

Larissa Ribeiro Leite

ILUMINAÇÃO E COMPORTAMENTO DO USUÁRIO:
estudo de edificação em Belo Horizonte, MG

Belo Horizonte
Escola de Arquitetura da UFMG
2013

Larissa Ribeiro Leite

ILUMINAÇÃO E COMPORTAMENTO DO USUÁRIO:
estudo de edificação em Belo Horizonte, MG

Monografia apresentada para conclusão do
Curso de Especialização em Sistemas
Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao
Ambiente Construído.

Orientadora: Grace Cristina Roel Gutierrez.

Belo Horizonte
Escola de Arquitetura da UFMG
2013

FICHA CATALOGRÁFICA

L533i Leite, Larissa Ribeiro.
Iluminação e comportamento do usuário [manuscrito] : estudo de edificação em Belo Horizonte / Larissa Ribeiro Leite. - 2013.
72 f. : il.

Orientadora: Grace Cristina Roel Gutierrez.

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

1. Iluminação – Comportamento do consumidor. 2. Energia - Conservação. 3. Arquitetura e conservação de energia. 4. Qualidade ambiental. I. Gutierrez, Grace Cristina Roel. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Arquitetura. III. Título.

CDD 621.32

LARISSA RIBEIRO LEITE

ILUMINAÇÃO E COMPORTAMENTO DO USUÁRIO:
estudo de edificação em Belo Horizonte, MG

Trabalho apresentado à Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais para obtenção do *Título de Especialista em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído*, pela banca examinadora:

Prof^a Grace Cristina Roel Gutierrez
Orientadora EA/UFMG

Prof Eduardo Cabaleiro Cortizo
EA/UFMG

SUMÁRIO

	Página	
1	INTRDUÇÃO	14
2	OBJETIVO E JUSTIFICATIVA	16
2.1	Objetivo Geral	16
2.2	Objetivos Específicos	16
2.3	Justificativa	16
3	REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1	Percepção e conforto ambiental	17
3.1.1	Percepção	17
3.1.2	Conforto e eficácia Visual	19
3.1.3	Temperatura de cor	21
3.1.4	Ofuscamento	22
3.2	Iluminação	22
3.2.1	Luz	22
3.2.2	Iluminação Natural	23
3.2.3	Iluminação Artificial	30
3.2.4	Iluminação Artificial e Natural	36
3.2.5	Iluminação e Ambiente de trabalho: escritórios	36
3.3	Sistemas de iluminação analisados pelo RTQ-C	38
3.3.1	O RTQ-C	38
3.3.2	A Etiqueta parcial dos sistemas de iluminação	39
3.3.2.1	Pré-requisitos específicos dos sistemas de iluminação	39
3.3.2.2	Procedimento para determinação da eficiência do sistema de iluminação	40
3.3.3	Outros aspectos relativos à iluminação no RTQ-C	41
4	MATERIAIS E MÉTODO – ESTUDO DE CASO: EDIFÍCIO DA FIEMG	43
4.1	Descrição do local	43
4.2	Descrição da edificação	50
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
5.1	Medição dos níveis de iluminância	54
5.2	Questionário	57
5.2.1	Dados do usuário	58
5.2.2	Dados sobre a percepção do usuário em relação ao ambiente de trabalho	58

5.2.3	Dados sobre a percepção do usuário em relação ao seu posto de trabalho	59
5.2.4	Dados sobre a percepção do usuário sobre a luz natural e Artificial do ambiente	59
6	CONCLUSÕES	63
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
	ANEXO - Planta baixa pavimento tipo edifício da FIEMG	67
	APÊNDICE A - Planta Baixa Pavimento tipo: áreas não levantadas	68
	APÊNDICE B - Planta Manchas Isolux: Luzes acesas	69
	APÊNDICE C - Planta Curvas Isolux: Luzes acesas	70
	APÊNDICE D - Planta Manchas Isolux: Luzes apagadas	71
	APÊNDICE E - Planta Curvas Isolux: Luzes apagadas	72

LISTA DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Campo visual para tarefas visuais verticais de uma pessoa em pé	17
Figura 2	Campo visual para tarefas visuais verticais de uma pessoa sentada	18
Figura 3	Campo visual de preferência para tarefas visuais horizontais de uma pessoa sentada	18
Figura 4	Lei do inverso do quadrado da distância	20
Figura 5	Iluminância (à esquerda) e Luminância (à direita) em uma superfície.	21
Figura 6	Gráfico de Kruithof	21
Figura 7	Temperatura de cor	21
Figura 8	Comprimentos de onda dentro da radiação eletromagnética com faixa do comprimento de onda de luz visível em destaque	22
Figura 9	Curva de sensibilidade do olho humano e radiações monocromáticas	23
Figura 10	Luminâncias dos tipos de céu padrão CIE (para hemisfério norte)	23
Figura 11	Domos	26
Figura 12	Clarabóias	26
Figura 13	Lanternins	26
Figura 14	Shed	27
Figura 15	Dispositivos de proteção solar	27
Figura 16	Exemplos da aplicação da iluminação zenital em escritórios	28
Figura 17	Curvas isolux na iluminação lateral	29
Figura 18	Dispositivos de sombra e redirecionamento da luz	29
Figura 19	Lâmpada incandescente	30
Figura 20	Aplicação da lâmpada incandescente	30
Figura 21	“Anatomia” do LED	31
Figura 22	Exemplos de aplicação da iluminação a LED	32
Figura 23	Eficiência luminosa das fontes de luz artificial	32
Figura 24	Diagrama fotométrico e curvas fotométricas (nos planos horizontal e vertical) de uma lâmpada	33
Figura 25	Curva fotométrica (no plano transversal B) de um conjunto lâmpada-luminária	33
Figura 26	Classificação das luminárias conforme a CIE	34
Figura 27	Vista do terreno	43
Figura 28	Unidades climáticas de Belo Horizonte - Mesoclimas	44
Figura 29	Unidades climáticas de Belo Horizonte – Mesoclimas e climas locais	44
Figura 30	Foto edifício Robson Braga de Andrade, sede da FIEMG	50

Figura 31	Fachada frontal do edifício	51
Figura 32	Pavimento tipo, ao fundo persianas fechadas e abertas	51
Figura 33	Lâmpadas utilizadas	51
Figura 34	Luminárias com alhetas	51
Figura 35	Cores internas 7º pavimento, pavimento tipo	52
Figura 36	Cores internas 7º pavimento, pavimento tipo	52
Figura 37	Classificações do pavimento tipo da FIEMG	52
Figura 38	Manchas isolux – iluminância em uso: iluminação natural e iluminação artificial acesa (sem escala)	52
Figura 39	Curvas isolux – iluminância em uso: iluminação natural e iluminação artificial acesa (sem escala)	55
Figura 40	Manchas isolux – Iluminância com apenas iluminação natural e iluminação artificial apagada (sem escala)	56
Figura 41	Curvas de isolux – iluminância com apenas a iluminação natural e luz artificial apagada (sem escala)	56
Figura 42	Ambiente de trabalho	58

LISTA DE GRÁFICOS

		Página
Gráfico 1	Iluminância da luz do dia em diferentes condições	24
Gráfico 2	Dados climáticos da cidade de Belo Horizonte plotados no Diagrama Bioclimático de Givoni de acordo com os meses do ano	45
Gráfico 3	Céu Claro ($N \leq 2,0$)	46
Gráfico 4	Céu Parcialmente Encoberto ($2,1 \leq N \leq 7,0$)	46
Gráfico 5	Céu Encoberto ($7,1 \leq N \leq 10,0$)	47
Gráfico 6	Condição de Céu Claro ($N \leq 2$)	47
Gráfico 7	Condição de Céu Parcialmente Encoberto ($2,1 \leq N \leq 7,0$)	47
Gráfico 8	Condição de Céu Encoberto ($7,1 \leq N \leq 10,0$)	48
Gráfico 9	Frequência de ocorrência de níveis típicos de iluminância para céu encoberto para a cidade de Belo Horizonte	48
Gráfico 10	Gráfico de eficiência x FLD para céu encoberto para a cidade de Belo Horizonte	49
Gráfico 11	Frequência de ocorrência de níveis típicos de iluminância para o céu parcialmente encoberto, cidade de Belo Horizonte	49
Gráfico 12	Gráfico de eficiência x FLD para céu encoberto, cidade de Belo Horizonte	49
Gráfico 13	Idade dos usuários (em anos)	58
Gráfico 14	Sexo dos usuários (Masculino, feminino)	58
Gráfico 15	Motivo para o controle das persianas	58
Gráfico 16	Controle das persianas em relação à proximidade do posto de trabalho	59
Gráfico 17	Quantidade de janelas em relação à proximidade do posto de trabalho	59
Gráfico 18	Reflexo do plano de trabalho em relação à proximidade das janelas aos postos de trabalho	60
Gráfico 19	Reflexo das superfícies	60
Gráfico 20	Qualidade da luz	60
Gráfico 21	Percepção em relação à quantidade de luz natural	60
Gráfico 22	Percepção acerca da variabilidade da luz natural	60
Gráfico 23	Preferência de trabalhar com a luz natural	61
Gráfico 24	Frequência incidência da luz direta no posto de trabalho	61
Gráfico 25	Percepção da quantidade de luz artificial no ambiente	61
Gráfico 26	Usuário tem percepção que há interruptores acessíveis	62

