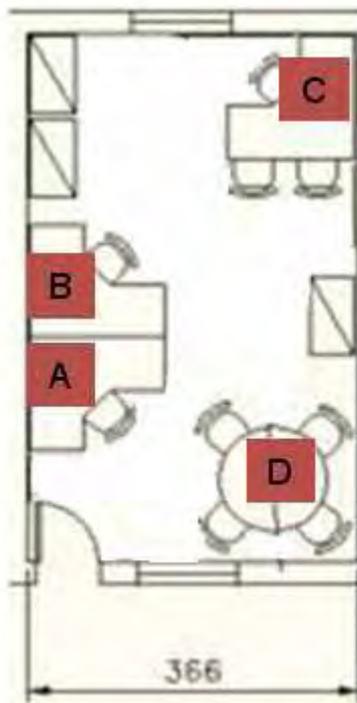


Figura 27. Layout Sala Carbonização - Distribuição de Postos

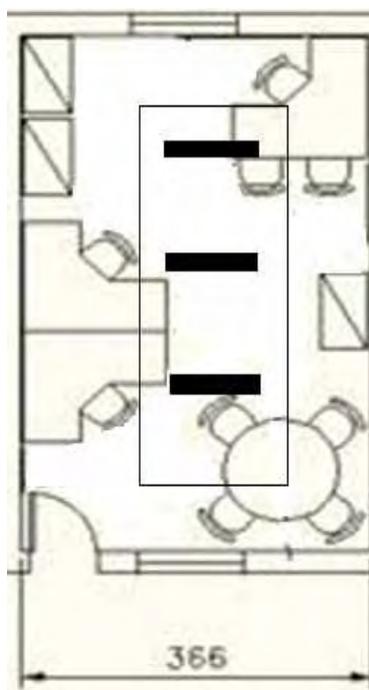


Figura 28. Layout Sala Carbonização - Distribuição de Luminárias

## 5.2 Descrição das atividades desenvolvidas nas salas

As atividades desenvolvidas pelos empregados nas salas estudadas abrangem basicamente o trabalho com postos informatizados e desenvolvimento de tarefas como: análise e construção de planilhas, realização de relatórios, controle de entrada e saída de materiais com uso de gráficos, levantamento de dados com pesquisa em programa interno da empresa e comunicação via correio eletrônico.

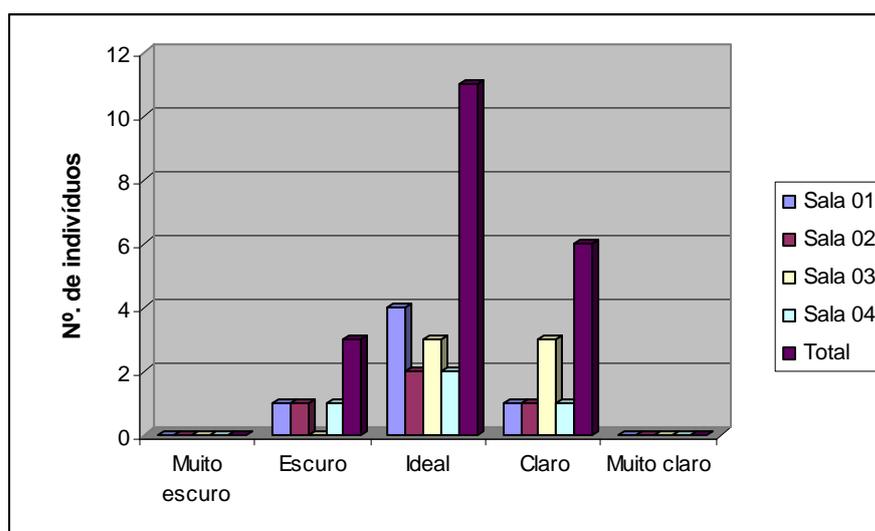
## 5.3 Determinação da iluminância mínima de referência

Pela faixa etária dos funcionários e pelo tipo de atividade desenvolvida, a iluminância mínima a ser atendida pela iluminação das salas seria de 500 lx, já que não há nenhum fator que justifique a adoção do valor de um dos extremos da faixa.

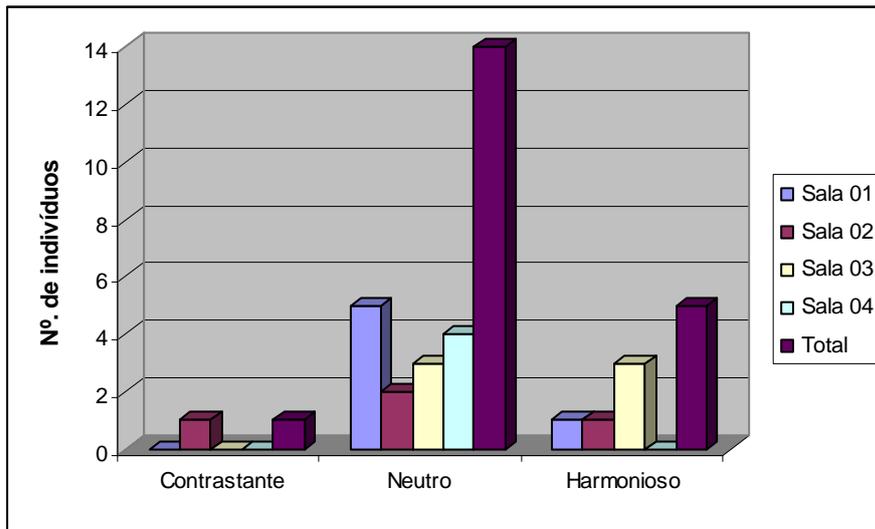
## 5.4 Questionários

Na sequência são apresentados os gráficos referentes às respostas obtidas com o questionário respondido pelos empregados.

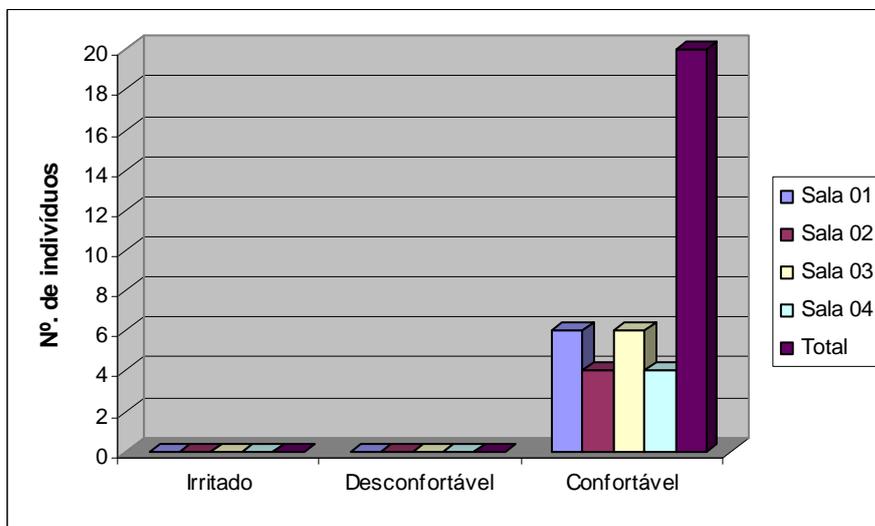
1. Qual é, na sua opinião, a qualidade da luz neste ambiente?



