

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE HUMANIDADES
UNIDADE ACADÊMICA DE ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE
COORDENAÇÃO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

**ANÁLISE DE ILUMINÂNCIA EM AMBIENTES DE SALA DE AULA DO CURSO
DE ADMINISTRAÇÃO DA UFCG.**

Gilney Christierny Barros dos Anjos

Campina Grande - PB

Setembro de 2007

Gilney Christierny Barros dos Anjos

**ANÁLISE DE ILUMINÂNCIA EM AMBIENTES DE SALA DE AULA DO CURSO
DE ADMINISTRAÇÃO DA UFCG.**

Relatório de Estágio Supervisionado apresentado ao Curso de Bacharelado em Administração da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento parcial das exigências para obtenção do título de Bacharel em Administração.

Orientador: Prof. Dr. Juscelino de Farias Maribondo

Campina Grande - PB

Setembro de 2007

Gilney Christierny Barros dos Anjos

**ANÁLISE DE ILUMINÂNCIA EM AMBIENTES DE SALA DE AULA DO CURSO
DE ADMINISTRAÇÃO DA UFCG.**

Relatório aprovado em 27 / 09 / 2007.

Prof. Dr. Juscelino de Farias Oliveira - Orientador

Prof. MSc. Eliane Martins – Examinadora

Prof. MSc. Verônica Macário – Examinadora

Campina Grande - PB

Setembro de 2007

AGRADECIMENTOS

Muitas pessoas colaboraram com este trabalho. Das formas mais distintas, em diversos momentos todas fizeram contribuições valiosas.

Primeiramente, quero agradecer a minha família pela ajuda, paciência e compreensão para que eu pudesse continuar.

A Giulianne, Jerônimo e Danilo pelo apoio na realização das medições.

Aos professores Darcon e Rocha, atual e ex, respectivamente, coordenadores administrativos da Unidade Acadêmica de Administração e Contabilidade da UFCG, por permitirem a realização do estudo nas salas de aula do curso de Administração.

Ao meu orientador, Dr. Juscelino de Farias Maribondo, pela confiança, ajuda e sugestões de grande valia que em muito enriqueceram o trabalho e minha vida acadêmica.

Valeu, obrigado por tudo.

“O verdadeiro fundador da sociedade civil foi o primeiro que, cercando um terreno, teve a idéia de dizer, *este é meu*, e encontrou pessoas bastante simples para acreditarem. De quantos crimes, guerras, assassínios, misérias e horrores o Gênero Humano não teria sido poupado se aquele que, arrancando as estacas e enchendo o fosso, tivesse gritado a seus semelhantes: Não ouçam este impostor, estarão perdidos se esquecerem que os frutos são de todos e que a Terra é de ninguém.”

Jean – Jacques Rousseau

SUMÁRIO

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

Resumo

Abstract

1 – Introdução	13
1.1. Justificativa	14
1.2. Objetivos	15
1.2.1. Geral	15
1.2.2. Específicos	15
1.3. Estrutura do trabalho	15
1.4. Período e local do estudo.....	16
1.5. Limitações do trabalho	16
2. Fundamentação Teórica	17
2.1. Ergonomia: princípios, conceitos e sua importância	17
2.2. Ambiente de trabalho	21
2.2.1. Iluminação	21
2.2.2. Cores	27
2.3. Educação e ergonomia	28
2.4. A visão, seu funcionamento e importância	30
2.4.1. Acomodação visual	33
3. Metodologia da Pesquisa	37
3.1. Introdução	37
3.2. Tipo do estudo	37
3.3. Local de estudo	38
3.4. Instrumentos de coleta de dados	38
3.5. Coleta e análise de dados	39
3.5.1. Método dos lúmens ou Método do fluxo luminoso	39
3.5.2. Verificação de iluminância de interiores (NBR 5382)	42

4. Apresentação e Análise dos resultados	44
4.1. Iluminância média	44
4.2. Método dos lumens	53
5. Recomendações e Considerações Finais	56
6. Referências Bibliográficas	59

Apêndices

Anexos

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Variáveis envolvidas no conforto humano	21
Figura 2 – Exemplo de luminância	23
Figura 3 - Exemplo de iluminância	23
Figura 4 – Comparativo de eficiência luminosa	26
Figura 5 – Representação esquemática do aparelho ótico	31
Figura 6 - Anatomia do olho humano	31
Figura 7 - A estrutura celular da retina	33
Figura 8 – Cristalino espesso	33
Figura 9 – Cristalino delgado	33
Figura 10 – Ofuscamento	36
Figura 11 - Campo de trabalho é retangular, iluminado com fontes de luz em padrão regular, simetricamente espaçadas me duas ou mais fileiras	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fatores determinantes da iluminância adequada	41
Tabela 2 – Informações gerais sobre as salas	44
Tabela 3 – Medidas da sala 106 durante o dia	45
Tabela 4 – Medidas da sala 106 durante a noite	46
Tabela 5 – Medidas da sala 107 durante o dia	48
Tabela 6 – Medidas da sala 107 durante a noite	49
Tabela 7 – Medidas da sala 108 durante o dia	50
Tabela 8 – Medidas da sala 108 durante a noite	51
Tabela 9 – Medidas da sala 109 durante o dia	52
Tabela 10 – Medidas da sala 109 durante a noite	53
Tabela 11 – Valores obtidos pelo método dos lúmens	54

ANJOS, G. C. B. dos. **Análise de iluminância em ambientes de sala de aula do curso de Administração da UFCG**. 62 f. Relatório de Estágio Supervisionado (Bacharelado em Administração) – Universidade Federal de Campina Grande, 2007.

RESUMO

A Ergonomia busca adaptar o contexto do ambiente de trabalho ao homem, visando com isso propiciar-lhe melhores condições físicas e psicológicas para a realização de seu trabalho e atividades. O setor educacional é uma área onde as contribuições ergonômicas podem atuar para a melhoria do processo e permitir o aumento da produtividade escolar e da satisfação dos principais atores envolvidos nesta atividade: professores e alunos. No ambiente de sala de aula, a iluminação é fator decisivo. O nível de iluminamento influi na percepção, no rendimento e na fadiga visual dos usuários. Com isso buscou-se fazer um estudo luminotécnico das salas de aula do curso de Administração da UFCG. O estudo foi do tipo exploratório, com abordagem quali-quantitativa. Como instrumentos de coleta de dados foram utilizados: observações “*in-loco*”, medições feitas com luxímetro digital D401025 (marca DAVIS), trena e máquina fotográfica digital (marca Olympus modelo D-390). Para análise dos dados, foram usados o método dos lúmens e os recomendados pela NBR 5413/1992 e NBR 5382/1985. Foi possível constatar que as salas pesquisadas apresentam, em sua totalidade, algum tipo de desconformidade ou situação que carece de correções. Os problemas versam, basicamente, sobre: lâmpadas com mau funcionamento ou queimadas; diferenças de entre os tipos de lâmpadas; existência de pontos de sombra; quantidade de lâmpadas superiores ao necessário com conseqüente aumento no consumo de energia. As salas, durante a noite, apresentam médias de iluminância inferiores ou no mínimo igual ao estabelecido pela NBR 5413. Como recomendações, sugere-se alteração na quantidade de lâmpadas, o que poderia oferecer uma redução de cerca de 20% no consumo de energia elétrica. Para que essa economia fosse de fato alcançada, outros fatores teriam que ser levado em consideração. Entre eles pode-se destacar: mudança no layout da posição das luminárias; alteração nas cores do ambiente, optando por cores que favoreçam a iluminância; e limpeza regular das lâmpadas e luminárias. Esta pesquisa permitiu observar a grande importância da aplicação da ergonomia e da iluminação no ambiente de sala de aula, ficando, mais nítida as conseqüências destas, no desempenho educacional e no modo como interfere na saúde dos usuários. Baseado nisso, espera-se que as variáveis tratadas neste trabalho sejam pensadas e vistas pelos responsáveis

pela educação como uma possibilidade de melhoria na qualidade do ensino sem que para isso seja necessário despende grandes investimentos, tendo em vista os benefícios que serão conquistados. Pode-se concluir que a aplicação de princípios ergonômicos é possível e que resultará em benefícios que tornarão o ato de aprender e de ensinar mais agradável, satisfatório e eficaz.

Palavras-chaves: Ergonomia; Iluminação; Estudo luminotécnico; Curso de Administração; Sala de aula.

ANJOS, G. C. B. dos. **Analysis of illuminance in environments of classroom of the course of Management of the UFCG**. 62 f. Report of Supervised Period of Training (Graduation in Management) - Federal University of Campina Grande, 2007.

ABSTRACT

The ergonomics searches to adapt the context of the environment of work to the man, aiming at with this to propitiate better physical and psychological conditions for the accomplishment of its work and activities to it. The educational sector is an area where the ergonomic contributions can contribute for the improvement of the process and allow the increase of the pertaining to school productivity and the satisfaction of the main involved actors in this activity: professors and pupils. In the environment of classroom, the illumination is decisive factor. The iluminamento level influences in the perception, the income and the visual fatigue of the users. With this one searched to make a illumination techniques study of the classrooms of the course of Management of the UFCG. The study it was of the exploration type, with quali-quantitative boarding. As instruments of collection of data they had been used: comments "in-I lease", measurements made with light intensity meter digital D401025 (mark DAVIS), trena and digital photographic machine (Olympus mark D-390 model). For analysis of the data, the method of lúmens and recommended for the NBR 5413/1992 and NBR 5382/1985 had been used. It was possible is evidenced that the searched rooms present, in its totality, some type of disconformity or situation that lacks of corrections. The problems turn, basically, on: light bulbs with bad functioning or forest fires; differences of enter the types of light bulbs; existence of shade points; amount of superior light bulbs to the necessary one with consequent increase in the energy consumption. The rooms, during the night, present inferior averages of at least equal iluminance or to the established one for NBR 5413. As recommendations, I suggested alteration in the amount of light bulbs, what it could offer a reduction of about 20% in the consumption of electric energy. So that this economy in fact was reached, other factors would have that to be taken and consideration. Among them we can detach: change in the layout of the position of the lights; alteration in the colors of the environment, opting to colors that favor the iluminance; e regular cleanness of the light bulbs and lights. This research allowed to observe the great importance of the application of the ergonomics and the illumination in the environment of classroom, being, clearer the consequences of these, in the educational performance and the way as it intervenes with the

health of the users. Based in this, one expects that the variable treated in this work are thought and seen for responsible by the education as a possibility of improvement about the quality of education without for this it is necessary to expend great investments in view of the benefits that will be conquered. It can be concluded that the application of ergonomic principles is possible and that it will result in benefits that will become the act to learn and to teach more pleasant, satisfactory and efficient.

Key-words: Ergonomics; Illumination; illumination techniques study; Course of Mangement; Classroom.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo da execução das suas atividades, o trabalhador acaba por ser influenciado pela relação que mantém com seu local de trabalho, o que acaba por acarretar interferências na sua produtividade, podendo ser tais interferências positivas ou negativas. Tanto a má qualidade do ambiente interno quanto às atividades fora dos padrões de conforto térmico e iluminação incorreta, por exemplo, podem acarretar sérias dificuldades no desempenho da execução das atividades. Ocorre que nem sempre as variáveis presentes nesses ambientes estão devidamente ajustadas às necessidades do local e da tarefa nele desempenhada, o que pode ocasionar prejuízo na execução das tarefas. Há fatores relacionados ao ambiente de trabalho e ao trabalhador, que se não forem bem estudados e planejados, implicarão negativamente no rendimento do desempenho das atividades.

No ambiente de sala de aula, os alunos e professores desenvolvem suas tarefas assim como os trabalhadores no seu posto de trabalho. Mas nem sempre as variáveis presentes nesses ambientes estão devidamente controladas, e esses desajustes podem comprometer o desempenho desses indivíduos ocasionando dificuldades no processo de ensino-aprendizagem. Tavares (2002) coloca que não há necessidade de se mudar radicalmente a forma de como está estruturada a sala de aula e sim adaptá-la para mais uma ferramenta de trabalho, isto é, pode-se ter o quadro, o retroprojeto, o projetor, o televisor, o microcomputador ou qualquer outro recurso didático, além da própria Internet, os quais são subsídios de um bom planejamento pedagógico.

Nesse cenário, a realização de estudos ergonômicos e o levantamento de demandas ergonômicas constituem-se em itens importantes, pois permitem o conhecimento de possíveis situações problemas que afetam o bom desempenho das funções exercidas dentro de um ambiente de trabalho e, com isso, possibilitam a busca de soluções para as demandas detectadas.

A Ergonomia tem como missão fundamental a adaptação das condições de trabalho aos homens, visando com isso propiciar-lhe melhores condições físicas e psicológicas para a realização de seu trabalho e atividades. A análise ergonômica do trabalho tem como objetivo diagnosticar os problemas nos locais de trabalho e apontar sugestões que visam minimizá-los e/ou eliminá-los, com vistas a aumentar a satisfação dos envolvidos no processo. Sob este aspecto de busca pela melhoria, a ergonomia tem atuado cada dia mais nas atividades relacionadas de ensino.

Hahn (1999, p. 21) considera que pedagogia e ergonomia, apesar de tradicionalmente constituírem-se em campos de investigação extremamente distintos, possuem vários pontos em comum, sendo o "conforto" e a "facilidade" na execução das tarefas, aspectos relevantes de identificação, visando uma adequação do homem aos processos de trabalho.

Para Silva & Gontijo *apud* Tavares (2000, p. 34), a justificativa para aplicar a ergonomia na formação profissional e escolar, visando à transformação e adequação do processo ensino-aprendizagem, se baseia em pelo menos quatro variáveis: 1) econômica: relação produtividade e qualificação; 2) sócio-cultural: natureza social do homem; 3) psicológica: desempenho cognitivo aplicado ao trabalho; 4) didática: processo de ensino-aprendizagem propriamente dito. Este processo, porém, é complexo e requer, para ser compreendido, uma abordagem mais abrangente que envolve várias áreas do conhecimento, por isso a interdisciplinaridade tem forte apelo, pois permite melhor compreender os objetos estudados e melhorá-los. Segundo Hahn (1999), interligadas, pedagogia e ergonomia favorecem a elaboração do planejamento, a execução e o processo de avaliação das capacitações.