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 Valores das variáveis para a cidade de Belo Horizonte durante o ano	43

RESUMO

O ser humano vivencia o espaço através de mecanismos sensoriais e o seu bem-estar, seu conforto e equilíbrio dependem da estimulação adequada desses mecanismos. A melhor forma de se fazer isso é de forma natural, promovendo o contato com os ciclos naturais, como a iluminação natural. No entanto, com o crescente adensamento e verticalização das cidades, o posicionamento de aberturas definidas em função da estética e muitas vezes em orientações inadequadas, muitas vezes torna difícil obter a luminosidade de forma adequada às necessidades humanas. A iluminação artificial vem suprindo essas funções, mas é frequentemente utilizada sem considerar a disponibilidade efetiva da luz natural. Nesse sentido, a complementação e integração da iluminação natural e artificial se fazem necessárias tanto para o conforto do usuário quanto para a eficiência energética e redução do consumo e, para viabilizar essa integração observa-se o desenvolvimento de projetos de iluminação que empregam técnicas e dispositivos de controle que aproveitam a luz natural e utilizam a luz artificial em complementação conforme a necessidade identificada. Porém, o comportamento do usuário nem sempre corresponde ao previsto, seja por comodidade ou por preferências subjetivas. O objetivo, de caráter descritivo desse trabalho final de especialização, foi identificar se as técnicas de integração da luz natural com artificial através da automação predial convertem-se em uma real melhora no conforto dos usuários e na qualidade de um ambiente de escritório cujo edifício foi objeto de procedimento de etiquetagem de eficiência energética em edificações pelo método prescritivo do RTQ-C, em relação às variáveis analisadas para a etiqueta parcial do sistema de iluminação, bem como ao comportamento do usuário. O método utilizado no desenvolvimento dessa pesquisa foi o estudo de caso, fundamentado em levantamento bibliográfico e de campo. A edificação foi selecionada dentre os edifícios construídos que possuíam etiqueta de eficiência energética de edificações comerciais, de serviços e públicas; e o ambiente analisado foi um escritório, no qual foram realizados: um levantamento das condições físicas do ambiente, a medição dos níveis de iluminação, e entrevistas sobre o comportamento dos usuários no uso e apropriação do espaço. Os resultados obtidos revelaram que os níveis de iluminação estão de acordo com as necessidades das atividades realizadas, bem como sua distribuição no ambiente através do uso dos sistemas de iluminação artificial, mas que as estratégias que visam a redução do consumo através da integração dos sistemas com a luz natural e que dependem do acionamento de dispositivos por parte dos usuários não ocorrem da maneira como foram projetadas, principalmente em relação ao controle de persianas e interruptores. Dessa forma, embora o projeto, as instalações e a etiquetagem considerem o potencial de redução de consumo, na prática não foi o resultado observado. Como contribuição ao desenvolvimento do procedimento de etiquetagem e aos programas de eficiência energética, bem como as demais certificações, destaca-se a importância da conscientização do usuário no uso e apropriação do espaço para aproveitamento e redução efetiva do consumo de energia.

Palavras-chave: Iluminação. Comportamento do usuário. Eficiência energética.

ABSTRACT

The human being experiences the space through sensory mechanisms and their well-being, your comfort and your balance dependent on adequate stimulation of these mechanisms. The best way to do this is naturally, promoting contact with the natural cycles, such as daylighting. However, with the increasing consolidation and vertical growing of cities, with openings defined in terms of aesthetics and often inadequate guidelines often makes it difficult to human needs. Artificial lighting has been supplying this, but it is often used without considering the availability of daylight. So, the accomplishment and integration of natural and artificial lighting are needed for user comfort and energy efficiency by reducing consumption, and to enable this integration we observe the development of light design that employ techniques and devices control that harness daylight and use artificial light to complement according to identified need. However, user behavior does not always correspond to the expected, is for convenience or subjective preferences. The purpose of a descriptive nature, this final work specialization was to identify whether the technical integration of daylight with artificial through building automation, converted into an actual improvement in user comfort and quality of an office environment whose building was subject to the labeling of energy efficiency in buildings by the prescriptive method of RTQ - C, regarding the variables analyzed for the partial label lighting as well as user behavior procedure. The method used in the development of this research was the case study based on literature review and field. The building was selected among the buildings that have built energy efficiency of commercial buildings, and public service label, and was considered an office environment, in which a survey of the physical environmental conditions, measurement of lighting levels was performed, and interviews about the behavior of users in the use and appropriation of space. The results revealed that lighting levels are consistent with the needs of their activities, as well as their distribution in the environment through the use of artificial lighting systems, but that strategies aimed at reducing consumption through integration of systems with daylight and depend drive devices by users do not happen the way they were designed, especially in relation to the control of blinds and switches. Thus, although the design, installation and classification consider the potential for reducing consumption, in practice the result was not observed. As a contribution to the development of labeling and energy efficiency programs, as well as other certifications, procedure is the importance of user awareness in the use and appropriation of space to use and effective reduction of energy consumption.

Keywords: Daylight. User behavior. Energy efficiency.

INTRODUÇÃO

O ser humano vivencia o espaço através de mecanismos sensoriais e o seu bem-estar, seu conforto e seu equilíbrio dependem da estimulação adequada desses mecanismos. A melhor forma de se fazer isso é de forma natural, promovendo o contato com os ciclos naturais, como a iluminação natural. Com o crescente adensamento e verticalização das cidades, muitas vezes torna-se difícil obter a luminosidade necessária para a execução das tarefas em um recinto. Com isso, a iluminação artificial é frequentemente utilizada sem considerar a disponibilidade efetiva da luz natural. Com a finalidade de reduzir a utilização de iluminação artificial em locais onde a luz natural é suficiente às necessidades do usuário, bem como viabilizar a integração da luz natural com os sistemas artificiais de iluminação como complementação, são empregadas técnicas e dispositivos que limitam utilização da luz artificial apenas onde e quando essa é necessária.

Sabe-se que a luz artificial não consegue substituir em grandeza a luz natural, fato que é percebido pelo homem facilmente e acaba causando desconforto. Para diminuir esse sentimento, estão sendo empregadas tecnologias de automação predial que pretendem regular a quantidade de iluminação de forma gradual durante o dia, ajudando os mecanismos sensoriais a se adaptar, da mesma forma, à diferença entre os dois tipos de iluminação e diminuindo o desconforto sentido pelo usuário.