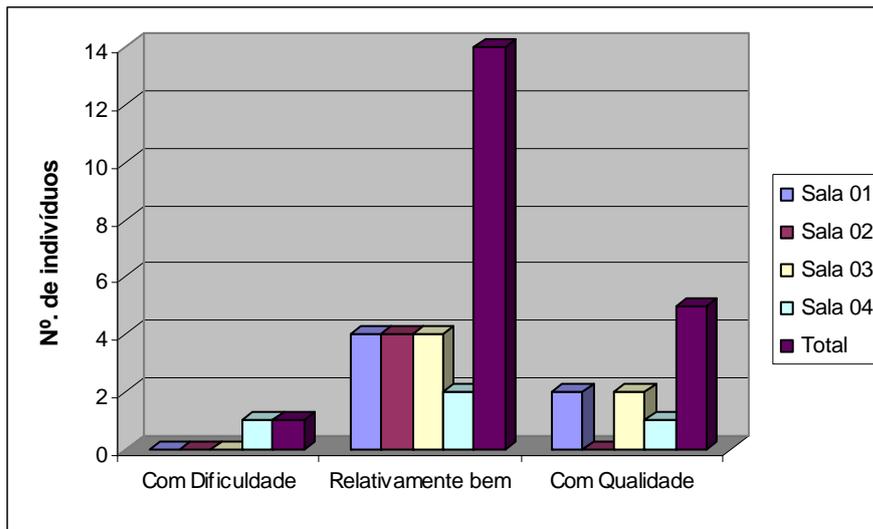
2. O ambiente em relação às cores e materiais é:



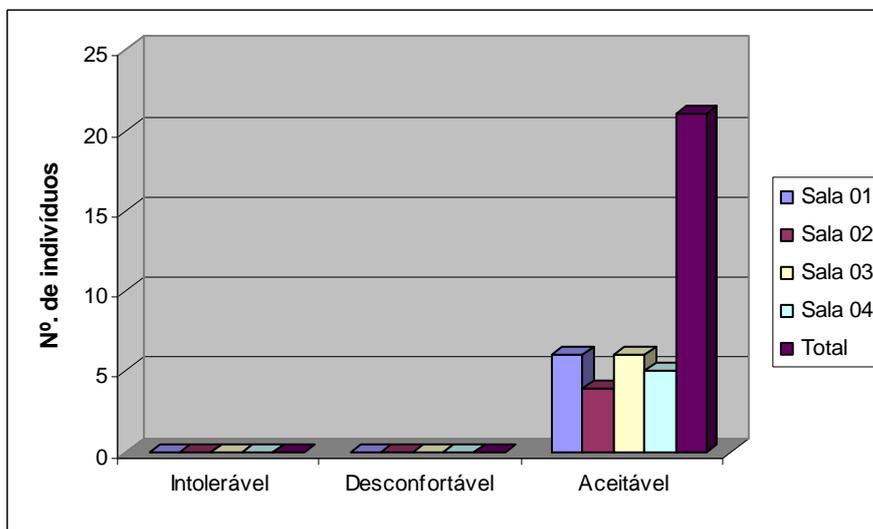
3. Como você se sente em relação às cores e materiais?



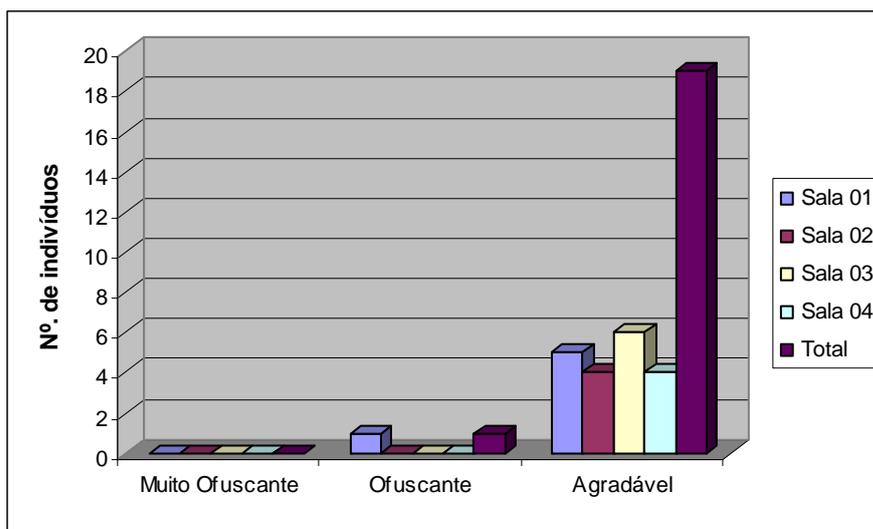
4. Você vê as partes essenciais das tarefas que realiza:



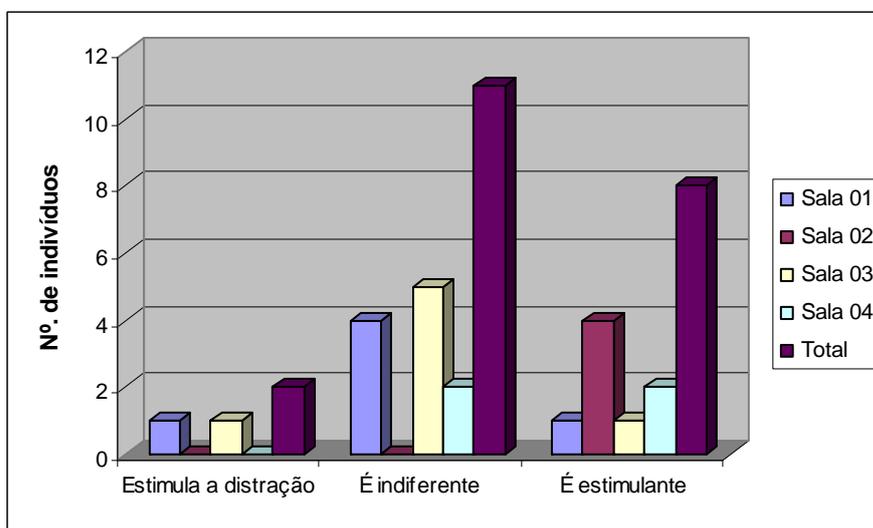
5. Pensando nos pontos de luz, e olhando para o ambiente geral, o brilho destes é:



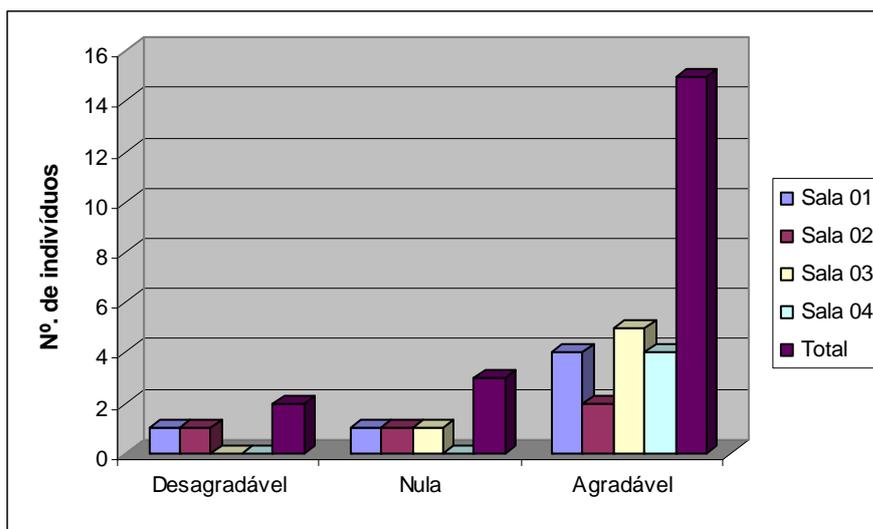
6. Em relação a intensidade de reflexo das luzes nesta sala a iluminação é:



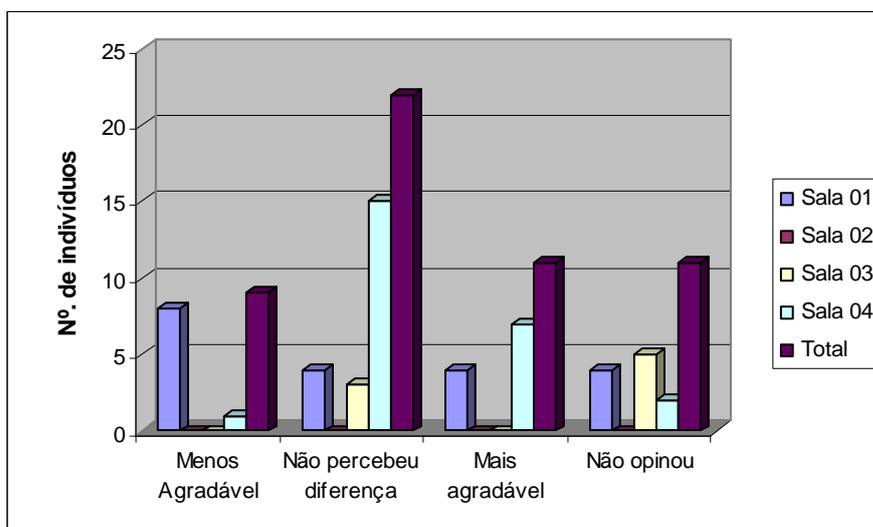
7. Com relação à concentração, o ambiente visual:



8. Qual sua impressão sobre a distribuição da iluminação?



9. Caso a iluminação de sua sala já tenha sido substituída, em sua opinião, o ambiente está:



## 5.5 Medições

### 5.5.1 Medições de iluminâncias

As tabelas 4, 5 e 6 mostram os resultados das medições de iluminância

Tabela 4. Medição com condições habituais de uso

SALA	POSTOS DE TRABALHO LUX							
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	417	392	389	353	399	421	354	379
2	353	342	358	351				
3	443	422	424	417	420	438		
4	327	315	341	368				

Tabela 5. Medição com sol claro e sol encoberto

SALA	CONDIÇÃO DO SOL	CONDIÇÃO DA PERSIANA	HORÁRIO	POSTOS DE TRABALHO LUX							
				A	B	C	D	E	F	G	H
1	SOL CLARO	PERSIANAS ABERTAS	09:00	372	340	320	298	311	372	295	278
			15:00	407	382	363	345	392	391	328	351
		PERSIANAS FECHADAS	09:00	333	312	302	306	324	379	298	304
			15:00	342	322	317	314	328	401	306	315
	SOL ENCOBERTO	PERSIANAS ABERTAS	15:00	338	309	300	297	301	378	268	295
		PERSIANAS FECHADAS	15:00	295	288	272	265	260	343	243	256
2	SOL CLARO	PERSIANAS ABERTAS	09:00	282	275	295	281				
			15:00	302	296	305	301				
		PERSIANAS FECHADAS	09:00	263	260	268	273				
			15:00	261	264	275	282				
	SOL ENCOBERTO	PERSIANAS ABERTAS	15:00	267	270	290	280				
		PERSIANAS FECHADAS	15:00	258	256	271	263				
3	SOL CLARO	PERSIANAS ABERTAS	09:00	390	382	381	375	378	380		
			15:00	415	402	406	399	401	408		
		PERSIANAS FECHADAS	09:00	376	362	357	342	341	349		
			15:00	382	346	350	351	350	356		
	SOL ENCOBERTO	PERSIANAS ABERTAS	15:00	346	349	335	351	348	347		
		PERSIANAS FECHADAS	15:00	322	320	318	319	320	325		
4	SOL CLARO	PERSIANAS ABERTAS	09:00	275	266	270	281				
			15:00	298	280	291	303				
		PERSIANAS FECHADAS	09:00	252	239	263	264				
			15:00	264	248	268	270				
	SOL ENCOBERTO	PERSIANAS ABERTAS	15:00	269	260	249	261				
		PERSIANAS FECHADAS	15:00	233	225	217	229				

Tabela 6. Medição Noturna

SALA	POSTO DE TRABALHO – MEDIÇÃO NOTURNA lux							
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	398	412	402	432	378	371	409	413
2	375	386	373	390				
3	439	420	436	428	431	439		
4	369	382	391	398				