A relevância do presente trabalho diz respeito fundamentalmente à questão do desenvolvimento de estudos ergonômicos que possibilitem uma maior integração com o processo pedagógico, na adoção de propostas ergonômicas no ambiente de trabalho (sala de aula) e no zelo pela segurança e saúde dos usuários destes ambientes.

1.1. JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

Visualizar a ergonomia proporcionando a concepção ou a transformação das situações de trabalho seja a partir dos seus aspectos técnicos ou sócio-organizacionais, considerando-se o máximo de conforto, eficácia e satisfação, não é uma tarefa fácil. A maioria das pessoas diretamente responsáveis por esse desenvolvimento não tem consciência de tal papel. Assim, os projetos, ao serem colocados em prática, esbarram em sua operacionalização, resultante da não participação dos usuários no produto planejado, pois este deveria estar presente durante todo o processo (Tavares, 2000). A análise ergonômica do trabalho tem como objetivo sugerir medidas, procedimentos e metodologias, visando o aumento da produtividade e da satisfação da qualidade de vida dos sujeitos envolvidos no processo. Dessa forma, considera-se que o presente estudo justifica-se pelo caráter exploratório que apresenta, tendo em vista a extrema escassez de produção científica concernente a estudos sobre a influência da iluminação no processo de ensino-aprendizagem.

A realização desta pesquisa é de fundamental importância para o levantamento de informações que possibilitem a melhoria das condições nas quais se realiza o processo de ensino-aprendizagem. O volume de dados, informações e de conhecimentos técnicos que está sendo apresentado e disponibilizado poderá contribuir para a melhoria quantitativa e qualitativa do processo escolar, criando oportunidades para promover, assim, impactos positivos na área. Uma outra contribuição diz respeito a possível redução dos gastos com a iluminação, uma vez que se analisou se a atual iluminação existente nos ambientes de sala de aula se mostra eficiente ou não quanto ao dispêndio e consumo de energia para alimentar as lâmpadas. Com base nessa análise foram dadas recomendações para alterações que possibilitem um uso mais racional e eficiente da iluminação.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo geral

Realizar um estudo luminotécnico das salas de aula do curso de Administração da UFCG.

1.2.2. Objetivos específicos

- Analisar como se apresentam os aspectos de iluminância de interiores das salas de aula do curso de Administração da UFCG.
- Levantar as conseqüências dos fatores relacionados a iluminação no processo de ensino-aprendizagem;
- Confrontar os resultados obtidos com os referenciais teóricos utilizados;
- Apresentar recomendações ergonômicas para melhorias no cenário detectado.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho apresenta a seguinte estrutura de capítulos:

O Capítulo 1 apresenta: introdução; justificativa; objetivos; delimitação do trabalho; estruturação do trabalho; período e local do estudo; e as limitações da pesquisa.

O Capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica do tema em estudo, abordando aspectos como: conceituação da ergonomia; iluminação e princípios do funcionamento da visão.

No capítulo 3 tem-se os procedimentos metodológicos utilizados no trabalho. São descritos a priori, os critérios utilizados bem como a conceituação dos modelos de avaliação sobre a prática que fundamenta este estudo. Também são apresentados as forma como foram tratados os dados da pesquisa.

No Capítulo 4 apresenta-se o diagnóstico composto pela descrição e a análise dos níveis de iluminação obtidos.

No Capítulo 5 apresentam-se as conclusões sobre o trabalho e as sugestões.

Pro fim, o Capítulo 6 contém as fontes bibliográficas utilizadas para a realização do estudo.

1.4. PERÍODO E LOCAL DE ESTUDO

O período básico de realização da pesquisa foi compreendido entre os meses de junho a agosto de 2007. O local do estudo foram as 4 (quatro) salas de aula (106, 107, 108 e 109) localizadas no Bloco BG, utilizadas exclusivamente pelo curso de Administração da UFCG.

1.5. LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Como todo trabalho de caráter científico é relevante registrar que este Relatório de Estágio Supervisionado possui algumas limitações:

- Pesquisa dentro de uma realidade limitada, no caso, uma única organização;
- O fator tempo para desenvolver o trabalho, fazendo com que fosse focado um número menor de aspectos relacionados ao assunto.

Porém, cabe ressaltar que independente dos itens acima mencionados, os resultados não foram comprometidos, bem como as informações obtidas no trabalho.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O objetivo deste tópico é apresentar informações sobre Ergonomia, aspectos ambientais com ênfase na iluminação, relação educação/ergonomia e aspectos fisiológicos da visão. Essas informações são necessárias para a boa compreensão deste estudo.

2.1. ERGONOMIA: PRINCÍPIOS, CONCEITOS E SUA IMPORTÂNCIA

Durante a Primeira Guerra Mundial, no ano de 1915, foi fundada a Comissão de Saúde dos Trabalhadores na Indústria de Munições formada basicamente por fisiologistas e psicólogos. Em 1929, esta comissão foi reformulada e transformou-se no Instituto de Pesquisa sobre Saúde no Trabalho, ampliando assim seu campo de trabalho, realizando pesquisas sobre posturas no trabalho, carga manual, seleção, treinamento e preocupações quanto ao ambiente de trabalho, iluminação, ventilação e outras (COUTO APUD ZANOTELLI et. al., 2005).

Quando a Segunda Guerra Mundial começou, necessitou-se adaptar os instrumentos bélicos para que se adequasse ao operador, reduzindo assim o nível de tensão e o risco de acidentes. Depois da guerra, surgiu na Inglaterra a *Ergonomics Research Society*, o que contribuiu para a difusão da Ergonomia em todo o mundo, colocando em prática, todo o conhecimento adquirido durante as duas guerras, melhorando assim a produtividade e as condições de vida da população, particularmente os trabalhadores nos ambientes de fábricas (IIDA, 1998).

Nos últimos anos, o número de estudos feitos a respeito da relação do homem com o ambiente de trabalho tem crescido de forma considerável. A Ergonomia vem justamente utilizar estes estudos a fim de produzir um melhor rendimento no trabalho, prevenir acidentes e proporcionar uma maior satisfação por parte do trabalhador. O seu objetivo é aumentar a eficiência e a satisfação humana, através de ações que permitam que se tomem decisões a cerca da relação homem-trabalho. O custo dessa relação é minimizado através da Ergonomia, que remove aspectos do trabalho que possam provocar inseguranças e desconfortos a saúde dos trabalhadores.

A Ergonomia busca adaptar o contexto do ambiente de trabalho ao homem, visando com isso propiciar-lhe melhores condições físicas e psicológicas para a realização de seu trabalho e suas atividades. Sendo assim, ela vem obtendo uma atenção especial, nos últimos tempos, por parte de empresários e demais responsáveis pelas áreas de produção, saúde e recursos humanos das organizações.

Os conhecimentos da Ergonomia podem ser aplicados no planejamento de processos e de máquinas, nos métodos de trabalho e no controle do ambiente físico para se alcançar maior eficiência tanto dos homens como das máquinas. Na interação homem-máquina é de grande necessidade a adaptação conjunta dos dois.

Verdussen (1978) define a Ergonomia como conjunto de regras ou normas que regem o trabalho no aspecto de sua adequação ao homem. Etimologicamente, o termo origina-se do grego – “*erg*” (trabalho) e “*nomos*” (leis) – sendo fruto da evolução das abordagens mais técnicas do início do século XX, nas quais Taylor e outros buscavam formas de maximizar a produção atuando sobre a melhoria de métodos e movimentos para o trabalhador. Essa evolução conduziu a uma disciplina que passou a abranger conhecimentos da medicina do trabalho, da psicologia, da sociologia e da arquitetura. O homem passou a ser visto como um ser complexo, cujo desempenho dependeria da segurança do local de trabalho, de fatores psicológicos, como a motivação e os relacionamentos interpessoais.

Já para a *Ergonomics Research Society apud IIDA* (1998, p. 1) a

Ergonomia é o estudo do relacionamento entre o homem e o seu trabalho, equipamento e ambiente, e particularmente a aplicação dos conhecimentos de anatomia, fisiologia e psicologia na solução dos problemas surgidos desse relacionamento.

Daniellou *apud Hahn* (1999, p. 36), por exemplo, afirma que a

Ergonomia tem como objeto teórico a atividade de trabalho; como disciplinas fundamentais a fisiologia do trabalho, a antropologia cognitiva e a psicologia dinâmica; como fundamento metodológico a análise do trabalho; como programa tecnológico a concepção dos componentes materiais lógicos e organizacionais de situações de trabalho adequadas aos indivíduos, às pessoas e aos coletivos de trabalho.

Segundo Iida (1998), a Ergonomia parte do conhecimento do homem para fazer o projeto do trabalho, ajustando-o às capacidades e limitações humanas. Laville *apud Hahn* (1999, p. 22) dispõe a Ergonomia como sendo "o conjunto de conhecimentos a respeito do desempenho do homem em atividade, a fim de aplicá-los à concepção das tarefas, dos instrumentos, das máquinas e dos sistemas de produção". Nessa visão percebe-se que entre os princípios norteantes da ação ergonômica estão: a integração entre o conforto, a segurança e a

eficiência dos homens e dos equipamentos e a atividade de trabalho como eixo central (ABRAHÃO, S/D).

A Ergonomia apresenta diferentes abordagens (Santos, s/d) que são:

1) Quanto à abrangência:

- Ergonomia do posto de trabalho: abordagem microergonômica;
- Ergonomia de sistemas de produção: abordagem macroergonômica.

2) Quanto à interdisciplinaridade:

- Engenharia: projeto e produção ergonomicamente seguros;
- Design: metodologia de projeto e design do produto;
- Psicologia: treinamento e motivação do pessoal;
- Medicina e enfermagem: prevenção de acidentes e doenças do trabalho;
- Administração: projetos organizacionais e gestão de R.H.

Por trabalhar com diferentes realidades e contextos, a Ergonomia adota diferentes formas de contribuição que, segundo Wisner (1987, p. 20), dividem-se em três tipos que são:

- Ergonomia de concepção - ocorre quando a contribuição ergonômica se faz durante a fase inicial do projeto produto, da máquina ou ambiente;
- Ergonomia de correção - aplica-se em situações reais já existentes para resolver problemas apresentados;
- Ergonomia de conscientização - consiste em conscientizar o indivíduo, através de cursos e treinamentos periódicos, com a finalidade de ensiná-lo a trabalhar de forma segura.

Para Couto apud Zanotelli et. al. (2005), a Ergonomia abrange, atualmente, cinco grandes áreas de estudo aplicadas ao trabalho: ergonomia na organização do trabalho pesado; biomecânica aplicada ao trabalho; prevenção da fadiga no trabalho; prevenção do erro humano e adequação ergonômica do posto de trabalho.

A maioria das definições de Ergonomia colocam em questão dois aspectos:

- O conforto e a saúde dos trabalhadores;
- A eficácia e eficiência da organização medido através da produtividade e qualidade das suas atividades.

A meta principal da Ergonomia, portanto, constitui-se na segurança e no bem-estar dos trabalhadores no seu relacionamento com os sistemas produtivos. A eficiência seria uma consequência e não fim, pois se colocada a eficiência como objetivo principal poderia significar sofrimento e sacrifício dos trabalhadores o que seria inaceitável.

Em 1948 com o projeto da cápsula espacial norte-americana nasce o conceito de ergonomia moderna, pois foi necessário fazer um replanejamento de tempos e meios para se fazer a viagem ao espaço, em decorrência do desconforto que passaram os astronautas no primeiro protótipo, surge assim, através da antropometria, o conceito de que o fundamental não é adaptar o homem ao trabalho, mas procurar adaptar as condições de trabalho ao ser humano (PANERO & ZELNIK *APUD* AÑEZ, 2000).

Wisner *apud* Boyuer (2006) já afirmara outrora que um trabalho fisicamente penoso poderia afetar a carga psíquica (aversão ao trabalho, irritabilidade, etc.) e que, por outro lado, um trabalho psiquicamente degradante poderia se refletir sobre o corpo físico. Nesse sentido, umas das primeiras coisas que a Ergonomia pode responder é se o trabalho oferece algo rotineiro, degradante e prejudicial ao trabalhador.

Quando se fala em Ergonomia e sua adoção uma das primeiras questões que surgem são os seus custos. A análise do custo/benefício em Ergonomia não é tão simples. Isso se deve aos custos serem geralmente determinados com maior rapidez e facilidade. Já os benefícios não podem, pelo menos no curto prazo, serem avaliados em termos econômicos (IIDA, 1998). Se por um lado, o uso da Ergonomia pode sugerir maior gasto, por outro representa uma economia para a organização e como consequência, a melhoria da saúde do trabalhador. A empresa que produz produtos dentro das recomendações ergonômicas tende a ter um diferencial já que seus produtos atendem melhor às expectativas do usuário.

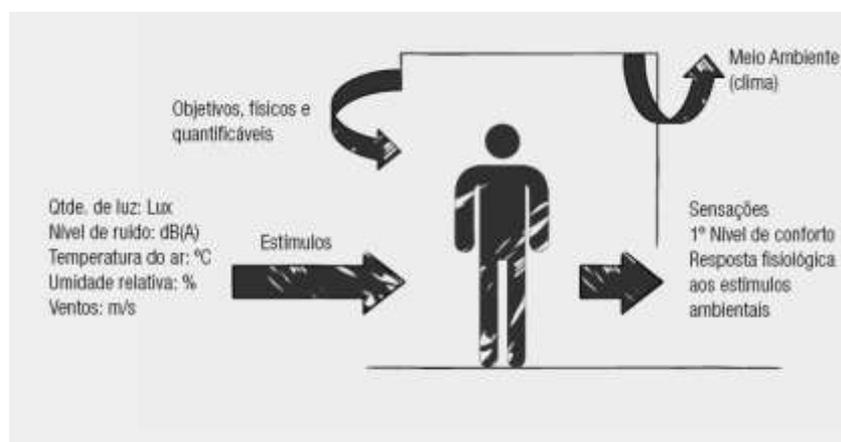
Dentre os principais aspectos estudados pela Ergonomia estão:

- Homem: características físicas, psicológicas, sociais, idade, motivação, etc;
- Ambiente: ruídos, cores, temperatura, iluminação, qualidade do ar, etc;
- Organização: conjunto de elementos no qual o indivíduo está inserido e desenvolve as ações foco do estudo ergonômico, como as tarefas, as interações e suas consequências;
- As interações homem-máquina.