Nesse sentido, Bernadi et al (2011) salienta que os *“estudos acerca da relação entre ambiente (construído ou natural) e comportamento humano são necessários não somente para o ato projetual, mas também criam fundamentos necessários para que a atividade de projeto arquitetônico e urbanístico possa superar erar importantes limitações teóricas e metodológicas ocorrentes na atualidade.”*

A avaliação pós-ocupação de edificações, bem como a análise do impacto das medidas de adequação de projetos arquitetônicos, e a apropriação e comportamento do usuário no uso do espaço ainda são poucos e restritos a pesquisas de universidades. A utilização da APO como ferramenta de projeto ainda está distante da realidade da atuação profissional do arquiteto e urbanista no Brasil. De acordo com Romero (1995), no Brasil *“não se tem conhecimento de estudos interdisciplinares e integrados relativos a edifícios de escritórios que aborde desde o impacto ambiental na malha urbana em que está inserido, até os aspectos intrínsecos de conforto ambiental, de segurança, de funcionalidade e das relações ambiente versus comportamento.”*

E, considerando que *“o usuário do edifício é o elemento ativo do contexto, e é nele que as atenções devem estar focadas, para se estabelecer as necessidades que a forma projetada*

deverá cumprir. Identificam-se as características físicas psicológicas e culturais do usuário em relação ao espaço a ser projetado e seus valores.” (MOREIRA e KOWALTOWSKI, 2011), este estudo busca realizar um levantamento das condições físicas do ambiente e comportamentais dos usuários no uso e apropriação do espaço de uma edificação que foi objeto do procedimento de etiquetagem de eficiência energética em edificações.

2 OBJETIVO E JUSTIFICATIVA

2.1 Objetivo Geral

O Objetivo desse trabalho é identificar se as técnicas de integração da luz natural com artificial através da automação predial, convertem-se em uma real melhora no conforto dos usuários e na qualidade de um ambiente de escritórios cujo edifício foi objeto de procedimento de etiquetagem de eficiência energética em edificações pelo método prescritivo do RTQ-C, em relação às variáveis analisadas para a etiqueta parcial de iluminação, bem como ao comportamento do usuário.

2.2 Objetivos Específicos

Para que seja possível alcançar o objetivo geral, é necessário:

- Identificar quais são estímulos sensoriais que influenciam o homem na percepção do espaço e posteriormente delimitar aqueles que afetam sua percepção de acordo com a iluminação;
- Verificar se o comportamento esperado de um usuário quando o projeto ainda está na fase de elaboração corresponde ao observado in loco pós-ocupação;
- Pesquisar quais as tecnologias existentes e aplicadas no campo da integração da iluminação artificial e natural;
- Levantar quais são os padrões de conforto considerados pelos usuários.

2.3 Justificativa

A partir da crítica ao uso de sistemas de iluminação artificial sem a efetiva integração de sistemas de iluminação natural e artificial no ambiente construído, um conjunto mais amplo de referências na produção e apropriação tecnológica na construção do habitat humano e seus impactos faz-se necessária realçando a importância da integração, da avaliação pós-ocupação e do comportamento do usuário nas decisões do processo de projeto. Tal entendimento possibilita lidar com o ambiente construído como o resultado material da ação humana, cuja produção traduz uma racionalidade cada vez mais presente na sua construção, fruto das aplicações tecnológicas, incorporando sistemas de avaliação e controle comprometidos com critérios de desempenho, explorando o potencial da abordagem tecnológica em contribuir para a concepção e produção de ambientes sustentáveis.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Percepção e conforto visual

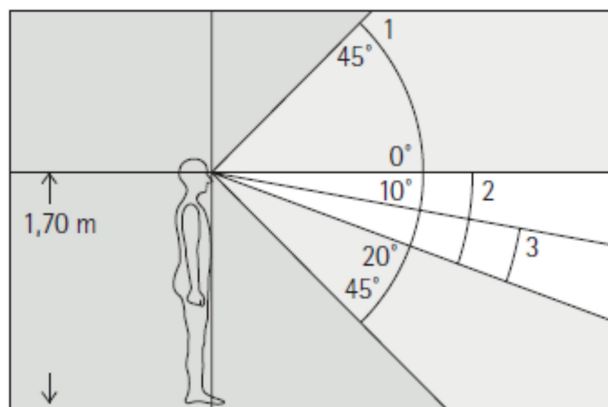
3.1.1 Percepção

De acordo com Hall (1977), “os olhos são, em geral, considerados como meio principal para o homem recolher informações”, e ainda segundo ele “o homem aprende enquanto vê, e aquilo que vê influencia o seu aprendizado.”

É necessário, no entanto, diferenciar a imagem retiniana daquela que o homem percebe. Gibson (1950) *apud* Hall (1977) nomeou o primeiro de campo visual e a segunda de mundo visual. O campo visual é composto por padrões visuais de luz em constante mudança, que são captados pela retina, e são utilizados para compor o mundo visual. “Ao se movimentar no espaço, o homem depende das mensagens recebidas do seu corpo, para estabilizar o seu mundo visual. Sem esse feedback muitas pessoas perderiam o contato com a realidade e teriam alucinações” (HALL, 1977). Dessa forma pode-se perceber que a percepção do homem não depende somente de sua visão, mas também dos estímulos sensoriais recebidos por seu corpo e dos demais sentidos para ter percepção uma completa do meio em que está.

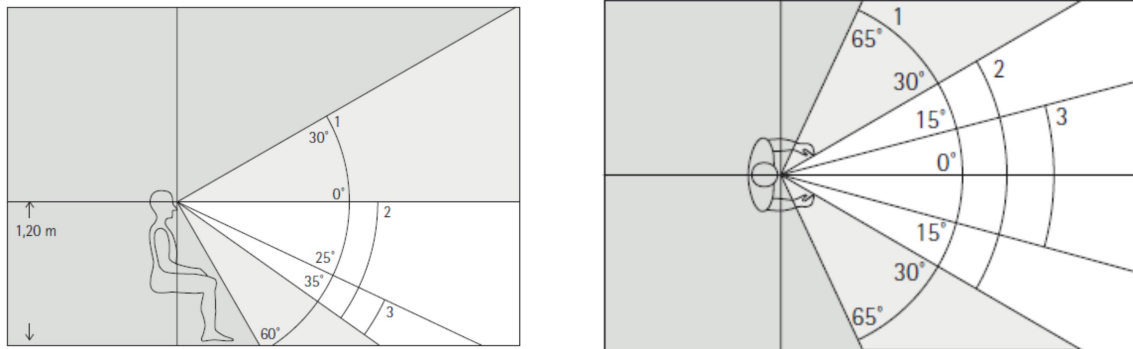
O campo visual humano está limitado a 130° no sentido vertical e 180° no sentido horizontal. Contudo, nós não percebemos qualquer objeto que entra no nosso campo de visão. As Figuras 1 e 2 mostrar o campo visual, representado pelo número (1), o campo visual de preferência (2) e o campo visual ótimo (3) para tarefas visuais verticais.

Figura 1 - Campo visual para tarefas visuais verticais de uma pessoa em pé.



Fonte: Ganslandt e Hofmann, 1992.

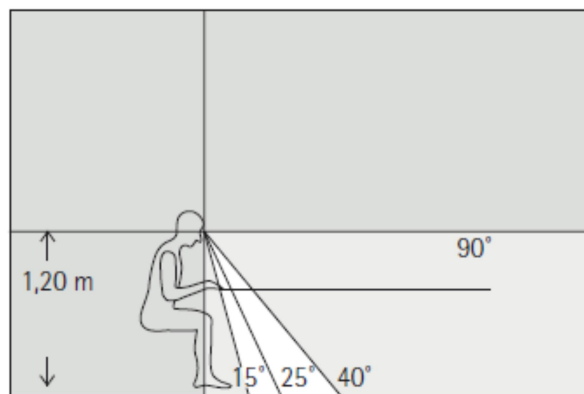
Figura 2 - Campo visual para tarefas visuais verticais de uma pessoa sentada.



Fonte: Ganslandt e Hofmann, 1992.

A figura 3 mostra o campo visual de preferência para tarefas visuais na horizontal entre 15° e 40° , sendo que a direção de preferência é a de 25° .

Figura 3 - Campo visual de preferência para tarefas visuais horizontais de uma pessoa sentada.



Fonte: Ganslandt e Hofmann, 1992

O processo de percepção seleciona apenas algumas áreas, isso faz sentido já que nosso cérebro não é capaz de perceber tudo o que está no nosso campo de visual e também pela fisiologia do nosso olho que foca apenas em cenas pequenas e em mudança (GANSLANDT e HOFMANN, 1992).