## 5.5.2 Medição de Luminâncias

### SALA 01 - TREINAMENTO

#### POSTO A

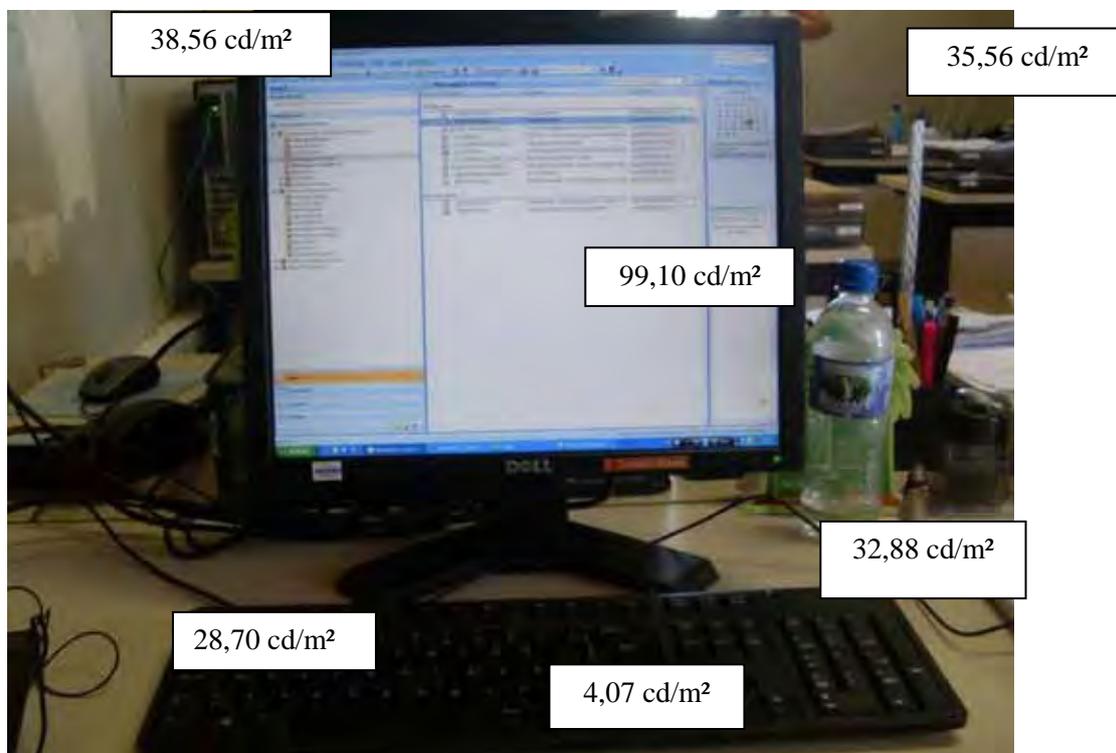


Figura 29. Medição de luminâncias no Posto A da Sala 01

Tabela 7. Resultados da medição de luminâncias no Posto A da Sala 01

Luminâncias (cd/m <sup>2</sup> )		Relação de luminâncias
Monitor	Pontos do entorno	
99,10	38,56	3:1
	35,56	3:1
	28,70	3:1
	32,88	3:1
	4,07	24:1
<b>Média</b>		<b>7:1</b>
<b>Média sem o teclado</b>		<b>3:1</b>

## SALA 02 – SILVICULTURA

## POSTO B

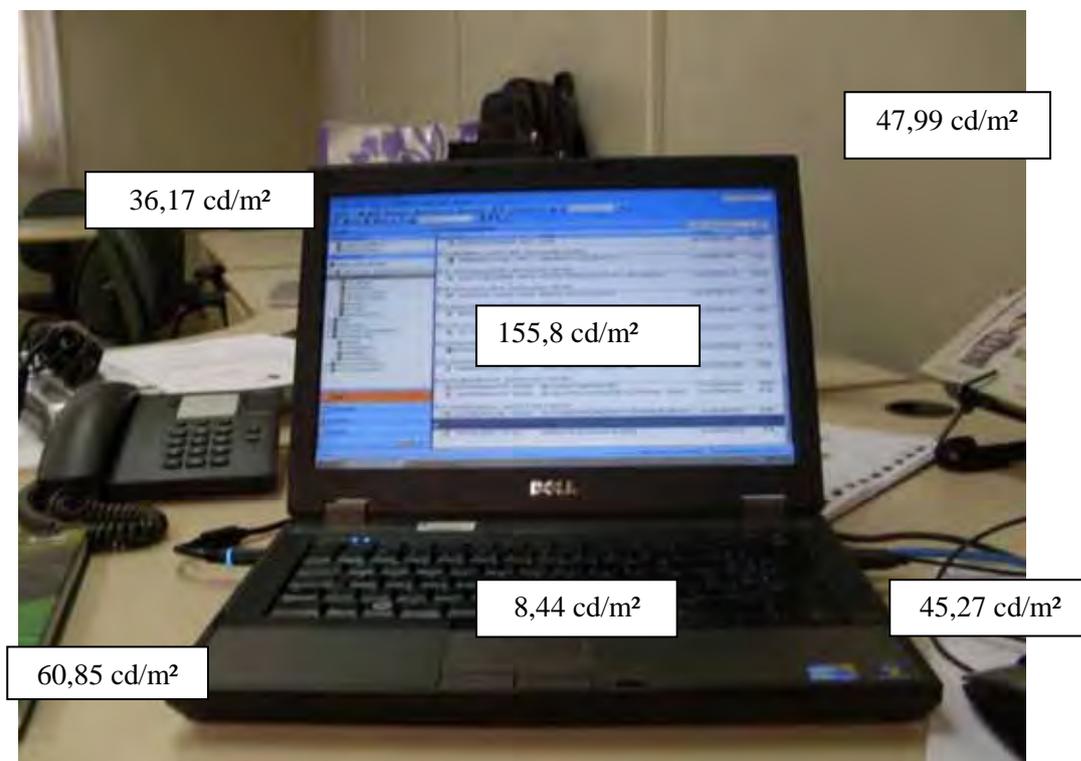


Figura 30. Medição de luminâncias no Posto B da Sala 02

Tabela 8. Resultados da medição de luminâncias no Posto B da Sala 02

Luminâncias (cd/m <sup>2</sup> )		Relação de luminâncias
Monitor	Pontos do entorno	
155,8	38,56	4:1
	35,56	4:1
	28,70	5:1
	32,88	5:1
	4,07	38:1
<b>Média</b>		<b>11:1</b>
<b>Média sem o teclado</b>		<b>5:1</b>