2.2. AMBIENTE DE TRABALHO

Grande parte das pessoas exerce suas atividades em ambientes fechados tais como escritórios, fábricas e salas de aulas. Devido a grande presença de usuários nestes ambientes eles passaram a serem estudados com grande interesse para se saber como estes ambientes podem interferir no indivíduo e na realização das suas tarefas. O conforto no ambiente de trabalho está associado as variáveis tais como: ruído, iluminação, cores do ambiente, temperatura, umidade, pureza e velocidade do ar, radiação, estado físico, tipo de vestimenta, entre outras (figura 1). Neste estudo foi dada ênfase a iluminação, uma vez que é o foco do trabalho, e também as cores já que elas interferem na percepção e difusão da luz. Segue-se uma descrição destas variáveis.

Figura 1 – Variáveis envolvidas no conforto humano



Fonte: OSRAM do Brasil (s/d)

2.2.1. Iluminação

Antes da invenção da lâmpada elétrica, a iluminação dos ambientes era feita através de velas ou tochas. Lâmpadas a óleo também eram usadas, mas soltavam um resíduo que cobria de fuligem tudo o que estava por perto, desestimulando seu uso. Quando as descobertas de Joseph Swan, em 1878, e Thomas Edison, em 1879, se popularizaram, milhões de pessoas no mundo passaram a ter luz elétrica em suas casas. A tecnologia da lâmpada não mudou muito desde o modelo de Edison.

A luz é uma forma de energia que pode ser liberada por um átomo. Ela é feita de várias partículas pequenas, como se fossem pacotes, que têm energia e força, mas não têm massa. Estas partículas, chamadas fótons, são as unidades fundamentais da luz. Os átomos liberam os fótons quando os seus elétrons são excitados. Os elétrons são partículas de carga

negativa que movem-se ao redor do núcleo do átomo, que possui carga positiva. Elétrons de diferentes níveis ocupam orbitais diferentes. Quando alguma coisa passa energia para o átomo, um elétron será temporariamente impulsionado para um orbital mais alto, ou seja, mais afastado do núcleo. Assim que o elétron retorna ao seu orbital de origem, libera a energia extra na forma de um fóton (em alguns casos, um fóton luminoso). Este é o mecanismo básico em quase todas as fontes de luz. A principal diferença entre as fontes de luz é o processo de excitação dos átomos (WIKIPÉDIA, s/d).

A questão da iluminação tanto pode causar danos à visão, como contribui na redução ou aumento da capacidade de produção de uma pessoa. Um bom sistema de iluminação, com uso adequado de cores no ambiente de trabalho pode contribuir para a criação de uma harmonia no ambiente e diminuição da monotonia assim como evitar a fadiga visual (esgotamento dos pequenos músculos ligados ao globo ocular), a tensão e desconforto ocasionados, além de outros problemas ligados a ela. Uma iluminação correta torna o ambiente de trabalho mais agradável, permitindo que os trabalhadores possam desenvolver suas atividades confortavelmente, com pouca fadiga, pouca monotonia e melhorando seu desempenho. Dessa forma, uma boa iluminação faz com que se eleve o rendimento do trabalho diminuindo-se os erros e os acidentes, contribuindo para mais conforto e segurança.

A eficiência luminosa de uma fonte de luz depende da quantidade de radiação que ela emite dentro da faixa visível, que geralmente está associada à energia gasta durante a emissão das ondas. Essa eficiência luminosa de uma fonte é expressa em número de unidades de luz emitida por uma unidade de energia gasta. A unidade de luz chama-se lúmem ou fluxo luminoso. A eficiência luminosa de uma lâmpada elétrica é expressa, então, em lúmens por Watt (IIDA, 1998, p. 250).

Já a grandeza que mede a intensidade luminosa emitida por uma superfície, numa dada direção, e a área da superfície emissora projetada sobre um plano perpendicular a esta direção é chamada de luminância (figura 2).

Figura 2 – Exemplo de luminância

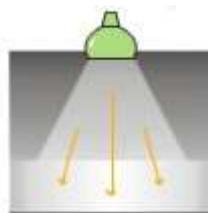


Fonte: Lumicenter (s/d)

É através da luminância que os seres humanos enxergam. A luminância é uma excitação visual e a sensação de brilho é a resposta visual desse estímulo. Sua unidade no Sistema Internacional é candela/m² (cd/m²). A luminância (L) independe da distância entre o observador e a superfície fonte de luz. A medida em que o observador aproxima-se, a área vista por ele diminui, mantendo constante a luminância da superfície. A luminância depende tanto do nível de iluminação ou iluminância, quanto das características de reflexão das superfícies.

A iluminância (figura 3) é o fluxo luminoso que incide sobre uma superfície situada a uma certa distância da fonte, ou seja, é a quantidade de luz que está chegando em um ponto. A iluminância pode ser medida através de um luxímetro, porém, não pode ser vista. A iluminância é também conhecida como níveis de iluminação.

Figura 3 - Exemplo de iluminância



Fonte: Lumicenter (s/d)

Iida (1998, p. 259) cita os tipos de iluminações existentes:

- iluminação geral: obtida através da colocação de luminárias em toda a área de trabalho;
- iluminação localizada: concentra maior iluminação sobre o local de realização da tarefa;
- iluminação combinada: a iluminação geral é combinada com focos de luz localizados sobre a tarefa com uma intensidade de 3 a 10 vezes superior ao ambiente geral.

Existem vários tipos de lâmpadas no mercado. A seguir apresenta-se alguns dos vários tipos de lâmpadas. Essa lista tem como base o Manual da OSRAM do Brasil (s/d).

- lâmpadas incandescentes: funcionam através da passagem da corrente elétrica por um filamento de tungstênio que, com o aquecimento, gera a luz. Com temperatura de cor agradável, na faixa de 2.700K ("amarelada") e reprodução de cor de 100%, têm atualmente sua aplicação predominantemente residencial.

-Halógenas: funcionando em tensão de rede ou em baixa tensão, são também consideradas incandescentes por terem o mesmo princípio de funcionamento; porém, são incrementadas com gases halógenos que, dentro do bulbo, se combinam com as partículas de tungstênio despreendidas do filamento. Essa combinação, associada à corrente térmica dentro da lâmpada, faz com que as partículas se depositem de volta no filamento, criando assim o ciclo regenerativo do halogênio. Suas principais vantagens em relação às lâmpadas incandescentes são: luz mais branca, brilhante e uniforme durante toda vida; alta eficiência energética; vida útil mais longa .

- Fluorescentes compactas: possuem a tecnologia e as características de uma lâmpada fluorescente tubular, porém com tamanhos reduzidos. São utilizadas para as mais variadas atividades, seja comercial, institucional ou residencial, com as seguintes vantagens: consumo de energia menor; durabilidade 10 vezes maior; design moderno, leve e compacto; excelente reprodução de cores.

- Fluorescentes tubulares: de alta eficiência e longa durabilidade, emitem luz pela passagem da corrente elétrica através de um gás, descarga essa quase que totalmente formada por radiação ultravioleta (invisível ao olho humano) que, por sua vez, será convertida em luz pelo pó fluorescente que reveste a superfície interna do bulbo. É da composição deste pó que resultam as mais diferentes alternativas de cor de luz adequadas a cada tipo de aplicação, além de determinar a qualidade e quantidade de luz e a eficiência na reprodução de cor. São usadas em áreas comerciais e industriais.

- Descarga em alta pressão: seu princípio de funcionamento completamente diferente das incandescentes: uma descarga elétrica entre os eletrodos leva os componentes internos do tubo de descarga a produzirem luz. Funcionam através do uso de reatores, e, em alguns casos, só partem com auxílio de ignitores. São utilizadas em ambientes internos e externos e situações especiais. Seus tipos são: multivapores metálicos; vapor de sódio; vapor de sódio branca; vapor de mercúrio; lâmpadas mistas.

Atualmente, como fontes de luz artificial, são mais usadas as lâmpadas incandescentes (irradiadoras de calor) e lâmpadas fluorescentes. A iluminação por lâmpadas fluorescentes (que são as que existem no local objeto desse estudo) consiste na transformação de energia elétrica em radiação, que acontece pela passagem da corrente elétrica através de gases e

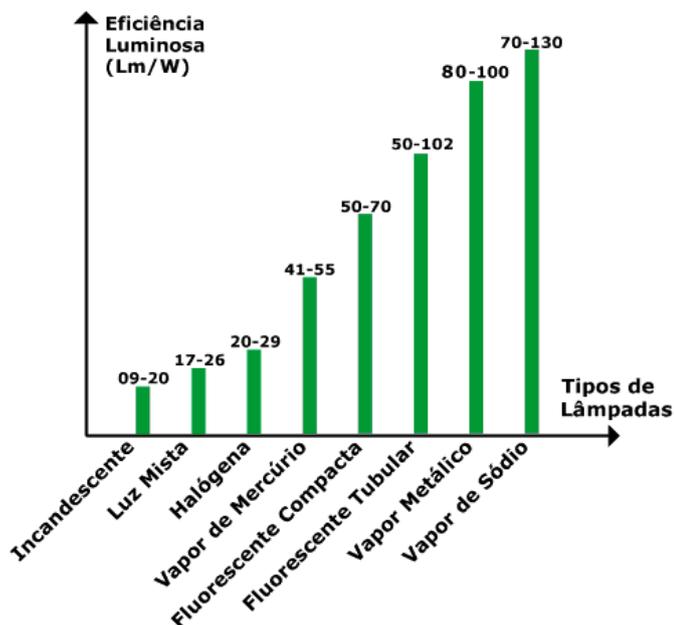
vapores. A lâmpada fluorescente foi introduzida no mercado em 1938 (Wikipédia, s/d). Ao contrário das lâmpadas de filamento, possui grande eficiência por emitir mais energia eletromagnética em forma de luz do que calor. As lâmpadas fluorescentes funcionam com um par de eletrodos em cada extremo. O tubo de vidro é coberto com um material à base de fósforo. Internamente são carregadas com gases inertes à baixa pressão, sendo o gás mais comum o argônio. Quando se liga a lâmpada, os filamentos se aquecem e emitem elétrons, o que inicia a ionização do gás. Um disparador interrompe então o circuito, automaticamente, e desliga o aquecimento dos filamentos. O reator, ligado à lâmpada, produz imediatamente um impulso de alta voltagem, que inicia a descarga no argônio. Essa descarga aquece e vaporiza o mercúrio, cuja maior quantidade está inicialmente sob estado líquido. Conforme os átomos de mercúrio se movem do estado excitado para o estado não excitado, eles soltam fótons ultravioleta. Os fótons em questão atingem o fósforo que cobre a parte interna do tubo fluorescente, e este fósforo produz a luz visível. Em uma lâmpada fluorescente, a luz emitida está no espectro visível, o fósforo acaba por emitir uma luz branca que pode ser enxergada. Os fabricantes podem variar a cor da luz usando combinações de fosforos diferentes (OSRAM DO BRASIL, s/d).

Para uma melhor escolha da lâmpada deve-se verificar a tonalidade ou a temperatura de cor. A lâmpada possui temperatura de cor que basicamente são:

- Cor Fria (branca-azulada): lâmpadas com aparência de cor azulada, passam a sensação de ambiente frio, dinâmico e limpo. Isso tudo estimula a produtividades. É indicado para locais como: cozinha, banheiros, ambientes hospitalares e outros.
- Cor Neutra (branca-neutra): lâmpadas com aparência de cor branca, iluminam o ambiente de forma natural, sem influenciar na aparência de cor do local.
- Cor Quente (branca-amarelada): lâmpadas com aparência de cor branca-amarelada, passam a sensação de ambiente quente, aconchegante e calmo. Indicado para locais como: sala de estar, quartos, hall e outros.

A figura 4 mostra um comparativo entre diversos tipos de lâmpadas, onde se pode ver quais as lâmpadas que têm uma melhor eficiência luminosa (Lm/W), ou seja, lâmpadas que produzem mais luz com menor consumo de energia elétrica.

Figura 4 – Comparativo de eficiência luminosa



Fonte: Sylvania (s/d)

A lâmpada fluorescente mais conhecida é a de 40 watts (comprimento = 1,22 m; diâmetro de 1.1/2"), embora outras de diferentes formas e tamanhos sejam também procuradas. Além de serem de duas a quatro vezes mais eficientes em relação às lâmpadas incandescentes, as fluorescentes têm vida útil variando de dez a vinte mil horas de uso, contra a durabilidade normal de mil horas das incandescentes (OSRAM DO BRASIL, s/d).

Quando se observa os níveis de intensidade que deveriam ser proporcionados pela iluminação artificial, vê-se que no início do século XX os parâmetros recomendados de intensidades de iluminação variavam entre 50 a 100 lux para oficinas e escritórios. Hoje em dias valores entre 500 e 1000 são comuns. Durante um bom tempo a idéia do quanto mais melhor foi defendida. Porém, em condições praticas, níveis de intensidade de iluminação muito altas são tidas como inconvenientes. Em intensidades acima de 1000 lux aumenta-se consideravelmente o risco de reflexos perturbadores, de sombras muito pronunciadas ou outros contrastes exagerados.

Dul e Weedmeester (1998, p. 95) observam que para tarefas normais é necessário uma intensidade que varia de 200 a 800 lux, onde, para tarefas não tão apuradas, 200 lux são suficientes. A variação de intensidade luminosa varia, portanto, de acordo com as tarefas e as pessoas que a irão realizar.