De acordo com Gansladt e Hofmann (1992), a informação percebida passa por três critérios básicos de seleção da percepção visual. O primeiro é que a atividade atual exercida pelo observador e a informação recebida depende do tipo dessa atividade. Por exemplo, um motorista de carro tem que se concentrar em diferentes tarefas visuais que um pedestre, e um mecânico de precisão processa informação diferentemente de um trabalhador de depósito. A tarefa visual pode ser definida pelo tamanho e localização, se tem um movimento relacionado, se pequenos detalhes e contrastes tem que ser registrados, ou se as cores ou estruturas são propriedades importantes.

O segundo vem da necessidade biológica do homem de entender o mundo ao seu redor, que satisfeita cria um sentimento de bem-estar em seu ambiente visual.

“Muitas das informações demandadas resultam da necessidade do ser humano de se sentir seguro. Para ser capaz de avaliar um perigo, você deve ser capaz de compreender a estrutura do seu ambiente. Isso se aplica tanto para orientação – saber onde está, em que caminho está, e quais são os possíveis destinos que pode tomar – quanto para conhecimento sobre as qualidades e peculiaridades do ambiente em que se encontra. Esse conhecimento, ou falta de informação, determina o modo como nos sentimos e o nosso comportamento. Pode nos levar a um sentimento de tensão e inquietação em uma situação desconhecida ou potencialmente perigosa, ou relaxamento e tranquilidade em um ambiente conhecido e seguro.” (GANSLANDT e HOFMANN, 1992).

O terceiro surge da necessidade social do homem, sua demanda por contato com outras pessoas e por privacidade. No entanto, o foco sobre o qual a informação deve ser tomada é das atividades realizadas e as necessidades biológicas do homem em um determinado ambiente.

3.1.2 Conforto e eficácia visual

“Conforto visual é entendido como a existência de um conjunto de condições, num determinado ambiente, no qual o ser humano pode desenvolver suas tarefas visuais com o máximo de acuidade e precisão visual, com o menor esforço, com menor risco de prejuízos à vista e com reduzidos riscos de acidentes.” (LAMBERTS, DUTRA E PEREIRA, 1997).

A necessidade de iluminação em um edifício é determinada pelo conforto visual que o usuário precisa para executar a sua tarefa. Uma boa iluminação só pode ser considerada como tal se atende às exigências do usuário quanto ao seu conforto visual ao realizar a sua tarefa. Como coloca Assis¹ (2011), *“o conforto luminoso-visual resulta da percepção clara da informação visual demandada consciente ou inconscientemente.”*

Além de trazer benefícios para o observador, a boa iluminação evita os riscos para a segurança do usuário além de tensões psíquicas e fisiológicas que o emprego de uma má iluminação pode causar como, dificuldade de concentração na execução das tarefas, *stress*, dores de cabeça, fadiga física e nervosa, tendo como consequências finais o absentismo. (PAIS, 2011).

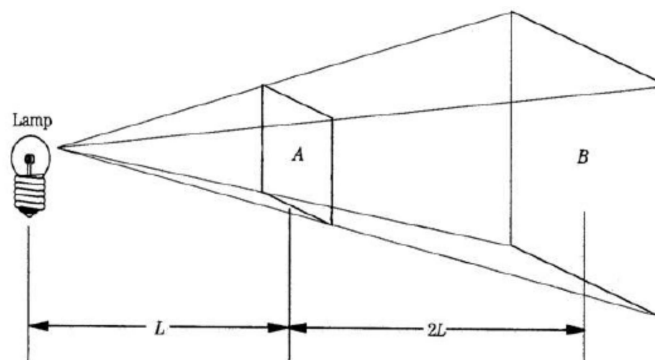
¹ ASSIS, Eleonora S. Apostila da disciplina Sistemas Tecnológicos em Conforto Ambiental. 2011

Para se ter um conforto luminoso deve-se atentar para algumas grandezas. Assis (2011) coloca isso Muito bem quando cita a NBR 5461, que define as seguintes grandezas como grandezas do conforto luminoso-visual:

- *Fluxo radiante*: (Φ_v ou P): potência medida, transmitida ou recebida sob a forma de radiação. Unidade: Watt (W);
- *Fluxo Luminoso* (Φ ou Φ_v): Capacidade de um fluxo radiante produzir uma sensação luminosa sobre o observador padrão CIE, em função da eficácia luminosa espectral. Unidade: Lumen (lm);
- *Intensidade luminosa* (I ou I_v): de uma fonte numa dada direção, é a razão do fluxo luminoso emitido pela fonte para o elemento de ângulo sólido cujo eixo coincide com a direção considerada. Unidade: Candela (cd = lm/s)
- *Lei do inverso do quadrado da distância*: a lâmpada que emite um feixe de luz ilumina uma superfície (A), a uma distância (L), com determinada intensidade. Em outra superfície (B) que é duas vezes a distância da fonte (2L), a mesma quantidade de energia é distribuída sobre a área (B) que o dobro do tamanho da área (A). Assim, a intensidade da energia cai conforme $[1/L^2]$, onde L é a distância da fonte luminosa.
- *Iluminância ou Nível de iluminação* (E ou E_v): em um ponto de uma superfície, é a razão do fluxo luminoso ($d\Phi_v$) incidente num elemento de superfície que contém o ponto dado, para a área (dA) desse elemento. Unidade: lux (lx) = lm/m²
- *Luminância* (L ou L_v): numa direção e um ponto dado sobre uma superfície é a razão da intensidade luminosa para a área aparente da superfície na direção considerada. É a medida da luminosidade. Unidade: Nit = cd/m².

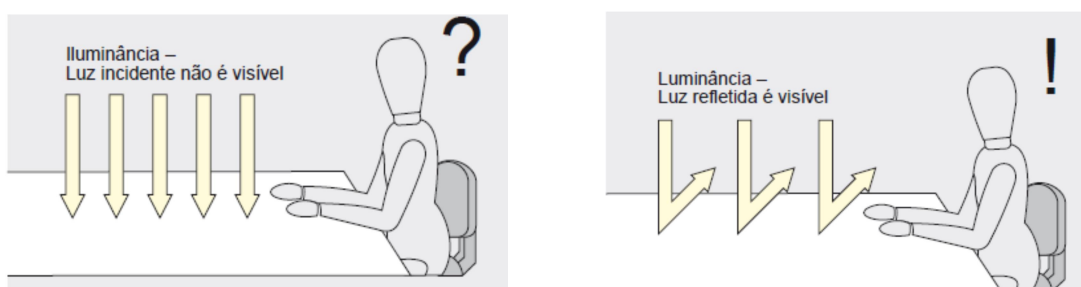
A Figura 4 mostra uma representação da Lei do inverso do quadrado da distância. E a figura 5 ilustra, respectivamente, iluminância e luminância.

Figura 4 - Lei do inverso do quadrado da distância.



Fonte: Assis, 2011.

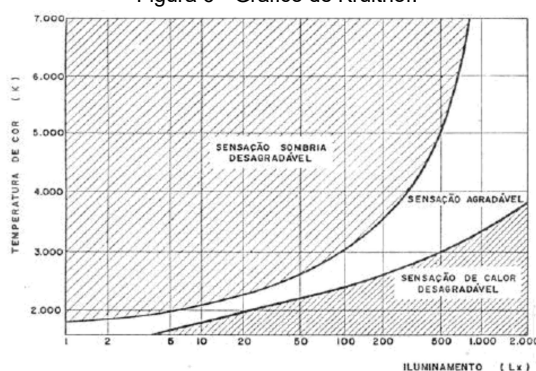
Figura 5 - Iluminância (à esquerda) e Luminância (à direita) em uma superfície.



Fonte: OSRAM, [s.d]

De acordo com Assis (2011), “O gráfico de Kruithof também pode ser utilizado como indicador do conforto luminoso visual, indicando as sensações associadas às condições do nível de iluminamento (ou iluminância) e da temperatura de cor da fonte luminosa.”. Como mostrado na figura 6:

Figura 6 - Gráfico de Kruithof.

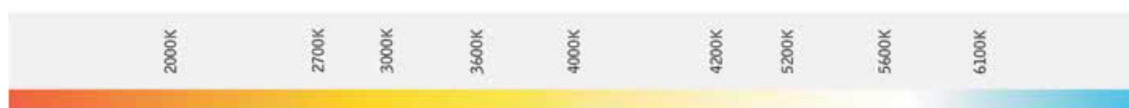


Fonte: Assis, 2011

3.1.3 Temperatura de cor

De acordo com a NBR 5461, Temperatura de cor é a temperatura do corpo negro que emite uma radiação que tem a mesma cromaticidade que a do estímulo dado. A unidade utilizada é Kelvin (K).