## POSTO C

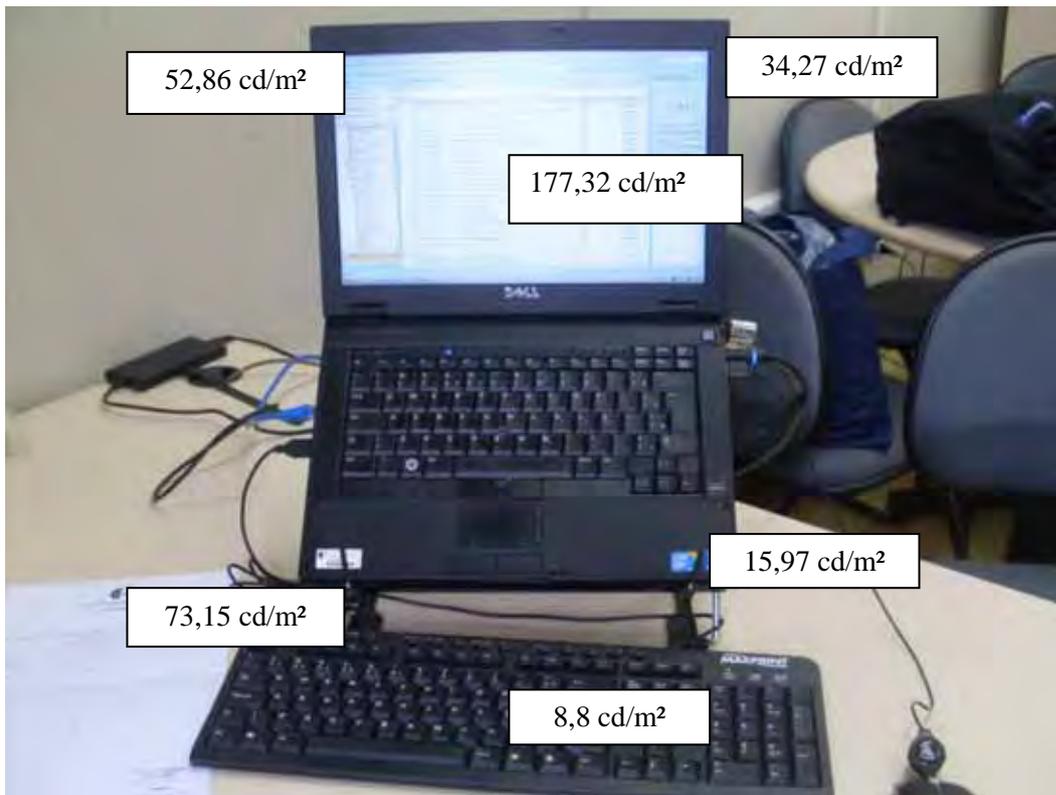


Figura 31. Medição de luminâncias no Posto C

Tabela 9. Resultados da medição de luminâncias no Posto C da Sala 02

Luminâncias (cd/m <sup>2</sup> )		Relação de luminâncias
Monitor	Pontos do entorno	
177,32	52,86	3:1
	34,27	5:1
	73,15	2:1
	15,97	11:1
	8,8	20:1
<b>Média</b>		<b>8:1</b>
<b>Média sem o teclado</b>		<b>4:1</b>

## SALA 03 - APOIO A CARBONIZAÇÃO

## POSTO C

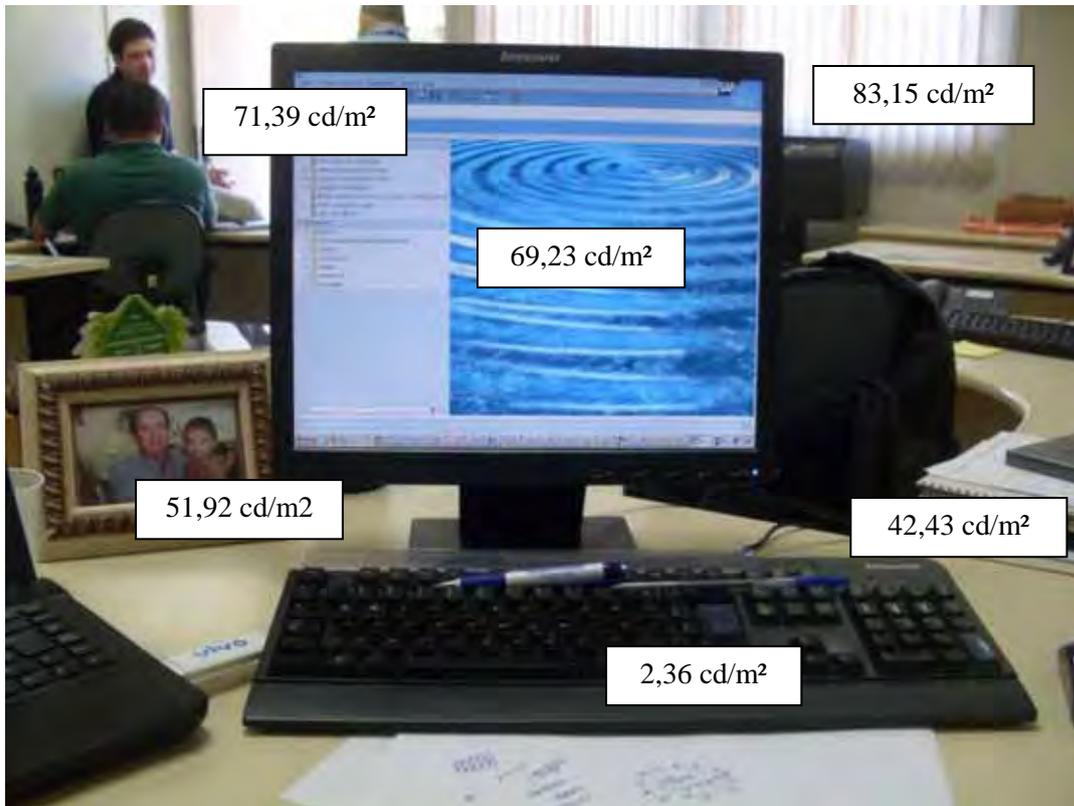


Figura 32. Medição de luminâncias no Posto C da Sala 03

Tabela 10. Resultados da medição de luminâncias no Posto C da Sala 03

Luminâncias (cd/m <sup>2</sup> )		Relação de luminâncias
Monitor	Pontos do entorno	
69,23	71,39	1:1
	83,15	1:1
	51,92	1:1
	42,43	2:1
	2,36	29:1
<b>Média</b>		<b>7:1</b>
<b>Média sem o teclado</b>		<b>1:1</b>