A iluminação do ambiente de trabalho deve ser planejada nas primeiras etapas do desenvolvimento do projeto do prédio para que haja um bom aproveitamento da luz natural.

Um bom sistema de iluminação, com uso adequado de cores no ambiente de trabalho pode contribuir para a criação de uma harmonia no ambiente e diminuição da monotonia. Isso é fundamental dentro de um ambiente de estudo, por isso a ergonomia buscar oferecer propostas de sistemas de iluminação eficientes.

Para o desempenho e o conforto visual é necessário que as seguintes condições sejam observadas: intensidade de iluminação; uniformidade local das densidades luminosas; uniformidade temporal da luz; arranjo isento de ofuscamento das luminárias.

2.2.2. Cores

Há uma tendência de se pensar que os objetos já possuem cores definidas. O que ocorre na verdade, é que a aparência de um objeto é resultado da iluminação incidente sobre ele. Por exemplo, sob uma luz branca, a maçã aparenta ser de cor vermelha, pois ela tende a refletir a porção do vermelho do espectro de radiação, absorvendo a luz nos outros comprimentos de onda. Se fosse utilizado um filtro para remover a porção do vermelho da fonte de luz, a maçã refletiria muito pouca luz, parecendo totalmente negra. Da mesma forma que surgem diferenças na visualização das cores ao longo do dia (diferenças da luz do sol ao meio-dia e no crepúsculo), as fontes de luz artificiais também apresentam diferentes resultados. As lâmpadas incandescentes, por exemplo, tendem a reproduzir com maior fidelidade as cores vermelha e amarela do que as cores verde e azul, aparentando ter uma luz mais “quente”. (OSRAM DO BRASIL, s/d).

A utilização adequada das cores no ambiente de trabalho pode contribuir para a criação de uma harmonia no ambiente e diminuição da monotonia. As cores consideradas quentes, como vermelho, amarelo e laranja são estimulantes. As cores como azul e verde são consideradas tranqüilizantes. Trabalhos monótonos exigem alguns elementos coloridos que estimulem o indivíduo; já para os que necessitam de grandes concentrações, a coloração das salas devem ser discretas, para evitar distrações e cores intranqüilizantes, recomenda-se o uso de cores claras, em tons poucos definidos. Em salas com cores delicadas e tranqüilizantes cria-se uma atmosfera agradável e amistosa (Grandjean, 1998). Por isso quando se projeta uma sala deve-se conhecer sua finalidade e quem serão seus ocupantes para então escolher sua coloração (Alves et al., 2000). Grandjean (1998) sugere que em casos onde as atividades exijam concentração mental, trabalho rotineiro ou monótono deve-se utilizar cores estimulantes em alguns pontos da sala como nas janelas, colunas e portas. Existem estudos comprovados da influência das cores sobre o estado emocional, a produtividade e a qualidade

do trabalho. Para Senzi *apud* Brondani (2006, p. 18), a cor da luz também interfere na produtividade, ressaltando que a luz fria, mais parecida com a luz do dia, aumenta o rendimento; ao passo que a amarelada, como a do final da tarde, faz a produtividade cair entre 40% e 60%. Um planejamento adequado do uso de cores no ambiente gera economia de energia e aumento da produtividade. Com isso o recomendável, segundo GRANDJEAN (1998, p. 227), é que o de grau de reflexão estejam em torno de:

- 80% a 90% para o teto;
- 40% a 60% para as paredes;
- 25% a 45% para os móveis;
- 30% a 50% para as máquinas e aparelhos;
- 20% a 40% para o piso.

2.3. EDUCAÇÃO E ERGONOMIA

Um dos interesses da aplicação da Ergonomia está nos estudos das atividades educativas, procurando torná-las mais eficientes e prazerosas. Esse interesse é facilmente justificado, segundo Iida (1998, p. 413), por ser uma atividade que existe no mundo todo e consome uma boa parcela dos orçamentos governamentais, principalmente em países desenvolvidos, cujos cidadãos passam cerca de 20% de suas vidas em sala de aula. Nos países em processo de desenvolvimento essa porcentagem é menor, além da escassez de investimentos oriundos das verbas públicas, conduzindo, com isso, que os estudos e pesquisas em ergonomia do ensino devam ser realizados com maior eficiência.

Essa ergonomia preocupa-se em contribuir no processo de ensino-aprendizagem, melhorando as condições e a organização do trabalho em sala de aula. Segundo Iida (1998, p. 413), ela é subdividida nas seguintes áreas: compatibilidade do processo educacional, situação de ensino, método de avaliação, equipamentos e material didático, infra-estrutura/ambiente e aspectos organizacionais.

Observa-se no ambiente escolar, uma grande lacuna de aplicações e adequações ergonômicas. Na maioria das escolas ainda não existe um investimento em relação ao ambiente físico, mobiliário e equipamentos. Dentro destes, encontram-se a má iluminação, ventilação, posicionamento do quadro e carteiras inadequadas, que influenciam no desempenho, no conforto e na eficácia de alunos e professores.

A Pedagogia Ergonômica pressupõe cuidados com relação às interferências dos macro-meios nos micro-meios em que se desenvolverá, ou seja, há a exigência de atenção permanente ao contexto histórico e às suas relações com o cotidiano. Isto implica numa dimensão crítica com relação às questões políticas, econômicas e sociais nas quais se insere (HAHN, 1999, p. 48).

Para Hahn (1999, p. 21), pedagogia e ergonomia, apesar de tradicionalmente constituírem-se em campos de investigação extremamente distintos, possuem vários pontos em comum, sendo o "conforto" e a "facilidade" na execução das tarefas, aspectos relevantes de identificação, visando uma adequação do homem aos processos. Habilidades como a criatividade, dinamismo, consciência crítica, expressão pessoal entre outros darão condições ao aprendiz não apenas de acompanhar, mas de influenciar na construção do conhecimento numa sociedade em acelerada evolução (ARRIADA & RAMOS, 2000).

O aprendizado é um processo pelo qual o indivíduo adquire informações, habilidades, atitudes, valores, etc. a partir do seu contato com a realidade, o meio ambiente e as outras pessoas. Para Oliveira (1998) estão incluídos nesse processo aquele que aprende, aquele que ensina e a relação entre esses. Também se pode incluir nesse processo as relações com o ambiente.

Para Silva & Gontijo *apud* Tavares (2000, p. 34), a justificativa para aplicar a ergonomia na formação profissional, visando à transformação e adequação do processo ensino-aprendizagem se assenta em pelo menos quatro variáveis:

- econômicas: relação produtividade e qualificação;
- sócio-culturais: natureza social do homem;
- psicológicas: desempenho cognitivo aplicado ao trabalho;
- didática: processo de ensino-aprendizagem propriamente dito.

Este processo, porém, é complexo e requer, para ser compreendido, uma abordagem mais abrangente que envolve várias áreas do conhecimento, por isso a interdisciplinaridade tem forte apelo, pois permite melhor compreender os objetos estudados e melhorá-los. Para Hahn (1999), bem articuladas, pedagogia e ergonomia favorecem a elaboração do planejamento, a execução e o processo de avaliação. A ergonomia interessa-se pelo homem em situações reais de trabalho e a pedagogia pela forma como este trabalho é ensinado, como vem sendo praticado pelos trabalhadores, portanto, ambas colaboram com a qualidade de vida no processo produtivo.

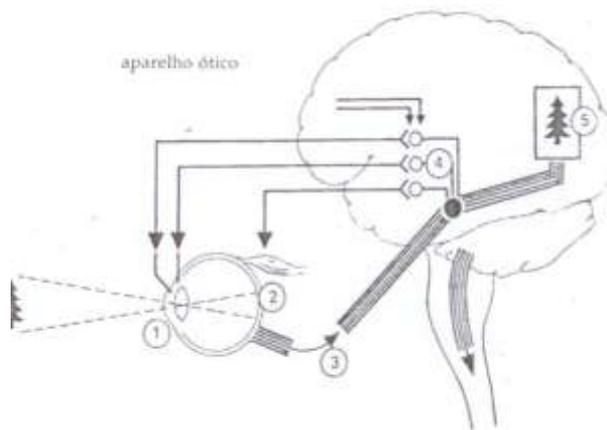
2.4. A VISÃO, SEU FUNCIONAMENTO E IMPORTÂNCIA

Para se perceber um espaço, necessita-se receber as imagens do mesmo. O que ocorre através do sistema visual e com a presença da luz. Os olhos reagem à presença da luz, e o nervo ótico transmite ao cérebro os impulsos luminosos recebidos. Para Gibson apud Brondani (2006, p. 37) a atividade visual é um processo nervoso que ocorre na superfície occipital do cérebro e produz nossa experiência visual do mundo. Logo, para o autor, a percepção não é uma cópia da imagem retiniana, mas sim uma correlata e afirma que “a terceira dimensão é recuperada no cérebro, mediante a percepção”.

Os olhos são os órgãos de recepção da luz. No olho, a energia das ondas luminosas é transformada na energia adequada ao organismo – os impulsos nervosos biológicos. O exterior é visto somente pela integração dos impulsos sensoriais no córtex cerebral. Se os nervos que conduzem os estímulos para o córtex são cortados, isso resultará na cegueira. A percepção consciente pode ser então conceituada como a interpretação dos estímulos dos sentidos, ou na formação de retratos do mundo exterior. A percepção não é uma cópia autêntica do mundo exterior. O mundo exterior subjetivamente vivido é percebido por um processo sensorial e modulado por um processo puramente subjetivo (Grandjean, 1998, p. 198). Alguns exemplos podem esclarecer melhor estas influências:

- uma cor aparece mais escura em um fundo claro do que em um fundo escuro;
- a intensidade pela qual o indivíduo percebe os estímulos sensoriais subjetivamente pode ser um aspecto essencial da personalidade e de sua emocionalidade.

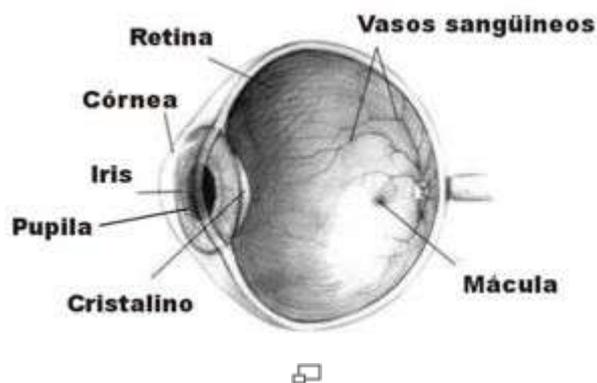
Figura 5 – Representação esquemática do aparelho ótico: 1 = córnea e lente; 2 = recepção da luz na retina; 3 = transmissão da informação ótica através do nervo ótico ao cérebro; 4 = sinapses e comando retroativo do aparelho ótico, 5 = percepção visual do mundo exterior na esfera do consciente.



Fonte: Grandjean (1998, p. 200)

O globo ocular recebe este nome por ter a forma de um globo, que por sua vez fica acondicionado dentro de uma cavidade óssea e protegido pelas pálpebras. Possui em seu exterior seis músculos que são responsáveis pelos movimentos oculares, e também três camadas concêntricas aderidas entre si com a função de visão, nutrição e proteção. A camada externa é constituída pela córnea e a esclera e serve para proteção. A camada média ou vascular é formada pela íris, a coróide, o cório ou uvea, e o corpo ciliar. A camada interna é constituída pela retina que é a parte nervosa.

Figura 6 - Anatomia do olho humano

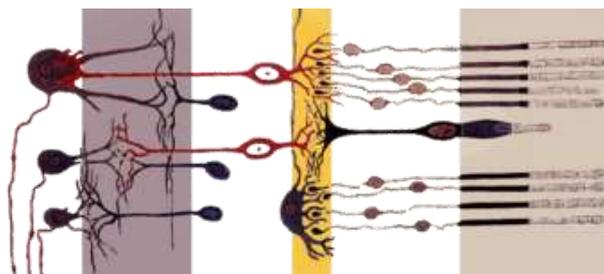


Fonte: Wikipédia (s/d)

Na retina, composta de cones e bastonetes, se realizam os primeiros passos do processo perceptivo. A retina transmite os dados visuais, através do nervo óptico e do núcleo

geniculado lateral, para o córtex cerebral. No cérebro tem então início o processo de análise e interpretação que permite reconstruir as distâncias, cores, movimentos e formas dos objetos que nos rodeiam.

Figura 7 - A estrutura celular da retina (à direita, 1 cone e 9 bastonetes; à esquerda, 3 axónios de células ganglionares que pertencem ao nervo óptico)



Fonte: Wikipédia (s/d)

A quantidade de luz que chega à retina depende da maior ou menor abertura da pupila. O diâmetro da pupila é controlado por um reflexo, através do sistema nervoso autônomo. Além da luz, há outros fatores que podem provocar a dilatação da pupila, tais como o medo, o interesse e outras emoções.

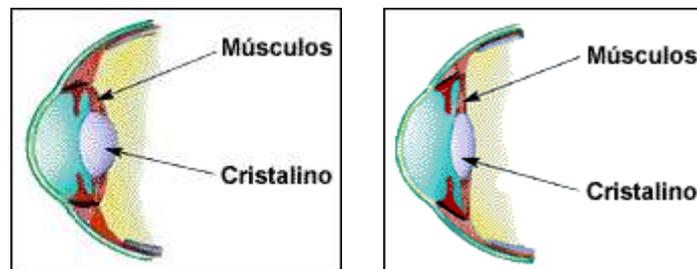
Embora o olho seja um órgão sensorial da visão, a visão inclui não só a habilidade de detectar a luz e as imagens mas também a de as interpretar. Por isso, no sentido mais amplo da palavra visão (de percepção visual), esta requer a intervenção de zonas especializadas do cérebro (o córtex visual) que analisam e sintetizam a informação recolhida em termos de forma, cor, textura, relevo, etc. A visão é por isso a percepção das radiações luminosas, compreendendo todo o conjunto de mecanismos fisiológicos e psicológicos pelos quais estas radiações determinam impressões sensoriais de natureza variada, como as cores, as formas, o movimento, a distância e o relevo.