Figura 7 – Temperatura de Cor



Fonte: OSRAM, s.d.

3.1.4 Ofuscamento

De acordo com a NBR 5461, Ofuscamento é a condição de visão na qual há desconforto ou redução da capacidade de distinguir detalhes ou objetos, devido a uma distribuição desfavorável das luminâncias, ou a contraste excessivo.

3.2 Iluminação

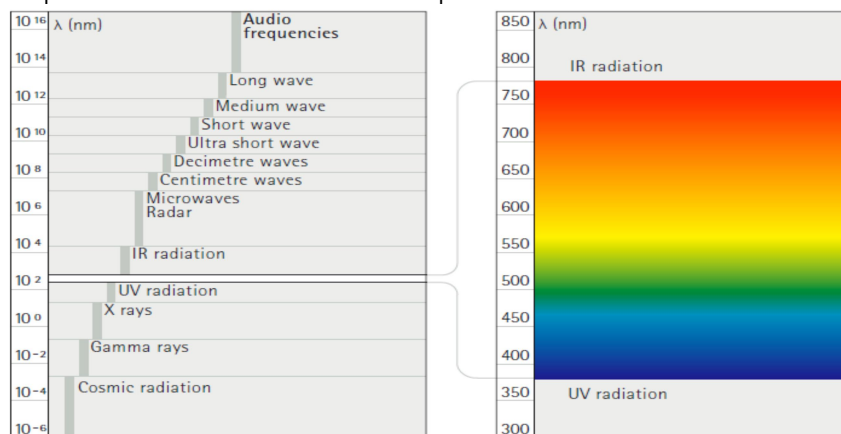
3.2.1 Luz

“Uma fonte de radiação emite ondas eletromagnéticas. Elas possuem diferentes comprimentos, e o olho humano é sensível a somente alguns. Luz é, portanto, a radiação eletromagnética capaz de produzir uma sensação visual.” (OSRAM, [s.d.])

É através dos olhos que recebemos a maior parte da informação do mundo à nossa volta. A luz não é só um componente essencial que nos permite enxergar, mas de acordo com a sua intensidade, o modo como é distribuída e suas propriedades, a luz pode criar condições onde a nossa percepção do mundo pode ser modificada. (GANSLANDT e HOFMANN, 1992).

Nosso olho é sensível a radiações eletromagnéticas com comprimento de onda entre 380 e 780 nm, como exemplificado na Figura 8.

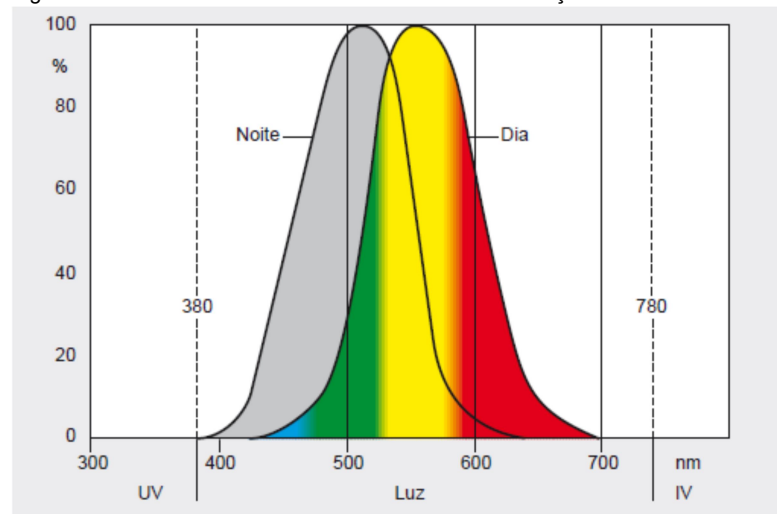
Figura 8 - Comprimentos de onda dentro da radiação eletromagnética com faixa do comprimento de onda da luz visível em destaque.



Fonte: GANSLANDT e HOFMANN.

O olho humano não é igualmente sensível a todas as cores do espectro visível. Cores de menor comprimento de onda, como violeta e azul, geram maior intensidade de sensação luminosa quando há pouca luz, enquanto que cores com maior comprimento de onda, como laranja e vermelho, geram o efeito contrário. Isso pode ser visto na Curva de sensibilidade do olho humano a radiações monocromáticas (Figura 9).

Figura 9 - Curva de sensibilidade do olho humano a radiações monocromáticas.

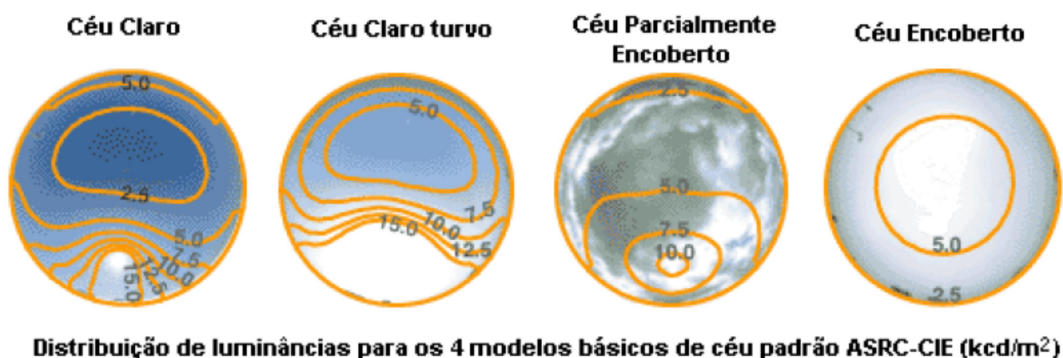


Fonte: OSRAM, s.d.

3.2.2 Iluminação Natural

Nossa principal fonte de luz é o sol, mas, como coloca Assis (2011), a disponibilidade dessa luz depende ainda do clima e das condições geográficas do local, pois ela se difunde parcialmente na atmosfera. Com relação ao primeiro, influenciam a quantidade de luz disponível, a posição latitudinal, o período do ano, o horário, a orientação solar e as condições atmosféricas de nebulosidade. Estas últimas são classificadas como céu claro (onde a nuvem é ocasional), céu parcialmente encoberto ou nublado (1/3 ou 2/3 do local) e céu encoberto (onde o sol não é visível), (Figura 10). Em relação ao segundo, são os que têm mais influência sobre a disponibilidade de luz natural. São eles, a topografia, a presença de corpos d'água e o tipo de revestimento do solo.

Figura 10 - Luminâncias dos tipos de céu padrão CIE (para hemisfério norte).

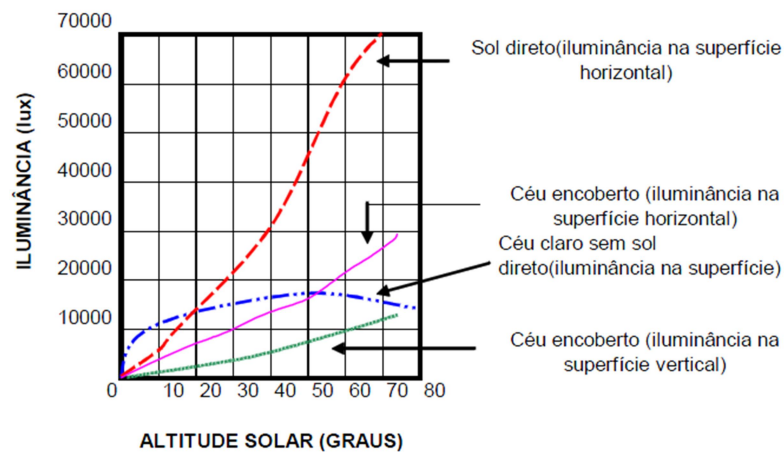


Fonte; Assis, 2011.