## POSTO B

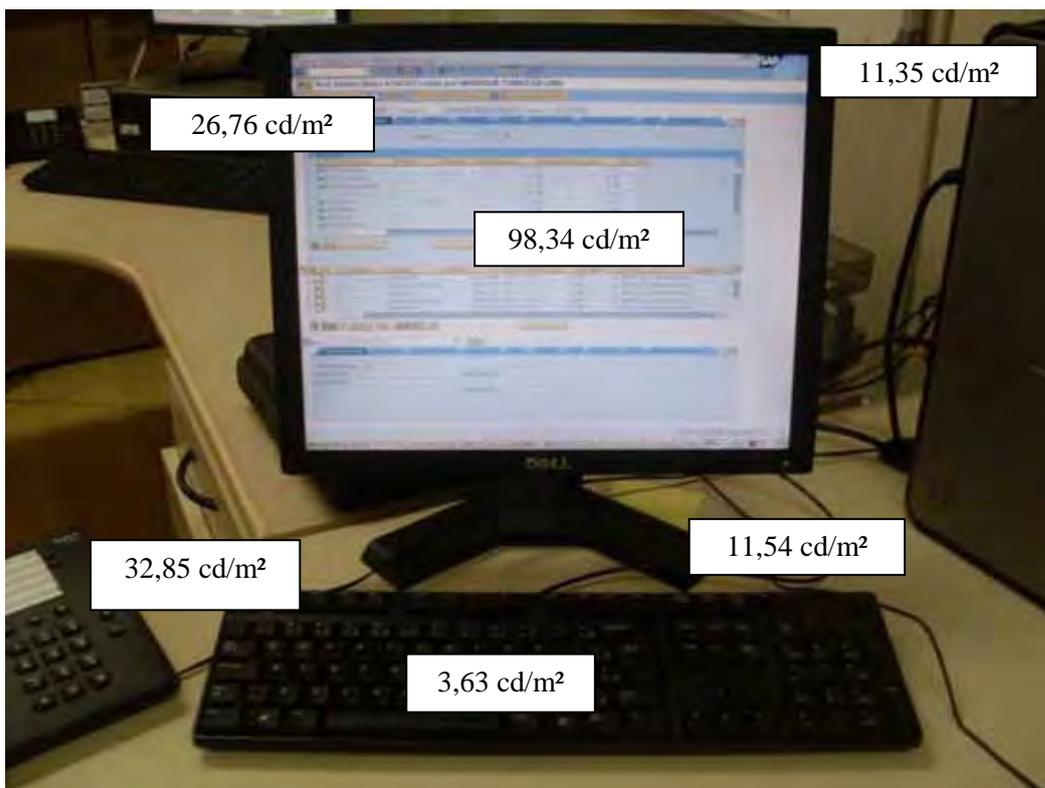


Figura 33. Medição de luminâncias no Posto B da Sala 03

Tabela 11. Resultados da medição de luminâncias no Posto B da Sala 03

Luminâncias (cd/m <sup>2</sup> )		Relação de luminâncias
Monitor	Pontos do entorno	
98,34	26,76	4:1
	11,35	9:1
	32,85	3:1
	11,54	9:1
	3,63	27:1
<b>Média</b>		<b>10:1</b>
<b>Média sem o teclado</b>		<b>6:1</b>

## POSTO A

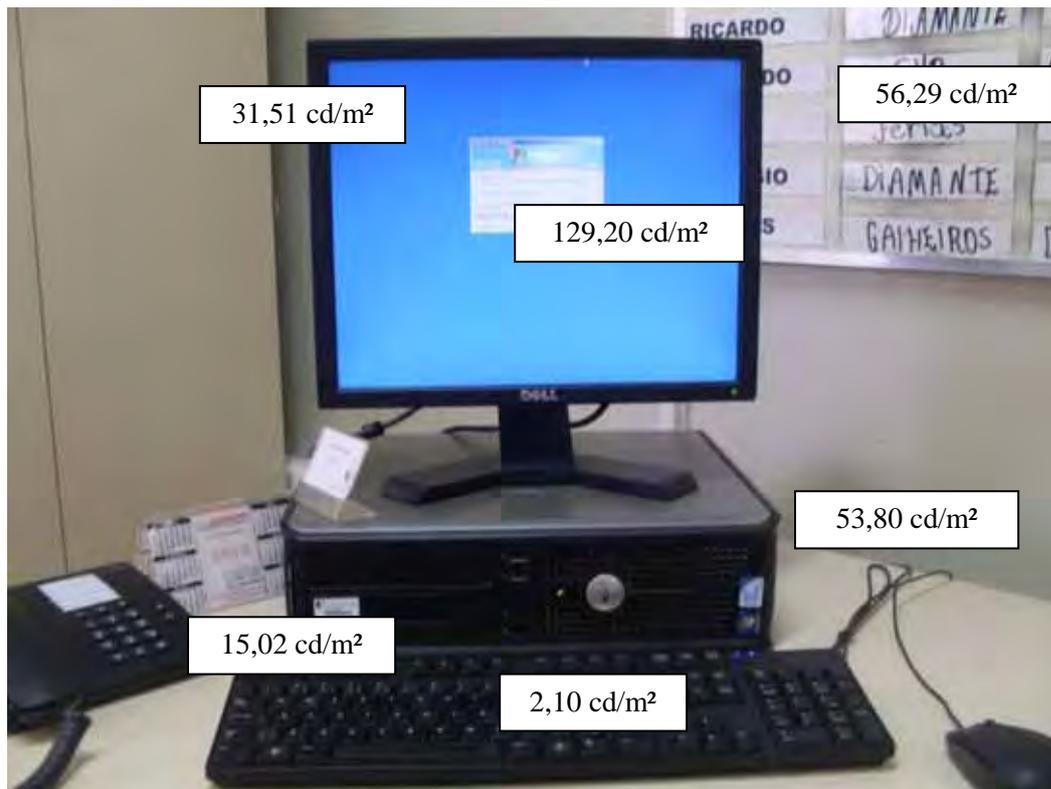


Figura 34. Medição de luminâncias no Posto A da Sala 03

Tabela 12. Resultados da medição de luminâncias no Posto A da Sala 03

Luminâncias (cd/m <sup>2</sup> )		Relação de luminâncias
Monitor	Pontos do entorno	
129,20	31,51	4:1
	56,29	2:1
	23,80	5:1
	15,02	9:1
	2,10	62:1
<b>Média</b>		<b>16:1</b>
<b>Média sem o teclado</b>		<b>5:1</b>