Dentro do funcionamento da visão humana tem-se o chamado campo visual. O campo visual é a parte do ambiente que, com a cabeça parada e os olhos também parados, pode ser abarcada com uma visão geral, no entanto, só enxerga-se os objetos de maneira bem nítida dentro do espaço de um pequeno cone (com ângulo de visão de apenas 1º grau). Fora desta zona, os objetos tornam-se menos nítido e mais borrados. Na leitura pode-se, por exemplo, perceber apenas um pequeno grupo de letras, com os olhos imóveis; na realidade deixa-se o olhar avançar aos pulos, sendo que em cada posição consegue-se abarcar cerca de 12 letras (GRANDJEAN, 1998, p. 202).

2.4.1. Acomodação visual

O cristalino funciona como uma lente flexível e transparente, que serve para tornar as imagens nítidas. Sua elasticidade lhe permite mudar de forma para focalizar objetos situados a diferentes distâncias. Se os objetos estão distantes, o cristalino se achata (fica mais fino). Para visualizar objetos próximos, ele se torna mais espesso. Isso permite que a imagem seja projetada exatamente sobre a retina e vista, conseqüentemente, com a máxima nitidez. As mudanças de forma do cristalino são efetuadas por pequenos músculos ligados a ele. Essa capacidade de mudança é chamada acomodação visual.

Figura 8 – Cristalino espesso Figura 9 – Cristalino delgado



Fonte: Wikipédia (s/d)

Fonte: Wikipédia (s/d)

Por acomodação, também pode-se entender a capacidade do olho em focar objetos em diferentes distâncias – do infinito ao próximo. Quando olha-se um dedo apontado em nossa direção, o vemos com nitidez, ficando o fundo, ao contrario, desfocado. Se olhar-se o fundo, este torna-se nítido e o dedo fica desfocado. A chave para o conforto visual é a adequada acomodação que permite o mais nítido foco do objeto observado sobre a retina (GRANDJEAN, 1998, p. 203).

Quando o olho consegue uma imagem bem focada, chama-se isso de ponto próximo. O ponto próximo é uma medida da força de acomodação, que com o aumento da fadiga diminui. Após trabalhos de precisão de longa duração, com grande necessidade de acomodação, o ponto próximo distancia-se mais do olho, como expressão da diminuição da força da acomodação. Quanto mais próximo o objeto se encontra, maior será a exigência dos músculos de acomodação. Inúmeras experiências mostraram que leituras prolongadas em más condições estão relacionadas a um aumento (distanciamento) do ponto próximo, o que pode ser avaliado como um sintoma da fadiga do olho (GRANDJEAN, 1998, p. 204).

A idade tem uma importante influência sobre a acomodação. Por perdas da elasticidade, o cristalino perde lentamente seu potencial de curvatura. Isto tem como consequência que o ponto próximo cada vez se distancia mais do olho. Na regra geral, no entanto, o ponto mais distante permanece o mesmo. O ponto próximo mostra, em média, os seguintes valores (GRANDJEAN, 1998, p. 204):

- com 16 anos = 8 cm
- com 32 anos = 12,5 cm
- com 44 anos = 25 cm
- com 50 anos = 50 cm
- com 60 anos = 100 cm

Grandjean (1998, p. 204) aponta que para a amplitude de acomodação a força da iluminação é decisiva: em pequenos níveis de iluminação o ponto distante se aproxima e o ponto próximo se distancia. Ao mesmo tempo, a velocidade e a precisão da acomodação diminuem. De modo análogo, também o contraste entre o objeto observado e o seu ambiente ao redor desempenha um papel: quanto melhor o contraste, mais rápida e precisa ocorre a acomodação.

No aumento da entrada da luz, impulsos nervosos percorrem o nervo ótico até as sinapses do cérebro; daí partem impulsos para os centros, que acionam os nervos motores da íris para o fechamento da pupila. Todo este processo de regulação é um ato reflexo, sem participação da consciência. Para abertura da pupila, além da iluminação, dois fatores ainda são importantes (GRANDJEAN, 1998, p. 205):

- a) ao olhar a proximidade, a pupila se estreita; olhando ao longe, a pupila se dilata;
- b) na alteração do estado emocional vegetativo a pupila apresenta um comportamento característico: emoções fortes (sustos, alegria, dor), concentração de pensamentos e atividade intensa conduzem a um alargamento da pupila; disposição sonolenta e cansada levam à diminuição da pupila.

Quando a pupila fica mais estreita, os defeitos de refração do cristalino diminuem, o que leva para uma melhoria da nitidez da imagem. Uma das razões de melhoria da nitidez da visão em iluminação alta é o estreitamento da pupila com a maior entrada de luz.

No dia-a-dia, as funções isoladas dos olhos não são utilizadas em sua total capacidade de desempenho. Para o poder de visão os desempenhos mais importantes são: o foco; a sensibilidade de contrastes; e a velocidade da percepção (GRANDJEAN, 1998, p. 209).

- foco: a nitidez da imagem é a capacidade de diferenciar duas linhas ou pontos muito próximos um do outro. Pode-se dizer que o foco corresponde ao poder de resolução do olho. A acuidade visual da iluminação ambiente e do tipo de tarefa visual obedece às seguintes regras: a acuidade visual aumenta com o grau de iluminação, atingindo o máximo a partir de uma iluminação maior que 1000 lux; a acuidade visual aumenta com o contraste da densidade luminosa entre os sinais gráficos de teste e sua vizinhança próxima, em como a nitidez dos limites entre as letras ou números; a acuidade visual é maior para sinais ou objetos escuros em fundo claro do que sinais ou objetos claros em fundo escuro.

- a sensibilidade a contrastes é o poder de perceber diferenças de iluminação muito pequenas. As pesquisas de Luckiesh e Moss *apud* Grandjean (1998, p. 11) mostram que o aumento da intensidade de iluminação causa uma elevação da acuidade visual e a da sensibilidade a contrastes.

- a velocidade de percepção é o espaço de tempo que transcorre desde a apresentação dos objetos e a sua percepção visual. A velocidade de percepção é tão maior quanto o nível de densidade luminosa e tão mais pronunciada a diferença de densidade luminosa entre o objeto e o fundo.

O número de movimentos do olho pode ser extremamente alto: na leitura, por exemplo, pode-se chegar a 10.000 movimentos coordenados por hora (Grandjean, 1998, p.209). Quando descobre-se esse número elevado de funções nervosas que são envolvidas na visão, pode-se ver o porquê do aparelho ótico ser causa freqüente do surgimento de manifestação de fadiga generalizada. Excessiva sobrecarga visual, ou a baixa iluminação podem disparar diversas queixas, que normalmente são atribuídas à fadiga visual. A fadiga visual manifesta-se por (GRANDJEAN, 1998, p.214):

- sensações doloridas de irritação (ardência), acompanhadas de lacrimação e avermelhamento das pálpebras e da conjuntiva;
- visão dupla;
- dores de cabeça;
- diminuição da força de acomodação e da força de convergência;
- diminuição de acuidade visual, da sensibilidade aos contrastes e da velocidade de percepção.

Estes sintomas relativamente graves surgem com mais facilidade sob condições de iluminação insuficientes. Além disso, a fadiga visual surge nos trabalhos de precisão, em atividades que necessitam de lupas de aumento ou microscópios e também em frente aos

monitores. Os estados de fadiga provocados pelas altas sobrecargas do aparelho visual podem ter os seguintes efeitos sobre o trabalho profissional: diminuição da produção; qualidade do trabalho prejudicada; aumento das falhas; aumento da frequência de acidentes de trabalho (GRANDJEAN, 1998, p.214).

Outro fator que afeta a visão é o ofuscamento visual, que seria, segundo Grandjean (1998, p. 207), uma grande perturbação do poder de adaptação da visão, ocasionada por uma super exposição da luz na retina. A sensibilidade ao ofuscamento aumenta com idade, ou seja, um idoso sofre mais problemas de ofuscamento do que um adolescente. Grandjean (1998, p. 207) distingui três tipos de ofuscamento:

- ofuscamento relativo: provocado por um excessivo contraste nas superfícies iluminadas do campo visual;
- ofuscamento absoluto: ocorre quando nível de claridade de uma fonte luminosa é tão elevado, que a adaptação à claridade não é mais possível;
- ofuscamento de adaptação: é quando a adaptação para a claridade de uma superfície ainda não foi atingida.

Todos os tipos de ofuscamento reduzem o poder de enxergar e também o conforto da visual. Considerando que a luminância da própria luminária é incômoda a partir de 200 cd/m², valores acima deste não devem ultrapassar o ângulo de 45°, como indicado na figura 10 (OSRAM DO BRASIL, s/d).

Figura 10 – Ofuscamento



Fonte: OSRAM do Brasil (s/d)

Portanto, ao se projetar um local de trabalho ou lazer, deve-se atentar para evitar fazer um mau posicionamento das luminárias, para com isso evitar problemas de ofuscamento.

3. METODOLOGIA DA PESQUISA

3.1. Introdução

Em uma pesquisa, nada se faz ao acaso. Desde a escolha do tema, fixação dos objetivos, determinação da metodologia, coleta dos dados, sua análise e interpretação para a elaboração do relatório final, tudo deve ser previsto. Em geral, a metodologia estabelece o caminho do pensamento e da prática utilizados para a abordagem da realidade. Envolve, ainda, um conjunto de técnicas e concepções teóricas. Por isso a definição de uma metodologia concisa torna-se fundamental para o bom desenvolvimento de um trabalho.

Neste capítulo foram descritos os procedimentos metodológicos utilizados no desenvolvimento deste trabalho, a saber: tipo de estudo, local de estudo, instrumentos de coleta de dados, e por fim os critérios para coleta e análise dos dados.

3.2. Tipo de estudo

Quanto aos seus objetivos este trabalho situa-se na categoria de Pesquisa Exploratória, devido ao pouco conhecimento sobre o tema escolhido. De acordo com Chizzotti (1995) a pesquisa exploratória objetiva, em geral “provocar o esclarecimento de uma situação para a tomada de consciência”. Segundo Merriam *apud* Panceri (2001), os pesquisadores que adotam esta forma de pesquisa estão interessados em entender os significados construídos pelas pessoas.

A forma de abordagem da pesquisa será a quali-quantitativa. O foco da abordagem utilizada na pesquisa qualitativa parte de questões ou focos de interesses amplos, que se vão definindo a medida que o estudo se desenvolve. A abordagem qualitativa permite estudar os fenômenos que envolvem os indivíduos e suas relações sociais, estabelecidas em diversos ambientes, considerando que há uma relação dinâmica entre eles. Nessa perspectiva, um fenômeno pode ser melhor compreendido no contexto em que ocorre e no qual faz parte, sendo analisado numa perspectiva integrada. Envolve obtenção de dados descritivos sobre pessoas e lugares, bem como processos interativos pelo contato direto do pesquisador com a situação estudada (Godoy *apud* Neves, 2002). Por sua vez, o uso da abordagem quantitativa serviu para quantificar certos dados da pesquisa.

Com isto visa-se facilitar o entendimento desses dados. As principais técnicas quantitativas a serem usadas serão aquelas relacionadas às ferramentas da estatística descritiva, sendo a média o principal indicador utilizado.

Fora estes aspectos, o estudo também apresenta características de um estudo de caso. Segundo Chizzotti (1995, p. 102)

o estudo de caso é uma caracterização abrangente para designar uma diversidade de pesquisas que coletam e registram dados de um caso particular ou de vários casos a fim de organizar um relatório ordenado e crítico de uma experiência, ou avaliá-la analiticamente, objetivando tomar decisões a seu respeito ou propor uma ação transformadora.

Seu uso é adequado para investigar tanto a vida de uma pessoa quanto a existência de uma entidade de ação coletiva. Este modelo é escolhido precisamente quando o pesquisador está interessado nas sinalizações, descobertas e interpretações e busca descobrir a interação de fatores significativos característicos do fenômeno. É recomendado quando o conhecimento sobre determinado assunto é reduzido e está se propondo o passo inicial para a apreensão da realidade (PANCERI, 2001, p. 17).

Para Yin (2001) deve ser dada preferência à metodologia de estudo de caso quando: (1) as perguntas da pesquisa forem do tipo “como” e “por quê”; (2) quando o pesquisador tiver pouco controle sobre aquilo que acontece ou pode acontecer; e (3) quando o foco de interesse for um fenômeno contemporâneo que esteja ocorrendo numa situação de vida real.

3.3. Local de estudo

A pesquisa foi realizada nas salas 106, 107, 108 e 109 do bloco BG, onde são realizadas a maioria das aulas do curso de Administração da UFCG

3.4. Instrumentos de coleta de dados

O primeiro passo para o início da pesquisa foi à realização de um levantamento bibliográfico que, para Gil (1999), é desenvolvido a partir do material já elaborado, constituído de livros e artigos científicos. Fora estes instrumentos, também se utilizou a consulta a dissertações, teses e normas regulamentadoras. Como instrumentos de coleta de dados foram utilizados:

- Observações “*in-loco*” - a técnica da observação teve um papel essencial no estudo, uma vez que possibilitou o contato direto do pesquisador com o objeto de estudo. Esta técnica permitiu coletar dados para conseguir informações e utiliza os sentidos na observação de determinados aspectos da realidade. Não consiste apenas em ver e ouvir, mas também em examinar fatos ou fenômenos que se desejam estudar (MARCONI E LAKATOS, 1999, p.79-88).
- Medições feitas com luxímetro digital D401025 da marca DAVIS, trena e máquina fotográfica digital da marca Olympus modelo D-390;

3.5. Coleta e análise dos dados

A coleta de dados foi feita através de medições “*in-loco*”, sendo feitas com luxímetro digital, marca Davis, e máquina fotográfica digital Olympus modelo D-390. As medições diurnas foram feitas em dias ensolarados, com pouca nebulosidade e nos horários que variavam das 11:30 as 12:30 hs. Já as medições noturnas foram obtidas entre as 18: 00 e as 18:30 hs.