A iluminação natural em um determinado ambiente é obtida através de janelas ou de alguma superfície translúcida, instaladas nas superfícies das paredes ou no teto. O problema

encontrado no que se refere à iluminação natural dos edifícios é, de acordo com a ABILUX (1992), o “grande número de pessoas realizando tarefas visuais de diferentes exigências ao mesmo tempo.”. Deve-se desta forma analisar quais tipos de tarefas estão sendo realizadas no local e distribuí-las conforme a distribuição da luz natural no ambiente. Por exemplo, as atividades com maiores exigências visuais deverão ser localizadas nos ambientes mais próximos às janelas, onde a iluminância natural é maior. A figura 10 mostra a iluminância da luz do dia em diferentes condições.

Gráfico 1 - Iluminância da luz do dia em diferentes condições.



Fonte: ABILUX, 1992.

A qualidade da iluminação é diretamente influenciada pelas características das aberturas, seu tamanho, forma, posição e proteção delas, e as características do local, sua profundidade, forro e superfícies interiores. Além dessas, as proporções do ambiente, a disposição interna dos ambientes do edifício (em relação aos espaços abertos e de circulação) e o uso que se faz do espaço disponível no terreno. Também são importantes. Aberturas corretamente dimensionadas com dispositivos de proteção da radiação solar, em boas condições e ambientes com superfícies interiores claras, amplos, com pé-direito discreto, zonificados em relação à necessidade de iluminação da tarefa visual, contribuem de forma significativa com a economia de energia. (ABILUX, 1992).

Luz natural e conforto

Juntamente com economia de energia, a luz natural contribui para o bem-estar e conforto do usuário no ambiente, pois o funcionamento fisiológico do homem sofre influência direta dela. Lamberts, Dutra e Pereira (1997) afirmam que a luz natural oferece ao homem informações espaço-temporal constituídas por jogo de intensidades diferenciadas de luz, sombras e reprodução das cores, que são fundamentais ao funcionamento do seu relógio biológico. Da mesma forma Sassi (2006) atesta que:

“O ser humano é muito afetado pela luz natural e ainda vive em sintonia com ciclos de luz diários e sazonais, sendo mais ativo com o sol, e descansando e dormindo à noite. Efeitos da luz natural nas pessoas incluem sentir-se com energia e positividade quando está ensolarado, e sentindo preguiçoso e até depressivo quando está acinzentado e escuro. A luz também afeta a habilidade para realizar determinadas tarefas.”

Além disso, *“o emprego preferencial da luz natural permite às pessoas maior tolerância à variação do nível de iluminação.”* (LABERTS, DUTRA e PEREIRA, 1997).

Desta forma, percebe-se que a presença de luz natural em ambientes é de grande importância, se não essencial, para o conforto do usuário e sua permanência no recinto. *“O conforto também pode ser obtido por outros meios [...], mas, sempre que possível, os sistemas e as tecnologias naturais são preferíveis aos sistemas mecânicos”* (EDWARDS, 2005).

Sistemas de iluminação natural

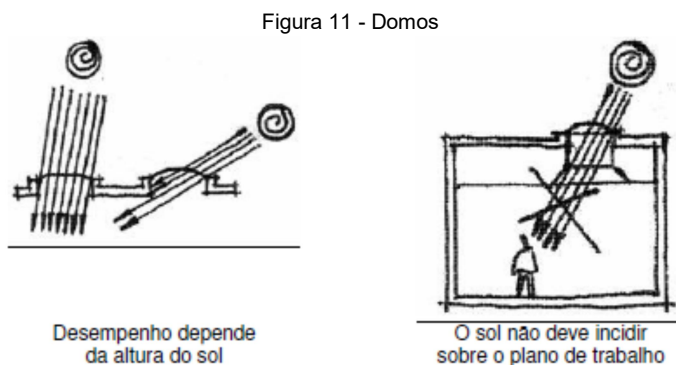
De acordo com a NBR 15215, sistemas de iluminação natural são *“componentes ou série de componentes agrupados numa edificação para a admissão da luz natural”*. Atender tanto objetivos práticos quanto das necessidades do homem, torna o projeto de iluminação natural difícil. Na primeira etapa de projeto devem ser analisadas as condições do local do projeto, desta forma o potencial de iluminação do local através da orientação solar, da reflexão da luz pela paisagem do entorno e da localização das aberturas. (ASSIS, 2011).

Os sistemas de iluminação natural pode ser classificados quanto a sua localização, zenital ou lateral, e espaços centrais compartilhados. A escolha de qual sistema será utilizado deve levar em consideração as características do edifício, a forma e a disposição dos ambientes, o tipo de tarefa visual realizada e considerações de ordem tecnológica e econômica, tais como as condições especiais de trabalho (uso de protetores para a vista), a presença de poeira, umidade ou vapores em suspensão na atmosfera, visão de objetos móveis e assim por diante.

- *Iluminação zenital*

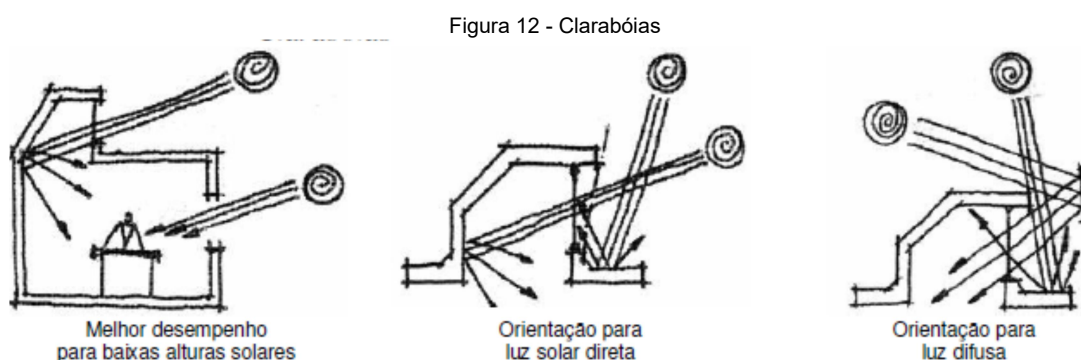
É indicada para edifícios de baixa altura e com grandes ambientes (locais profundos e grandes espaços contínuos) e oferece maior uniformidade e iluminação média sobre a área de trabalho. O problema nesse tipo de iluminação é a enorme carga térmica sobre a cobertura dos edifícios, nas regiões tropicais e subtropicais, e deve ser levada em consideração no projeto. De acordo com Assis (2011), essa iluminação pode ser feita através de domos, claraboias e lanternins. A ABILUX o elemento zenital do tipo *shed* (dente de serra).

- Domos: orientação preferencial nos quadrantes de menor trajetória do sol (S, SE, SW). De acordo com ABILUX, possui 90% de eficiência luminosa de uma superfície iluminante horizontal. Seu desempenho depende da altura do sol (Figura 11).



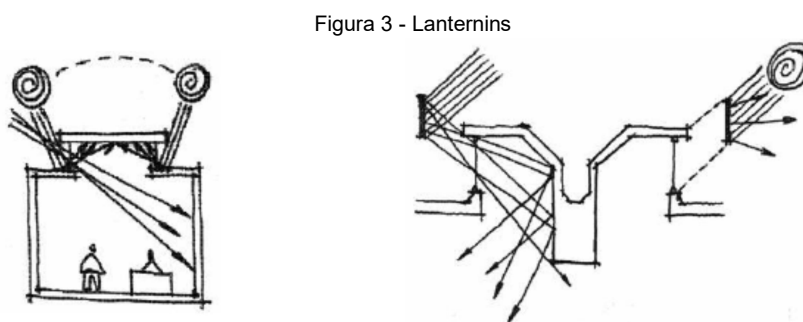
Fonte: Assis, 2011

- Claraboias: preferencial nos quadrantes de menor trajetória do sol (S, SE, SW). Tem um melhor desempenho em baixas alturas solares (Figura 12).