## SALA 04 - CARBONIZAÇÃO

## POSTO C

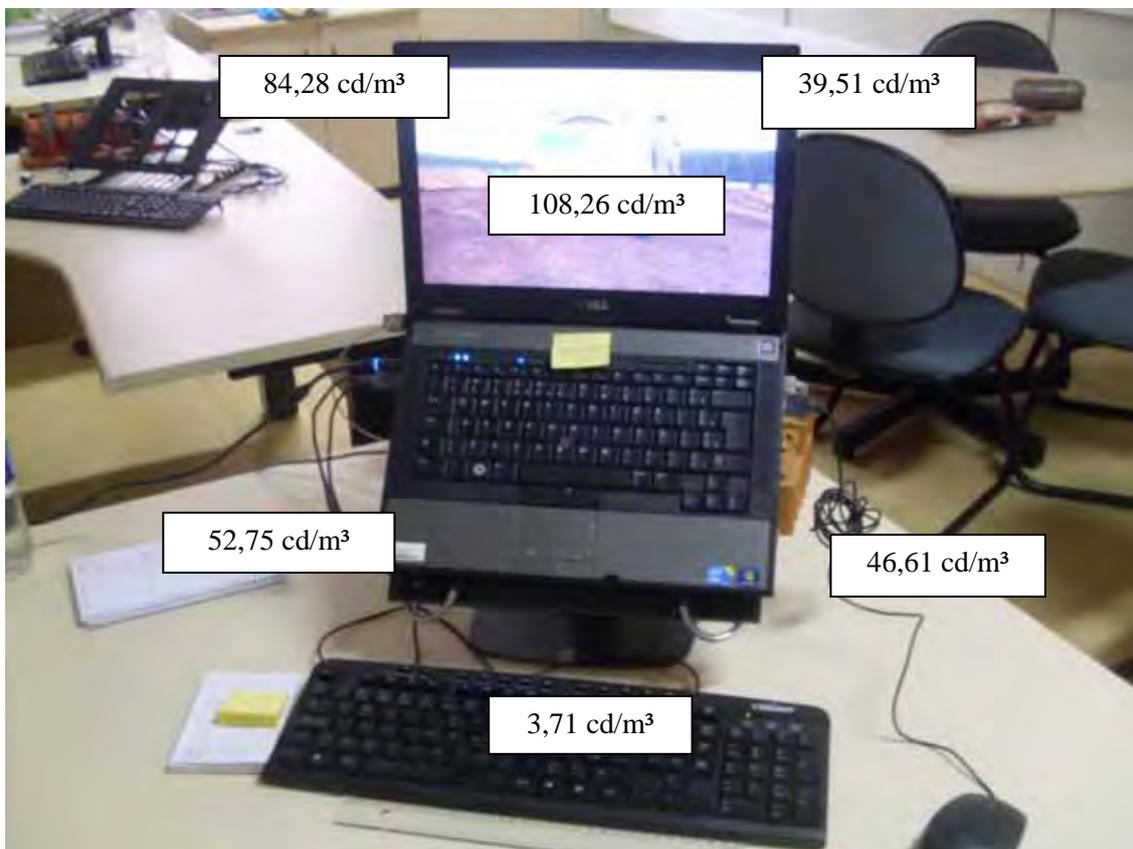


Figura Medição de luminâncias no Posto C da Sala 04

Tabela 13. Resultados da medição de luminâncias no Posto C da Sala 04

Luminâncias (cd/m <sup>2</sup> )		Relação de luminâncias
Monitor	Pontos do entorno	
108,26	84,28	1:1
	39,51	3:1
	52,75	2:1
	46,61	2:1
	3,71	29:1
<b>Média</b>		<b>8:1</b>
<b>Média sem o teclado</b>		<b>2:1</b>

## 5.6 Discussão dos resultados

As respostas do questionário mostram satisfação geral dos funcionários de todas as salas com a iluminação de seus respectivos ambientes de trabalho. A exceção é feita em relação às respostas da questão 4, sobre a visibilidade dos itens das atividades. Nesse caso, seria conveniente a aplicação de um questionário complementar ou de uma reunião com os funcionários para verificar quais pontos estão sendo comprometidos.

Os valores obtidos nas medições de iluminância estão abaixo do valor mínimo indicado pela NBR 5413, sem exceção. Mesmo no período diurno, com as persianas abertas, a luminosidade continua insuficiente. Cabe ressaltar, no entanto, que Boyce (1996) já havia chamado a atenção para o superdimensionamento das iluminâncias mínimas e, nesse estudo em particular, o fechamento usual das persianas ao longo de toda a jornada de trabalho evidencia a preferência do grupo por baixa luminosidade no ambiente.

Deve-se chamar a atenção para o fato de nenhuma iluminância medida com as persianas das salas abertas atingir valores elevados, mesmo em dias próximos ao solstício de inverno, quando a altura relativa do sol é baixa. Isso indica que, mesmo nessa situação, não haveria incidência de radiação solar direta sobre os postos de trabalho, o que poderia indicar desconforto térmico e visual e justificar o fechamento das persianas.

Em relação à homogeneidade da distribuição das iluminâncias sobre os planos de trabalho, não é observado nenhum ponto cuja relação de seu valor com o da média da sala seja menor que 70%, (critério da NBR 5423) sendo, portanto, satisfatória.

As medições com o luminômetro indicam altas relações de luminância entre a área foco de atenção durante o trabalho e seu entorno imediato. Colabora para isso a cor escura do próprio computador, em relação às demais superfícies do ambiente que aparecem no campo visual central, como a mesa de trabalho, as paredes e o próprio piso. A responsabilidade de parte dessas altas relações cabe às baixas iluminâncias: recebendo pouca luz, as superfícies irão refletir também pouca luz, por mais claras que sejam, em comparação com o brilho dos monitores de vídeo dos computadores. Também

colabora para tal a elevada luminância dos monitores de vídeo dos computadores. No entanto, essa é uma variável que poderia ser facilmente controlada pelo usuário: alterando o brilho e o contraste do monitor, ele pode conseguir relações de luminância mais adequadas, reduzindo a fadiga visual.

## 6. CONCLUSÕES

As respostas do questionário respondido pelos funcionários que trabalham nas salas estudadas indicam satisfação em relação à iluminação.

No entanto, os levantamentos de variáveis luminotécnicas realizados neste estudo mostram que as iluminâncias nas medidas nas salas estudadas encontram-se abaixo dos valores mínimos indicados na NBR 5413. Da mesma forma relações de luminância entre o campo visual da atividade e o entorno próximo, estão em sua maioria acima das relações máximas recomendadas pela bibliografia, o que significa a existência potencial de desconforto por ofuscamento.

Dessa forma, existe uma contradição, no caso estudado, entre a opinião dos usuários e o referencial teórico e normativo sobre iluminação de espaços de escritórios, abrindo margem para uma discussão ampla em termos da eficácia da NBR 5413 mediante fatores e critérios que ampliam o leque da análise ergonômica do trabalho e não somente a medição de variáveis fotométricas.

Os resultados encontrados sugerem uma série de novos estudos, que busquem explicar questões levantadas nesta pesquisa, como, por exemplo, o que atende aos aspectos emocionais (satisfação) e biológicos, sem prejudicar o aspecto visual. Nesse caso, deve-se ressaltar que a metodologia da pesquisa teria que ser alterada, uma vez que os sujeitos teriam ser entrevistados individualmente, na busca de fatores isolados e particulares que possam explicar a divergência entre os valores e resultados obtidos em relação aos indicados na bibliografia.

Outro deles, não abordado no presente trabalho, é sobre a importância da vista do exterior (que envolve a ergonomia ambiental) como fator de satisfação do trabalhador e de conforto visual, tema progressivamente abordado na bibliografia especializada.

Em relação ao atual padrão de cor dos computadores e acessórios: se a cor escura de superfícies dentro do campo de atividade visual, em contraste com a superfície brilhante do monitor de vídeo, porque a cor negra? Não deve ser por

fatores ergonômicos, mas isso deve ser levado em conta, uma vez que o computador é um instrumento de trabalho diante do qual as pessoas passam boa parte de suas jornadas.

Questões como a **contribuição da iluminação e seu efeito** sobre a saúde, cor, conforto visual, composição e energia devem ser abordados. A **qualidade da iluminação é um equilíbrio** entre as necessidades humanas atendendo aos fatores ergonômicos, arquitetura e áreas de energia e meio ambiente.

Inegavelmente, a busca de respostas para essas e muitas outras questões sobre as interações entre os sistemas de iluminação e a saúde e bem-estar das pessoas no ambiente de trabalho vai exigir da indústria de iluminação e dos luminotécnicos um conhecimento e uma consciência maior sobre a importância das questões emocionais e biológicas relacionadas à luz.

Portanto, é uma necessidade real, para qualificação das intervenções ergonômicas em conforto ambiental, o uso de ferramentas que permitam de forma rápida e efetiva a identificação da demanda do usuário a partir de suas sensações e conhecimento a respeito do próprio trabalho.