Para análise dos dados, foram usados o método dos lúmens e os recomendados pela NBR 5413/1992 e NBR 5382/1985, os quais são descritos a seguir.

3.5.1. Método dos lúmens ou Método do fluxo luminoso

Ao se iniciar um projeto luminotécnico deve-se realizar opções preliminares, ou seja, escolher o tipo de iluminação mais adequada (incandescente, fluorescente, etc,) o tipo de luminária (direta, semi-direta, etc), sendo que estas opções envolvem aspectos de decoração, tipo do local (sala, escritório, armazém, etc) e as atividades que serão desenvolvidas (trabalho bruto de maquinaria, montagem, leitura, etc.) Basicamente existem dois métodos para cálculo luminotécnico:

- Método dos Lúmens ou Método do Fluxo Luminoso;
- Método Ponto por Ponto.

O método mais utilizado para sistemas de iluminação em edificações é o método dos Lúmens, ou método do Fluxo Luminoso, que consiste em determinar a quantidade de fluxo luminoso (lúmens) necessário para determinado recinto baseado no tipo de atividade

desenvolvida, cores das paredes e teto e do tipo de lâmpada-luminária escolhidos (Provenza, 1989, p. 3-69). A maneira de efetivar este método é utilizando a fórmula abaixo:

$$\Phi = S * E / \mu * d$$

onde:

Φ : fluxo luminoso total em lúmens;

E: iluminamento em lux;

S: área do ambiente em m²;

μ : coeficiente de utilização;

d : coeficiente de depreciação.

A partir do fluxo luminoso total necessário, determina-se o número de lâmpadas da seguinte forma:

$$n = \Phi / \phi$$

onde:

n : número de luminárias;

Φ : fluxo luminoso total em lúmens;

ϕ : fluxo luminoso por luminária em lúmens.

Os valores de μ e d são obtidos através das tabelas 2 e 3 do anexo 1. O valor de d a ser utilizado de acordo com o tipo de luminária (tipo 18 da tabela do anexo 1) será 0,80, sendo este uma constante. Para se obter o valor de μ é preciso se que se conheça: o comprimento e largura do ambiente, o pé-direito do ambiente, a distância do chão ao foco luminoso e as cores das paredes e do teto. Neste último fator, foram utilizados como referências os valores informados pela Osram do Brasil (s/d, p. 25) que concede para um teto branco uma reflexão que varia entre 70 e 80%, e para as paredes nas cores bege e amarelo escuro um grau de reflexão entre 25 e 35%. A partir desses valores partiu-se para encontrar os valores correspondentes na tabela 3 do Anexo 1 (Provenza, 1989) que ficaram assim: um grau de

reflexão de 75% para o teto (branco) e um grau de 30% para as paredes (claras). Nesse estudo, os valores de reflexão do piso não foi levado em consideração, por não ser usado nos cálculos. Com base em todos fatores levantados, foram definidos os coeficientes usados para cada sala: 0,58 (sala 106), 0,51 (sala 107), 0,51 (sala 108) e 0,51 (sala 109).

Para o valor de ϕ foi considerado o recomendado por Provenza (1989, p. 3-72) para lâmpadas fluorescentes de 40W, que é de 2800 lux por lâmpada. Porém, deve-se frisar que as salas pesquisadas possuem vários tipos de lâmpadas diferentes, o que dificulta a determinação de um valor exato. Por isso, se utilizou a referência de Provenza, o que faz com que não haja uma subestimação dos valores, ficando os mesmos dentro de um parâmetro mediano de aproximação. Já o valor de E, que foi uma constante nos cálculos desenvolvidos, foi obtido na NBR 5413 (anexo 2). Esta norma apresenta os valores recomendados para diversos tipos de atividades. Esses valores se subdividem em três classes: iluminância inferior, iluminância média e iluminância superior. Cada classe possui um valor. Esse valor é recomendado de acordo com as características do ambiente que são: idade dos usuários; velocidade e precisão das tarefas desenvolvidas; e refletância do fundo da tarefa. Cada um desses fatores apresenta um peso conforme mostrado na tabela 1.

Tabela 1 – Fatores determinantes da iluminância adequada

Característica da tarefa e do observador	Peso		
	- 1	0	+ 1
Idade	Inferior a 40 anos	40 a 55 anos	Superior a 55 anos
Velocidade e precisão	Sem importância	Importante	Crítica
Refletância do fundo da tarefa	Superior a 70%	30 a 70 %	Inferior a 30%

Fonte: NBR 5413 (1992).

Com base nesses dados realizou-se a soma dos valores de forma algébrica. De acordo com o resultado obtido adotou-se o valor referencial da norma, seguindo-se os seguintes indicadores:

- usar a iluminância inferior se o resultado da soma for total ou igual a -2 ou -3;
- usar a iluminância superior se o resultado da soma for +2 ou +3;
- usar a iluminância média nos outros casos.

No caso das salas de aula do curso de Administração da UFCG, atribuiu-se os seguintes pesos:

- idade: -1, uma vez que maioria dos usuários possuem menos de 40 anos;
- velocidade e precisão: -1, já que as atividades desenvolvidas não precisam de grande precisão e velocidade;
- refletância do fundo da tarefa: 0, pois as cores do ambiente oferecem níveis de refletância entre 30 e 70%.

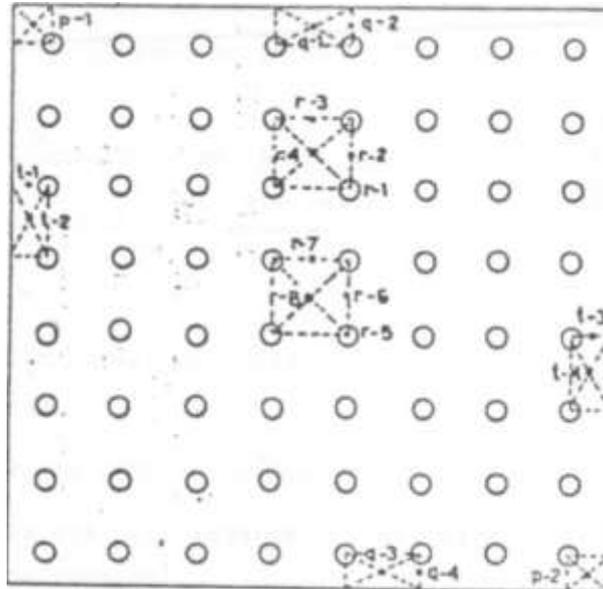
A soma desses valores dá -2, o que faz com que seja utilizado o valor referente a iluminância inferior para as salas de aula. Esse valor é, segundo a NBR 5413, de 200 lux. Portanto, esse será o valor referencial (E) usado no estudo e que servirá de parâmetro para comparação com os valores obtidos nas salas de aula através das medições feitas com o luxímetro.

3.5.2. - Verificação de iluminância de interiores (NBR 5382)

Esta norma estabelece os procedimentos para verificação da iluminância de interiores de áreas retangulares, através da iluminância média sobre um plano horizontal, proveniente da iluminação geral. Como instrumento se usa um luxímetro, o qual tem suas fotocélulas expostas a iluminância igual ou semelhante ao ambiente onde se irá realizar as medições. Esse período de exposição prévia deve variar de 5 a 10 minutos.

A NBR 5382 (anexo 3) define 6 (seis) métodos que podem ser utilizados, dependendo do tipo de ambiente onde se irá realizar o estudo e o seu enquadramento nos modelos propostos pela norma. No presente estudo, o modelo utilizado foi o 4.1. Nesse modelo o campo de trabalho é retangular, iluminado com fontes de luz em padrão regular, simetricamente espaçadas em duas ou mais fileiras, conforme figura 11.

Figura 11 - campo de trabalho é retangular, iluminado com fontes de luz em padrão regular, simetricamente espaçadas em duas ou mais fileiras



Fonte: NBR 5382 (1985)

A fórmula para obtenção é dada por:

$$\text{Iluminância média} = R(N - 1) + Q(N - 1) + T(M - 1) + P / N * M$$

onde:

R: é a média aritmética das oito medições de r;

Q: é a média aritmética das quatro medições de q;

T: é a média aritmética das quatro medições de t;

P: é a média aritmética das duas medições de p;

N = número de luminárias por fila;

M = número de filas.

O valor obtido através desta fórmula é uma aproximação, mas que apresenta no máximo 10% de erro.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste item são apresentados os resultados das medições feitas e comentários sobre os resultados obtidos. Para facilitar o entendimento das análises, a descrição foi feita em duas partes: a primeira abordou a análise das medições da quantidade de luz nas salas através da iluminância média; a segunda parte aborda os resultados obtidos através do método dos lumens.

4.1. Iluminância média

Inicialmente apresenta-se alguns dados sobre as salas pesquisadas (tabela 2). Essas informações servem para uma melhor visualização do ambiente pesquisado, o que facilita no entendimento das questões que serão tratadas neste capítulo.

Tabela 2 – Informações gerais sobre as salas

Sala	Comprimento (em metros)	Largura (em metros)	Pé-direito (em metros)	Área total (em m ²)	Cor do teto	Cor das paredes	Cor das lâmpadas	Qtde de janelas
106	8,90	5,93	2,62	52,77	Branco	Bege e amarelo	Branca fria, em sua maioria	5
107	8,9	6	2,90	53,40	Branco	Bege e amarelo	Branca fria, em sua maioria	5
108	6	5,87	3,05	35,22	Branco	Bege e amarelo	Branca fria, em sua maioria	4
109	6,86	6	2,70	41,16	Branco	Bege e amarelo	Branca fria, em sua maioria	4

Fonte: pesquisa de campo

A seguir apresenta-se os dados de iluminância média obtida para cada uma das salas. Deve-se frisar que os valores obtidos refletem um momento, ou seja, elas servem como um retrato do momento no qual foi feita a medição. Também cabe informar que o pesquisador não buscou alterar o ambiente de pesquisa com vista a não interferir na coleta dos dados.

Sala BG 106

A primeira medição do dia foi feita as 12:00 hs. Das 12 lâmpadas existentes, duas não estavam funcionando, restando 10 em funcionamento. Frise-se com isso que os valores para sala seriam diferentes caso todas as lâmpadas estivessem em funcionamento. Os valores obtidos são os descritos na tabela 3.

Tabela 3 – Medidas da sala 106 durante o dia

Pontos de leitura	Leituras coletadas	Variável	Valor médio (lux)
P1	235	P	193,5
P2	152		
T1	247	T	228,25
T2	201		
T3	238		
T4	227		
R1	388	R	357,12
R2	351		
R3	411		
R4	363		
R5	294		
R6	328		
R7	385		
R8	337		
Q1	353	Q	297,5
Q2	386		
Q3	230		
Q4	221		

Fonte: pesquisa de campo

Conhecidos esses valores, parte-se para encontrar os valores de M e N da equação da iluminância média. Como informado no Apêndice B, M é o número de filas e N o número de luminárias por fila. Assim, tem-se que a sala possui 2 filas (M = 2) e cada fila possui 3 luminárias (N = 3). Tendo obtido todos esses valores, pode-se encontrar a iluminância média, substituindo os valores na equação descrita no item 3.5.2 da metodologia.

$$\begin{aligned} \text{Iluminância média} &= 357,12 (3 - 1) * (2 - 1) + 193,5 (3 - 1) + 228,25 (2 - 1) + 297,5 / 3 * 2 \\ &= 288,5 \text{ lux} \end{aligned}$$

Por fim, fez-se as medições no horário noturno, conforme descrito na tabela 4, tendo como horário de medição as 18:00 hs. Das lâmpadas existentes, uma não estava funcionando.

Tabela 4 – Medidas da sala 106 durante a noite

Pontos de leitura	Leituras coletadas	Variável	Valor médio (lux)
P1	153	P	111,5
P2	70		
T1	157	T	133,5
T2	130		
T3	141		
T4	106		
R1	279	R	226,12
R2	251		
R3	287		
R4	240		
R5	151		
R6	176		
R7	248		
R8	177		
Q1	284	Q	208,75
Q2	307		
Q3	121		
Q4	123		

Fonte: pesquisa de campo

Repetindo o M e o N, a fórmula fica:

$$\begin{aligned} \text{Iluminância média} &= 226,12 (3 - 1) * (2 - 1) + 208,75 (3 - 1) + 133,5 (2 - 1) + 111,5 / 3 * 2 \\ &= 173,25 \text{ lux} \end{aligned}$$

Partindo para análise dos dados obtidos, pode-se observar, que mesmo durante o dia, a iluminação artificial interfere de maneira considerável, auxiliando de forma importante na melhoria das condições de visualização humana. Observa-se que, em um mesmo ambiente, a existência de lâmpadas mais que duplica a iluminação existente na forma natural.

Quando compara-se os valores de 288,5 lux (dia) e 173,2 lux (noite), com o valor de 200 lux obtido como parâmetro de análise, conforme item 3.5.1 da metodologia, mostra que a iluminação da sala 106 durante a noite está insuficiente, ficando aquém dos valores mínimos

recomendados, o que pode acarretar uma fadiga visual por parte dos usuários da sala durante as aulas ministradas a noite, uma vez que estes alunos terão que realizar um maior esforço para poderem realizar leituras e outras tarefas na sala de aula. Essa deficiência é fruto, possivelmente, da qualidade das lâmpadas, auxiliada pelo fato de uma das lâmpadas não estar funcionando durante o período em que foi realizada a medição. Quando observa-se os pontos de medição de forma isolada, pode-se detectar um outro problema, que é a má distribuição de iluminação na sala durante o período do dia. A NBR 5413 recomenda que nenhum ponto do campo de trabalho fique com uma iluminância inferior a 70% do valor médio obtido. Nesse caso, o valor mínimo tolerado seria de 202 lux para o dia. Porém, existem pontos que apresentam valores abaixo disso. Essas áreas ficam nas laterais da sala e acabam por se constituir como áreas de “sombra”. Esse fato é agravado, principalmente, durante as primeiras horas da manhã, uma vez que a iluminação natural, oriunda do sol, apresenta-se num nível mais baixo do que a existente no horário em que foi realizada a medição, o que acaba por prejudicar os alunos que ficam nesses locais durante a primeira aula do período da manhã.