Fonte: Assis

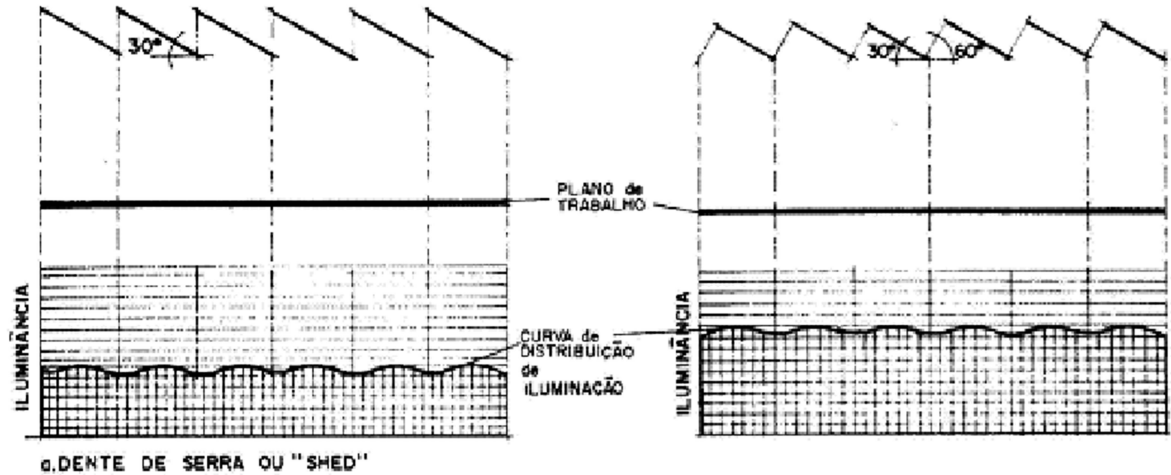
- Lanternins: fornecem orientação bidirecional a qual, dependendo de da orientação, pode ser simétrica através do dia (L – O) ou assimétrica (N – S). Apesar disso a orientação preferência é N-S e sua eficiência luminosa varia entre 50% e 75%. Ver figura 13.



Fonte: Assis, 2011

- Shed: Sua orientação preferencial é para o sul na região subtropical e dessa forma oferece iluminação difusa. Sua eficácia luminosa é de 30% de uma superfície iluminante total. Ver figura 14.

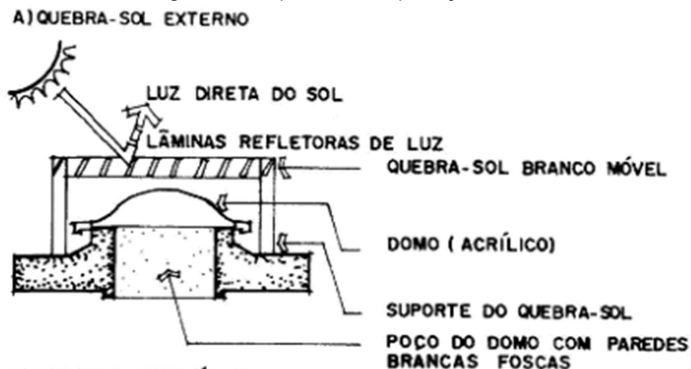
Figura 44 - Shed

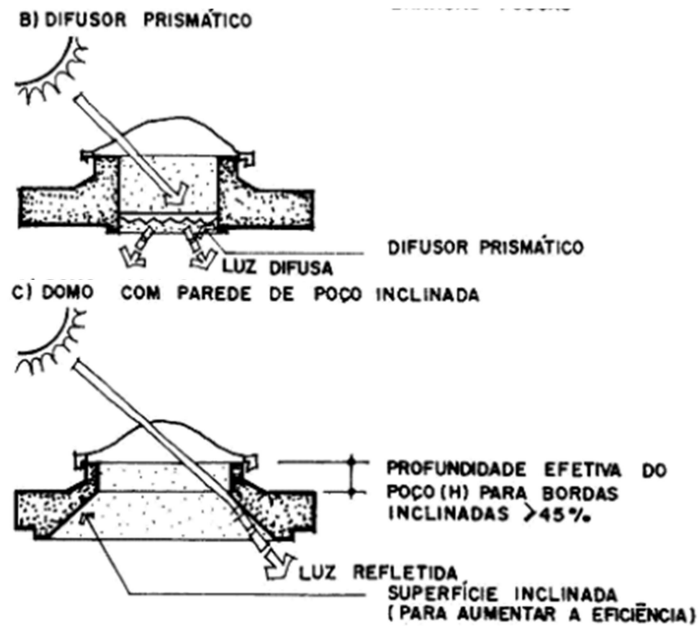


Fonte: ABILUX, 2011

A fim de minimizar os efeitos da radiação solar direta dentro dos recintos, dispositivos de proteção deverão ser projetados para evitar fenômenos como ganho de calor e ofuscamento pela iluminação solar. De acordo com ABILUX, uma das formas é colocando brises na parte externa da abertura (Figura 15a), que permite o uso da iluminação zenital sem ganhos térmicos significativos. A outra é o uso de um chanfrado na base da zenital (Figura 15b), que diminuirá o ganho de calor e ainda funciona como um prisma, aumentando a eficiência luminosa e a distribuição de luz pelo dispositivo. O uso da parede do poço (nos casos em que ele existe como, por exemplo, o domo mostrado na Figura 15c) que reflete a luz do sol, diminuindo a incidência de luz direta no recinto.

Figura 5 - Dispositivos de proteção solar





Fonte: ABILUX, 1992

Figura 66 - Exemplos de aplicação da iluminação zenital em escritórios.

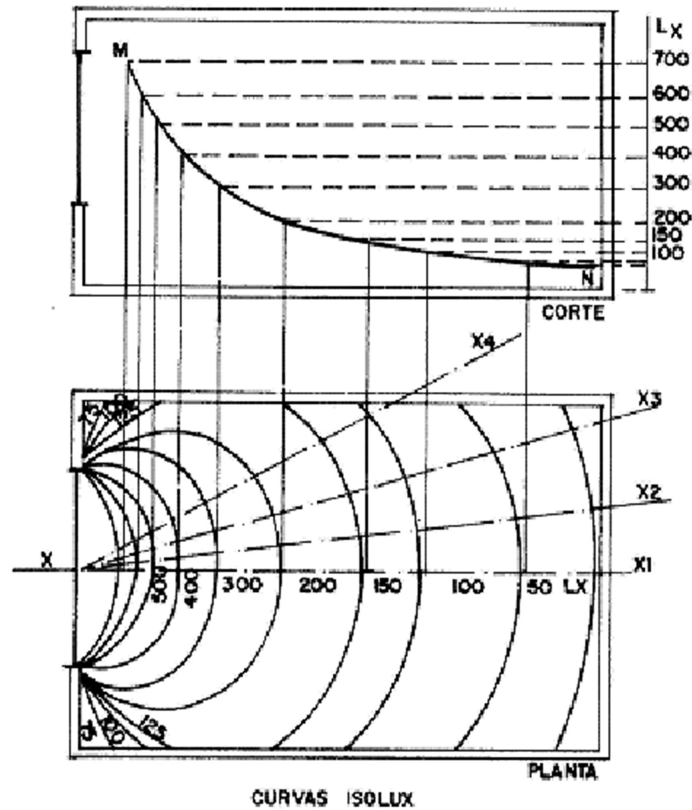


Fonte: Sunoptics, 2013

- Iluminação Lateral

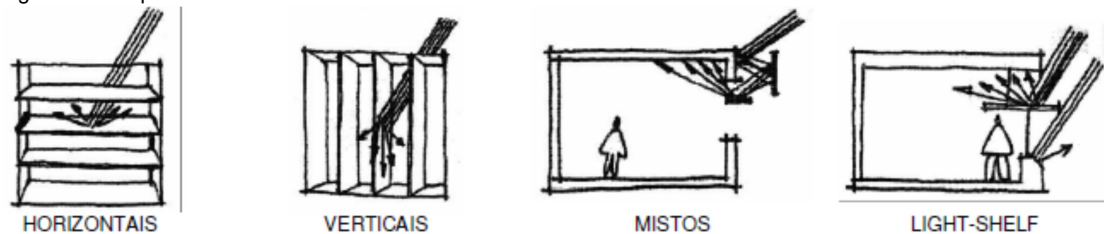
É mais adequada para tarefas visuais localizadas próximas às janelas e que precisam de uma maior iluminância para a sua execução, já que essa vai diminuindo de acordo com a profundidade do local (Figura 17). A carga termo luminosa recebida das janelas é menor que em uma iluminação zenital. “*Entretanto, esse não é desprezível.*” (ABILUX, 1992), portanto o uso de dispositivos de proteção também é necessário. De acordo com Assis (2011) “a estratégia básica para um interior confortável é redirecionar a luz para as superfícies de paredes e teto e estas, por sua vez, iluminarão os planos horizontais de trabalho.”. Se a orientação for norte ou sul, os dispositivos de proteção serão mais simples e se orientados leste ou oeste, necessitarão de algum tipo misto de proteção contra o ofuscamento e carga térmica (Figura16).