Os resultados deste estudo têm implicações para a gestão uma vez que entre todas as variáveis que favoreçam o conforto dos usuários dos escritórios o paisagismo pode ser um dos itens menos caros em contra partida um elemento importante a ser levado em conta em projetos de escritórios saudáveis.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAHÃO, J. Ergonomia: modelos, métodos e técnicas. In: II Congresso Latino- Americano e no VI Seminário Brasileiro de Ergonomia. Florianópolis, 1993. **Anais...** Florianópolis, 1993.

AIRES, M. **Human lighting demands: healthy lighting in an office environment.** Eindhoven Technische Universiteit Eindhoven, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5413 – **Iluminância de Interiores.** Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5382 – **Verificação de Iluminância de Interiores.** Rio de Janeiro, 1985.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15215-4 - **Iluminação Natural** – Parte 4: Verificação experimental das condições de Iluminação Interna de Edificações – Método de Medição. Rio de Janeiro, 2004.

BAKER, N.; STEEMERS, K. **Daylighting design of buildings.** London: James and James, 2002.

BATIZ, E. C. **Fisiologia do Trabalho.** Apostila curso de Ergonomia, Higiene Ocupacional e Segurança. Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.

BINS ELY, V. Ergonomia + Arquitetura: Buscando um melhor desempenho do espaço físico. In: 3º Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano-Tecnologia: Produtos, Programas, Informações, Ambiente Construído, Rio de Janeiro, 2003. **Anais....** Rio de Janeiro: PUC, 2003.

Boyce, P. Illuminance selection based on visual performance – and other fairy stories. **Journal of the Illuminating Engineering Society**, v. 25 n.2, 1996, p. 562-577.

BOYCE, P. R. **Human factors in lighting.** London: Taylor & Francis, 2003.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. SECRETARIA DE INSPEÇÃO DO TRABALHO. **Manual de aplicação da Norma Regulamentadora nº 17**. 2 ed. Brasília: TEM/SIT, 2002.

BROWN, G. Z.; DEKAY, M. **Sol , vento e luz**: estratégias para o projeto de arquitetura. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

CANDURA, P. Normas de aplicação em iluminação: O quê, por quê e para quê. **Lume Arquitetura**, Edição 26, 2007.

CHAUÍ, M. **Convite á Filosofia**. 12. ed. São Paulo: Átila, 2000.

CIBSE (Chartered Institute of Building Services Engineers). Society of Light and Lighting. **Lighting guide 7: office lighting**. Adendum. London: Society of Light and Lighting, 2012.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos**. Rio de Janeiro: Revan, 2003.

COUTO, H. A. **Ergonomia aplicada ao trabalho**: o manual técnico da máquina humana. Belo Horizonte: Editora Ergo, 1995.

CUTTLE, K. People and windows in workplaces. In: Conference on People and Physical Environment Research, New Zealand, 1983. **Proceedings...** New Zealand: Wellington, 1983.

FARLEY, K.; VEITCH, J. **A room with a view**: a review of the effects of windows on work and well-being. Ottawa: Institute for Research in Construction, 2001.

FARIA, J. R. G. Análises de distribuição de luminâncias através de imagens HDR compostas por fotos de câmeras snapshot. In: ENCAC-ELACAC 2007 - IX Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído e V Encontro Latino-americano sobre Conforto no Ambiente Construído, 2007, Ouro Preto, **Anais do IX Encontro Nacional e V Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído**. Ouro Preto, 2007. v. 1. p. 677-686.

GOMES, Valéria. **O que mudou nos escritórios**. São Paulo: Arc Design, 1998.

GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia**: adaptando o trabalho ao homem. Porto Alegre: Bookman, 1998.

GUYTON, A. C. **Tratado de fisiologia médica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1997.

HOPKINSON, J. **Iluminação natural**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1975.

HUERTAS, J. A.; OCHAITA, E.; ESPINOSA, M. A. **Movilidad y conocimiento espacial en ausencia de la vision**, Psicología de la ceguera. Madrid: Alianza Editorial, 1993.

IESNA – **Lighting Handbook**. New York: The Illuminating Engineering Society of North America, 2000.

IIDA, I. **Ergonomia**: projeto e produção. 2º ed. São Paulo: Edgar Blucher, 2005.

INANICI, M. N.; GALVIN, J. **Evaluation of high dynamic range photography as a luminance mapping technique**, Paper LBNL-57545, Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California.

KROEMER, K. H. E. **Manual de ergonomia**: adaptando o trabalho ao homem. Tradução: Lia Buarque de Macedo Guimarães. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LAVILLE, A. **Ergonomia**. São Paulo: EPU, 1977.

NETTER, F. H. **Atlas de anatomia humana**. Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul, 1998.

ORNSTEIN, S. W. **Avaliação pós-ocupação do ambiente construído**. São Paulo, EDUSP, 1992.

OSRAM – **Manual Luminotécnico Prático**. Disponível em: <http://www.osram.pt/produtosman.html>. Acesso em: 22 out. 2011.

PLANT, C. G. H. **The light of day**. Light and Lighting In: Edwards e Torcellin. Canada, 2003.

PHEASANT, S. **Ergonomics standarts and guidelines for designers**. London: BSI Standards, 1987.

ROMERO, M. A. B. **A arquitetura bioclimática do espaço público**. Brasília: UnB, 2001.

ROSCIANO, P. C. **Interfaces entre arquitetura e ergonomia para concepção dos espaços produtivos, o caso de uma lavanderia hospitalar**. Dissertação de Mestrado. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia de Produção, UFMG, 1999.

SILVA, M. L. **Luz, lâmpadas e iluminação**. Porto Alegre: Pallotti, 2002.

SOMMER, Robert. **Espaço Pessoal**. São Paulo: EPU, 1973.

TENNER, A. D. A healthy future for office lighting? **Journal of Lighting & Visual Environment**. Japan, 2003.

VIANNA, N. S.; GONÇALVES, J. C. S. **Iluminação e arquitetura**. São Paulo: UNIABC, 2001.

VILLAROUCO, V. Avaliação ergonômica do projeto arquitetônico. In: VII Congresso Latino- Americano de Ergonomia, I Seminário Brasileiro de Acessibilidade Integral, XII Congresso Brasileiro de Ergonomia, Recife, 2002. **Anais...** Recife, 2002.

VIEIRA, S. I. **Manual de saúde e segurança do trabalho**. Florianópolis: Mestra Editora, 2000.

VIÑA, S.; GREGORY, E. **Ergonomia**. La Habana. Pueblo y Educacion, 1990.

ZVEI – German Electrical and Electronic Manufacturers' Association. **ZVEI guide to DIN EN 12464-1**. Frankfurt, 2005. Disponível em: <[http://www.licht.de/fileadmin/shop-downloads/zvei\\_leitfaden\\_12464\\_1\\_eng.pdf](http://www.licht.de/fileadmin/shop-downloads/zvei_leitfaden_12464_1_eng.pdf)>. Acesso em: 10 set. 2011.