Sala BG 107

A medição do dia foi feita às 11:44 hs. As 12 lâmpadas estavam funcionando. Os valores obtidos são os descritos na tabela 5.

Tabela 5 – Medidas da sala 107 durante o dia

Pontos de leitura	Leituras coletadas	Variável	Valor médio (lux)
P1	307	P	249
P2	191		
T1	330	T	274
T2	315		
T3	237		
T4	214		
R1	381	R	394,12
R2	412		
R3	470		
R4	432		
R5	328		
R6	345		
R7	421		
R8	364		
Q1	465	Q	406
Q2	461		
Q3	354		
Q4	344		

Fonte: pesquisa de campo

Conhecidos esses valores, parte-se para encontrar os valores de M e N da equação da iluminância média. A sala possui 2 filas (M = 2) e cada fila possui 3 luminárias (N = 3). Calcula-se então a iluminância média:

$$\begin{aligned} \text{Iluminância média} &= 394,12 (3 - 1) * (2 - 1) + 406 (3 - 1) + 274 (2 - 1) + 249 / 3 * 2 \\ &= 353,87 \text{ lux} \end{aligned}$$

Por fim, obtêm-se as medições no horário noturno, descritas na tabela 6, tendo como horário de medição as 18:15 hs. A sala possuía 11 lâmpadas funcionando no momento das medições.

Tabela 6 – Medidas da sala 107 durante a noite

Pontos de leitura	Leituras coletadas	Variável	Valor médio (lux)
P1	219	P	181
P2	143		
T1	242	T	190,75
T2	214		
T3	158		
T4	149		
R1	234	R	284,63
R2	288		
R3	359		
R4	292		
R5	283		
R6	261		
R7	280		
R8	280		
Q1	342	Q	301,75
Q2	360		
Q3	273		
Q4	232		

Fonte: pesquisa de campo

Substituindo na fórmula e repetindo M e N, temos:

$$\begin{aligned} \text{Iluminância média} &= 284,63 (3 - 1) * (2 - 1) + 301,75 (3 - 1) + 190,75 (2 - 1) + 181 / 3 * 2 \\ &= 257,42 \text{ lux} \end{aligned}$$

Partindo para análise dos dados obtidos, pode-se observar que, comparando os valores obtidos com o valor referência que é 200 lux temos que a iluminação da sala em ambos os horários apresenta-se dentro dos padrões, existindo até uma iluminação acima dos valores médios recomendados durante o dia o que pode acarretar ofuscamentos. A sala também apresenta, em ambos os turnos, áreas de sombra nas partes laterais da mesma.

Sala BG 108

A medição do dia foi feita as 12:05 hs. A sala possui 8 lâmpadas, sendo que uma não estava funcionando. Devido às dimensões dessa sala e ao posicionamento das luminárias, não

é possível calcular os valores de R5, R6, R7 e R8. Com isso, o valor de R será resultado da soma dos quatro R iniciais dividido por quatro. Os valores obtidos são os descritos na tabela 7.

Tabela 7 – Medidas da sala 108 durante o dia

Pontos de leitura	Leituras coletadas	Variável	Valor médio (lux)
P1	308	P	288,5
P2	269		
T1	316	T	747
T2	283		
T3	1973		
T4	416		
R1	542	R	474,5
R2	493		
R3	440		
R4	423		
Q1	401	Q	373,5
Q2	502		
Q3	223		
Q4	368		

Fonte: pesquisa de campo

Os valores de M e N dessa sala são diferentes das salas analisadas anteriormente. A sala possui 2 filas (M = 2) e cada fila possui 2 luminárias (N = 2). Com isso, monta-se a equação:

$$\begin{aligned} \text{Iluminância média} &= 474,5 (2 - 1) * (2 - 1) + 373,5 (2 - 1) + 747 (2 - 1) + 288,5 / 2 * 2 \\ &= 470,87 \text{ lux} \end{aligned}$$

Nas medições no horário noturno, novamente só estavam funcionando 7 lâmpadas. O horário da medição foi 18:10 hs.

Tabela 8 – Medidas da sala 108 durante a noite

Pontos de leitura	Leituras coletadas	Variável	Valor médio (lux)
P1	190	P	183
P2	176		
T1	201	T	196,5
T2	167		
T3	223		
T4	195		
R1	214	R	232,75
R2	240		
R3	235		
R4	215		
Q1	215	Q	198,5
Q2	219		
Q3	155		
Q4	205		

Fonte: pesquisa de campo

Como M e N se repetem, a fórmula assim fica:

$$\begin{aligned} \text{Iluminância média} &= 232,75 (2 - 1) * (2 - 1) + 198,5 (2 - 1) + 196,5 (2 - 1) + 183 / 2 * 2 \\ &= 202,69 \text{ lux} \end{aligned}$$

Na análise dos dados, observar-se que os valores médios encontrados estão acima do mínimo recomendado pela NBR 5413. Contudo, os valores obtidos durante o dia estão próximos do limite superior recomendado, cuja faixa de usuários diferencia-se do perfil existente hoje. Tal nível de iluminância favorece o ofuscamento, uma vez que o excesso de brilho irá causar nos músculos que comandam a visão um desconforto. Esse excesso de iluminância já era esperado devido à dimensão da sala ser pequena. A sala apresenta, em comparação com as analisadas anteriormente, mais áreas de sombra no período noturno, fato esse que merece maior atenção, necessitando ser corrigido.

Sala BG 109

A medição diurna foi feita as 11:50 hs. A sala estava com as 8 lâmpadas funcionando. De modo igual a sala 108, esta também não teve os valores de R5, R6, R7 e R8 calculados.

Com isso, o valor de R será obtido da mesma forma como foi para a sala 108. Os valores obtidos são os descritos na tabela 9.

Tabela 9 – Medidas da sala 109 durante o dia

Pontos de leitura	Leituras coletadas	Variável	Valor médio (lux)
P1	264	P	248
P2	232		
T1	293	T	381,75
T2	187		
T3	760		
T4	287		
R1	319	R	232,25
R2	322		
R3	368		
R4	284		
Q1	326	Q	317,75
Q2	413		
Q3	247		
Q4	285		

Fonte: pesquisa de campo

Os valores de M e N dessa sala iguais aos da sala 108 (M = 2, N = 2). Com isso, monta-se a equação:

$$\begin{aligned} \text{Iluminância média} &= 323,25 (2 - 1) * (2 - 1) + 317,75 (2 - 1) + 381,75 (2 - 1) + 248 / 2 * 2 \\ &= 317,69 \text{ lux} \end{aligned}$$

Nas medições feitas no horário noturno, só estavam funcionando 7 lâmpadas. O horário de medição foi as 18:20 hs.

Tabela 10 – Medidas da sala 109 durante a noite

Pontos de leitura	Leituras coletadas	Variável	Valor médio (lux)
P1	209	P	171,5
P2	134		
T1	238	T	169
T2	141		
T3	152		
T4	145		
R1	240	R	246
R2	216		
R3	248		
R4	200		
Q1	218	Q	208
Q2	218		
Q3	175		
Q4	221		

Fonte: pesquisa de campo

M e N se repetem, ficando a equação da seguinte forma:

$$\begin{aligned} \text{Iluminância média} &= 246 (2 - 1) * (2 - 1) + 208 (2 - 1) + 169 (2 - 1) + 171,5 / 2 * 2 \\ &= 198,62 \text{ lux} \end{aligned}$$

Na análise dos dados, observar-se que o valor encontrado no período diurno está um pouco acima do recomendado, mas não de forma tão significativa. Por sua vez, o turno noturno apresenta uma média inferior ao mínimo recomendado, o que favorece a fadiga visual dos usuários da sala, já que será demandado um maior esforço muscular do aparelho visual com vista a realização das atividades. A sala apresenta apenas um ponto de sombra durante o dia.

Depois de analisadas todas as salas constatou-se que todas apresentam algum tipo de deficiência em termos de iluminação carecendo de correções para que estas deficiências não prejudiquem as atividades realizadas por professores e alunos.

4.2. Método dos lúmens

Como pretendeu-se, neste estudo, também analisar os aspectos relacionados ao projeto luminotécnico das salas, usou-se o método dos lúmens para detectar a real necessidade de iluminância das salas. Os procedimentos para obtenção são descritos no item 3.5.1 da metodologia. Os valores obtidos para cada uma das salas estão na tabela 11.

Tabela 11 – Valores obtidos pelo método dos lúmens

Sala	E (em lux)	S (em m ²)	μ	d	ϕ	Φ	n	Qtde atual de luminárias
Sala 106	200	52,77	0,58	0,80	5600	22.745,69	4,06	6
Sala 107	200	53,40	0,51	0,80	5600	26.176,47	4,67	6
Sala 108	200	35,22	0,51	0,80	5600	17.264,70	3,08	4
Sala 109	200	41,16	0,51	0,80	5600	20.176,47	3,6	4

Fonte: pesquisa de campo

O valor de ϕ (5600 lúmens) é obtido a partir da multiplicação da quantidade de lâmpadas (duas por luminária) por 2800 lúmens – valor médio de lúmens das luminárias do ambiente.

Com base na tabela 11, tem-se que a sala 106 tem a necessidade de ter 4 luminárias, cada uma composta por 2 (duas) lâmpadas, o que dá um total de 8 lâmpadas. Essa quantidade de lâmpadas é inferior ao atual número existente (12 lâmpadas). Essa redução na quantidade de lâmpadas pode ocasionar uma sensível redução nos gastos com iluminação. Efetuando uma simulação, através do Simulador de Consumo Doméstico do Departamento Municipal de Eletricidade da Prefeitura de Poços de Caldas/MG (disponível em: www.dme-pc.com.br/consumo/simulador), tendo por base lâmpadas fluorescentes de 40W, ligadas 6 horas por dia durante um período de 20 dias por mês, obteve-se que 12 lâmpadas têm um consumo médio de 57,6 kWh/mês, enquanto as 8 lâmpadas iriam consumir um total de 38,4 kWh/mês, o que resultaria em uma economia de 33% ao mês. Deve-se frisar, porém, que esses valores são projeções e que levam em consideração que as lâmpadas estão em bom estado de conservação. Em todo caso, essa comparação ilustra bem a redução das despesas com energia elétrica que pode ser obtida. Pode se questionar se o fato de que, se no período da noite, as atuais 11 lâmpadas estão sendo insuficientes para iluminar bem a sala, uma possível redução na quantidade de lâmpadas não tenderia a agravar ainda mais esse quadro. Como resposta, pode-se dizer que a quantidade de lâmpadas por si só não implica em uma maior e

melhor iluminância. No caso da sala em questão, isso pode ser confirmado pelo fato de que várias das lâmpadas existentes já apresentam um desgaste pelo uso. Então sendo reduzida a quantidade de lâmpadas não implicará numa redução nos níveis de iluminância, desde que as novas lâmpadas fossem adequadas e estivessem em bom estado. Há de se ater que uma lâmpada não só deve ser trocada após está queimada. Já se deve ter uma atenção para uma possível troca a partir do momento em que a lâmpada deixa de funcionar adequadamente e passar a comprometer as atividades realizadas no ambiente.

Já a sala 107 tem a necessidade de, aproximadamente, 5 luminárias, cada uma com 2 (duas) lâmpadas, o que totaliza 10 lâmpadas. Essa quantidade de lâmpadas é inferior ao atual número existente (12 lâmpadas). Efetuando uma simulação de consumo como foi feita com a sala 106 e usando os mesmos parâmetros, temos que as 10 lâmpadas iriam consumir um total de 48 kWh/mês, o que resultaria em uma economia de 16,7% ao mês no consumo de energia elétrica.

Por sua vez, a sala 108 apresenta a necessidade de 3 luminárias, cada uma com 2 (duas) lâmpadas, totalizando 6 lâmpadas. Essa quantidade de lâmpadas também é inferior ao atual número existente (7 lâmpadas funcionando). Efetuando uma simulação de consumo como foi feita com as outras salas, tem-se que as 6 lâmpadas iriam consumir um total de 28,8 kWh/mês, o que resulta em uma economia de 25% ao mês. No caso dessa sala, como a quantidade de luminárias resultantes do cálculo não permite uma compatibilidade adequada de distribuição, recomenda-se o acréscimo de luminárias e não a eliminação, para que não haja prejuízo do nível de Iluminância desejado. Portanto, a existência de 4 luminárias poderia ser aceita.

Por fim, para a sala 109 foi detectada a necessidade de 4 luminárias, cada uma com 2 (duas) lâmpadas, totalizando 8 lâmpadas. Essa quantidade de lâmpadas coincide com o atual número de lâmpadas existente (8 instaladas), sendo a única das salas a apresentar um valor dentro do estipulado.

Baseados nos resultados obtidos de forma conjunta em todas as salas, percebe-se que estas apresentam uma superestimação na quantidade de luminárias, o que gera um consumo de energia acima do necessário fazendo. As quantidades de luminárias recomendadas como necessárias para os ambientes pesquisados através deste estudo, fariam com que houvesse um melhor aproveitamento dos recursos energéticos.

5. RECOMENDAÇÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste trabalho procurou-se aprofundar os conhecimentos em termos de estudo envolvendo Ergonomia, ambiente de trabalho (iluminação e cores) e a visão humana, com vista a auxiliar a aprendizagem. O intuito era responder a pergunta básica: “Como se apresenta a iluminância dos ambientes de salas de aula do curso de Administração da UFCG?”. Foi possível, com base nas análises e na metodologia aplicada, constatar que as salas pesquisadas apresentam, em sua totalidade, algum tipo de desconformidade ou situação que carece de correções.

As salas, durante a noite apresentam médias de iluminância inferiores ou no mínimo igual ao estabelecido como parâmetro pela NBR 5413. Tal constatação demonstra que estas salas têm uma alta propensão a geração da fadiga visual dos usuários, uma vez que estes não possuem a quantidade de iluminância necessária para um bom e correto desenvolvimento de suas atividades nestes ambientes. Das salas pesquisadas, a 108 durante o dia apresenta valores altos, o que tende a acarretar ofuscamentos, reflexos acentuados e outros problemas para os usuários, favorecendo assim o aparecimento da fadiga visual, desta vez gerada pelo excesso de luz. Outros problemas detectados versam, basicamente, sobre:

- lâmpadas com mau funcionamento ou queimadas, bem como sem refletores (ca lhas);
- diferenças entre os tipos de lâmpadas;
- existência de pontos de sombra;
- quantidade de lâmpadas acima do necessário.

A interferência, nos resultados obtidos, por parte de fatores ambientais externos (árvores, postes de iluminação, etc) presentes nos arredores da área onde ficam as salas, não pode ser considerada de grande significância uma vez que a área possui poucas árvores, com copas pequenas, e pouca iluminação externa. O único fator que causa impacto é o posicionamento das salas em relação ao sol em certos horários do dia.

Foi possível, através do estudo luminotécnico, constatar que a alteração na quantidade de lâmpadas poderia oferecer uma redução de cerca de 19% no consumo de energia elétrica. Para que essa economia seja de fato alcançada, outros fatores teriam que ser levado em consideração como, por exemplo, os tipos de luminária e de lâmpada utilizadas.

A partir das observações, foram elaboradas propostas para os problemas encontrados. Tais propostas referem-se basicamente à questão de mudança no *lay-out* e racionalização dos recursos energéticos. Entre elas pode-se destacar:

- mudança no layout da posição das luminárias: essa medida permitiria com que a iluminância nas salas fosse melhor distribuída, evitando com que os pontos de “sombra” existissem, ou então, que estes fossem amenizados. Os pontos de iluminação devem ser preferencialmente, distribuídos de maneira uniforme no recinto, levando-se em conta o layout do mobiliário, o direcionamento da luz para as carteiras e o próprio tamanho da luminária. O posicionamento e a distância entre as luminárias e destas para com as paredes também deve ser revista, realizando uma nova disposição das mesmas. Recomenda-se que a distância “a” ou “b” entre as luminárias seja o dobro da distância entre estas e as paredes laterais. No Apêndice C são apresentadas sugestões de *layout* de luminárias para as salas;

- alteração nas cores do ambiente, optando por cores que favoreçam a iluminância. No tocante ao uso da cor nos ambiente de sala de aula, deve-se atentar para a necessidade em atender soluções específicas, dependendo de cada ambiente, tendo em vista diversas condições que devem ser analisados com critério. Para isso, é necessário planejamento, conhecimento, estudo da área e da cores a serem utilizadas, buscando-se integrar a luz natural com a artificial, a fim de se alcançar eficiência e conforto visual. O uso da cor é um dos recursos mais econômicos para promover mudanças em um ambiente. Lembrando-se a necessidade de se atentar para o tipo de iluminação a ser usada, uma vez que a iluminação interfere na percepção das cores;

- limpeza regular das lâmpadas e luminárias para que elas continuem com o seu bom desempenho, pois o acúmulo de pó, com o tempo, reduzirá a iluminação do ambiente e a reflexão máxima de luz;

- Colocação de refletores (calhas) nas luminárias: essa mudança possibilitaria uma melhoria na difusão da luz nas salas, aumento a iluminância do ambiente;

- Substituição do piso: apesar de não ter feito parte das variáveis contempladas neste estudo, pode-se perceber que o piso das salas de aula não favorece uma boa iluminância já vez que é feito de material que apresenta pouca reflectância. A troca desse tipo de piso, por um mais claro contribuirá para um melhor aproveitamento da iluminação.

- melhor dimensionamento da concavidade do quadro branco: isso permitirá a redução do ofuscamento, uma vez que a quantidade de luz refletida no quadro será reduzida.

Deve-se lembrar, novamente, a limitação da amplitude do campo de ação desta pesquisa, que refletiu um momento na qual as salas de aula se encontravam. Como este trabalho não se encerra nele, sugere-se que outros pontos sejam estudados como: avaliação das cores das salas e outros aspectos ambientais, tais como ruídos e temperatura. Desta forma

seria possível elaborar um programa mais adequado para um ambiente ergonômico aos usuários das salas de aula do curso de Administração. A ampliação desse trabalho para outras Instituições proporcionaria uma troca de conhecimentos teórico e metodológicos, além de oferecer um melhor conhecimento da real situação na qual ocorrem as aulas.

Sistemas de iluminação são responsáveis pelo consumo de grandes quantidades de energia em todo o mundo. Porém, os avanços da tecnologia têm feito com que os equipamentos de iluminação passem a consumir menos recursos energéticos. Porém, ainda prevalecem na maioria das escolas equipamentos com sistemas de iluminação ineficientes. Pode-se constatar que apesar da existência de Normas de regulamentação, ainda prevalecem problemas, como foi observado na instituição pesquisada.

Esta pesquisa permitiu observar a grande importância da aplicação de formas corretas de iluminação no ambiente de sala de aula, ficando mais nítida as conseqüências daquela no desempenho educacional e na saúde dos usuários. No ambiente de sala de aula, a iluminação é fator decisivo, facilitando o processo de ensino-aprendizado e reduzindo os níveis de fadiga visual, o que acarreta um melhor um melhor rendimento de professores e alunos. Portanto, a posição das luminárias deve ser levada em consideração para evitar o ofuscamento, o uso das cores nas paredes e no posto de trabalho deve ser dimensionado de forma a evitar reflexo e fadiga visual.

Baseado no exposto espera-se que as variáveis tratadas neste trabalho sejam pensadas e vistas pelos responsáveis pela educação como uma possibilidade de melhoria na qualidade do ensino sem que para isso seja necessário despender grandes investimentos tendo em vista os benefícios, tanto de qualidade de vida como de rendimento escolar, que serão conquistados por meio de um eficiente sistema de iluminação.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAHÃO, J. I. Ergonomia Cognitiva: Novo trabalho, Tarefas complexas. UFMG, Belo Horizonte, s/d. Disponível em: <<http://www.medicina.ufmg.br/spt/Conferencia%20Ergonomia%20Cognitiva.ppt>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2004.
- AFFONSO, J. G. A. de L. et. al. Racionalização do trabalho e ergonomia: estudo no setor de expedição da indústria de autopeças Lunko metalurgia LTDA. **Análise**, Porto Alegre, v. 16, p. 325-350, ago./dez. 2005.
- AGRASSO NETO, M. Avaliação do papel da tecnologia de informação (TI) no processo de mudança organizacional através da simulação de aplicação a um caso real. 1999. 130 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção/UFSC, Florianópolis, 1999.
- ALVES, R. et al. Estudo Ergonômico do Trabalho: o caso do atendimento telefônico. In. ENCONTRO ANUAL DE ANPAD. 24., 2000, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ANPAD, 2000. CD-ROM.
- AÑEZ, C. R. R. A antropometria na ergonomia. **Cadernos de Ensaios de Ergonomia**, Florianópolis, 2000. Disponível em: <http://www.eps.ufsc.br/ergon/revista/artigos/Antro_na_Ergo.PDF>. Acesso em: 20 ago. 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5413: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro: 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5382: Verificação de Iluminância de interiores. Rio de Janeiro: 1985.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NB 17: Ergonomia. Rio de Janeiro: 1990.
- ATLAS. **Manual de Legislação Atlas: Segurança e Medicina do Trabalho**. 53ª ed. São Paulo: Editora Atlas, 2001.
- BOUYER, G. C. A Experiência vivida no trabalho e a análise fenomenológica na ergonomia. In. In. SIMPÓSIO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 13., 2006, Bauru. **Anais eletrônicos...** Bauru: FEB/UNESP, 2006.
- BRONDANI, S. A. Percepção da luz artificial no interior de ambientes edificados. 2006. 152 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção/UFSC, Florianópolis, 2006.

- CHIZOTTI, Antônio. **Pesquisa em ciências humanas e sociais**. São Paulo: Cortez, 1995.
- COSTA, A. C. B. da et. al. As variáveis climáticas e o conforto dos Trabalhadores: o caso do CTI de um hospital de João Pessoa. In. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 22., 2002, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ABEPRO, 2002. CD-ROM.
- COUTINHO, A. S. **Conforto e insalubridade térmica em ambientes de trabalho**. João Pessoa: Edições PPGEP, 1998.
- CUNHA, L. C. R.. A cor no ambiente hospitalar. In. CONGRESSO NACIONAL DA ABDEH. 1., 2004, Cidade. **Anais...** Curitiba: ABDEH, 2004. CD-ROM.
- DUL, J. & WEERDMEEESTER, B. **Ergonomia prática**. 1^a ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998. 152 p.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1999.
- GODOY, A. Pesquisa Qualitativa: Tipos Fundamentais. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v.35, p.20-29, maio/jun 1995.
- GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia**: adaptando o trabalho ao homem. 4^a ed. Porto Alegre: Bookman, 1998. 338 p.
- HAHN, T. M. Por uma pedagogia ergonômica: mais cidadania no mundo do trabalho. 1999. 134 P. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção/UFSC, Florianópolis, 1999.
- IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. São Paulo: Edgard Blücher, 1998. 632 p.
- LULA, C. C. de M & SILVA, L. B. da. O Conforto Ambiental e a Motivação: Implicações no Desempenho de Alunos em Ambientes Climatizados. **Abergo**, 2002. Disponível em: <<http://www.abergo.org.br/abergo2002/artigos.html>>. Acesso em: 14 dez. 2004.
- LUMICENTER. Catálogo Geral da Lumicenter. Disponível em: <<http://www.catep.com.br/dicas/ILUMINANCIA%20E%20CALCULO%20LUMINOTECNICO.htm>>. Acesso em: 12 ago. 2007.
- LUZ, M. de L. S. et al. A influência da estrutura e ambientes ergonômicos no desempenho Educacional. In. SIMPÓSIO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 12., 2005, Bauru. **Anais eletrônicos...** Bauru: FEB/UNESP, 2005.
- MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**. 4^a ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia do Trabalho Científico**. São Paulo: Atlas, 2001.

- MARTINS, C. M. Ergonomia e Segurança e Medicina do Trabalho. In. SIMPÓSIO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 12., 2005, Bauru. **Anais eletrônicos...** Bauru: FEB/UNESP, 2005.
- NEVES, J. M. D. Avaliação de um modelo de gestão da qualidade segundo os princípios sistêmico, endógeno e distintivo de competitividade: um estudo de caso. 2002. 105 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção/UFSC, Florianópolis, 2002.
- OSRAM DO BRASIL. Manual luminotécnico prático. São Paulo: OSRAM do Brasil, s/d.
- PANCERI, R. Terceiro Setor: a identificação das competências essenciais dos gestores de uma organização sem fins lucrativos. 2001. 266 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção/UFSC, Florianópolis, 2001.
- PAVANI, R. A & QUELHAS, O. L. G. A avaliação dos riscos ergonômicos como ferramenta gerencial em saúde ocupacional. In. SIMPÓSIO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 13., 2006, Bauru. **Anais eletrônicos...** Bauru: FEB/UNESP, 2006.
- PEREIRA, F. O. R. & SOUZA, M. B. de. Apostila da disciplina: Conforto ambiental – iluminação. Florianópolis: UFSC, 2000.
- RICHARDSON, R. J. **Pesquisa Social: Métodos e Técnicas.** 3ª ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- RODRIGUES, P. Manual de iluminação eficiente. Brasília: ELETROBRÁS/PROCEL, 2002.
- SANTOS, N. dos. Ergonomia e segurança industrial - Capítulo 1: Fundamentos da Ergonomia. Florianópolis: UFSC, s/d.
- SILVANYA. Quer economizar energia? Disponível em: <http://www.sylvania.com.br/index4.htm>. Acesso em: 20 ago. 2007
- TAVARES, C. R. G. A Ergonomia e suas contribuições para o processo de ensino-aprendizagem: uma análise das salas de aula do CEFET/RN. 2002. 193 P. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção/UFSC, Florianópolis, 2002.
- TORRES, L. O papel da análise da demanda e seus principais componentes: um estudo de caso em uma lavanderia hospitalar. 2003. 130 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção/UFSC, Florianópolis: 2003.
- VERDUSSEN, R. **Ergonomia: a racionalização humanizada do trabalho.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1978.

WISNER, A. **Por dentro do trabalho**: ergonomia: método e técnica, São Paulo: Editora FTD/Oboré, 1987. 189 p.

WIKIPÉDIA. Lampâda Fluorescente. Disponível em : <http://pt.wikipedia.org/wiki/L%C3%A2mpada_fluorescente>. Acesso em: 5 ago. 2007.

WIKIPÉDIA. Olho. Disponível em : <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Olho>>. Acesso em: 15 ago. 2007.

WIKIPÉDIA. Visão. Disponível em : <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Vis%C3%A3o>>. Acesso em: 15 ago. 2007.

XAVIER, A.A.de P. Condições de conforto térmico para estudantes de 2º na região de Florianópolis. **Labeee**, Florianópolis, 1999. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/Arquivos/dissertacao_xavier.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2007.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ZANOTELLI, B. G. et. al. Análise Ergonômica do Ambiente de Trabalho dos Funcionários da Biblioteca da Universidade de Passo Fundo-RS. Disponível em: <http://www.wgate.com.br/conteudo/medicinaesaude/fisioterapia/alternativa/analise_ergonomica/analise_ergonomica.htm>. Acesso em: 10 ago. 2007.

APÊNDICES

Apêndice A – Fotos das salas

Apêndice B – Croquis das salas analisadas com os respectivos pontos de medição

Apêndice C – Sugestões de posicionamento das luminárias

ANEXOS

Anexo 1 – Tabelas de Provenza (1989, p. 3-69)

Anexo 2 - NBR 5413

Anexo 3 - NBR 5382

Anexo 4 – Tabela OSRAM DO BRASIL