Figura 17 - Curvas isolux na iluminação lateral.



Fonte: ABILUX, 1992

Figura 78 - Dispositivos de sombra e redirecionamento da luz.



Fonte: Assis, 2011

- Espaços centrais compartilhados

“São espaços livres, abertos ou não, em torno dos quais se organizam os ambientes em edifícios grandes ou em complexos de edifícios. Os pátios e átrios são áreas centrais criadas primariamente para a fruição do exterior, embora com implicações sobre a insolação dos ambientes interiores. Os pátios de iluminação, lítrios e poços de luz evoluíram das 2 formas anteriores, desenvolvendo qualidades especiais para o controle da insolação e da reflexão da luz para maximizar a iluminação natural nos ambientes interiores de entorno.” (ASSIS, 2011)

- Pátios: os pátios de iluminação captam a luz solar para os prédios através de sua forma e da refletância das paredes.
- Átrios e Lítrios: área interna de um prédio com uma abertura zenital, geralmente fechamento translúcido. O primeiro pode ser aberto em climas quentes e funcionam

como uma área de lazer, estar ou circulação. O segundo admite luz suficiente para iluminar os espaços adjacentes.

- Poços de iluminação: aberturas verticais em um edifício com o único propósito de iluminar e ventilar.

3.2.3 Iluminação artificial

No caso da iluminação artificial, as fontes geradoras de luz passam a ser as lâmpadas. Há atualmente três grupos diferentes de lâmpadas, que são incandescentes, de descarga e LED (*lighting-emittingDiod*).

- Lâmpadas

Lâmpadas Incandescentes

Esta lâmpada (figura 19) produz luz pelo aquecimento de um filamento, geralmente de tungstênio, através de uma corrente elétrica a uma temperatura capaz de produzir uma radiação na parte visível do espectro. Sem refletor não são uma boa solução, pois apresentam baixa eficiência e, além disso, podem ter um aquecimento excessivo que pode causar a falha prematura do conjunto. No entanto, têm boa reprodução de cores e espectro com tendência à banda vermelha (Figura 20).

Figura 19 - lâmpada incandescente.



Fonte: Philips, [s.d.].b.

Figura 20 - Aplicação da lâmpada incandescente.



Fonte: Assis, 2011

Lâmpadas de descarga

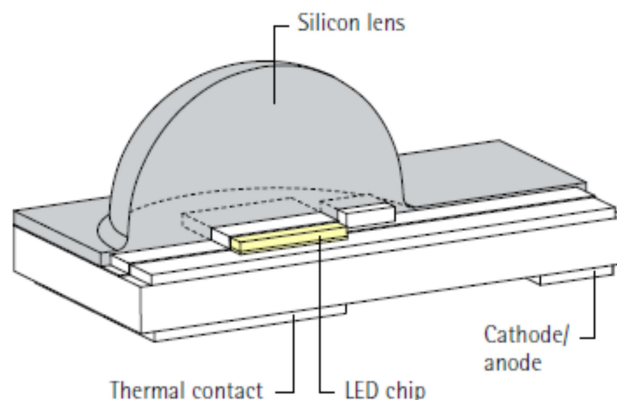
A luz dessa lâmpada é obtida através da passagem de energia elétrica por um gás ou vapor ionizado que o excita por um tubo de descarga. A lâmpada requer o uso de um reator estabilizar a corrente elétrica. De acordo com ABILUX, as lâmpadas de descarga são:

- Fluorescentes: lâmpada de descarga de baixa pressão onde a luz é predominantemente produzida por pó fluorescente ativado pela radiação ultravioleta proveniente da descarga elétrica. Sua vida útil é maior que a incandescente.
- Vapor de mercúrio de alta pressão: contém eletrodos em seu interior que no momento da ligação produzem uma luminescência, formando íons e elétrons suficientes para iniciar a descarga.
- Lâmpada mista: não usa reator, pode ser ligada diretamente na rede e substituem as lâmpadas incandescentes com mais eficiência.
- Vapor metálico: com construção similar à de mercúrio, contém aditivos metálicos para melhorar a eficiência e reprodução de cor.
- Vapor de sódio de alta pressão: possui muita eficiência luminosa e apresenta uma cor branco-amarelada.
- Vapor de sódio de baixa pressão: muito eficiente, produzindo até 200 lm/W, porém ela possui uma cor muito amarelada, distorcendo até as outras cores.

LED

Segundo ERCO ([20--?]), “os LEDs (Diodo emissor de luz) *“são semicondutores que convertem, diretamente, energia em luz via eletroluminescência”*. As características que diferem o LED das demais fontes artificiais de luz é sua rigidez, longa vida útil e alta eficiência luminosa com a utilização de pouca potência. Os LEDs brancos *“luz do dia”* são mais eficientes, enquanto que os brancos quentes têm uma melhor reprodução de cor. São facilmente dimerizáveis, podendo se associar a sistemas de controle de iluminação. Para usar todo o potencial do LED, deve haver ainda um bom mecanismo de controle térmico. A figura 21 mostra a “anatomia” do LED.

Figura 21 - "Anatomia" do LED

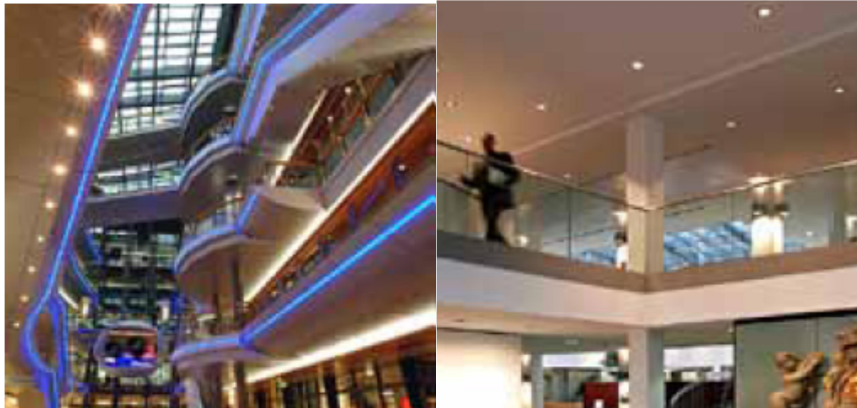


Fonte: ERCO, [20--]

O semicondutor do LED é constituído de camadas que formam uma pastilha. A primeira camada e a última camadas são um catodo ou um anodo e a luz é produzida pela camada

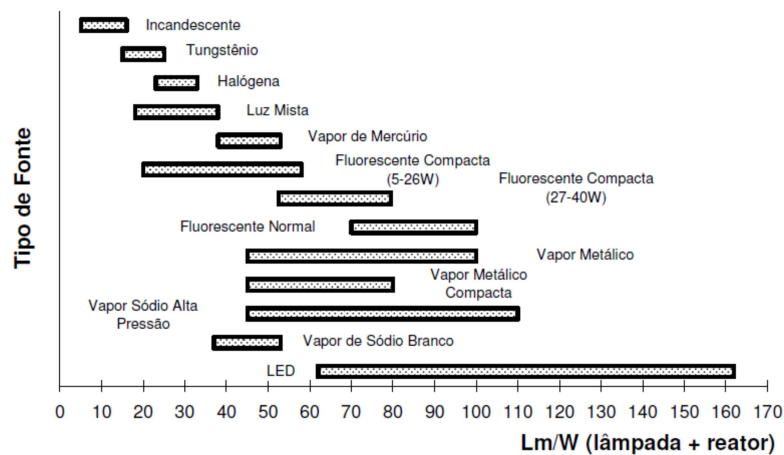
do meio. Essas serão cortadas em pastilhas menores que são o chip do LED, porém nem todas as partes dela pastilha têm a mesma eficiência. (ERCO, [20--]). A figura 22 exemplos de aplicação da tecnologia e figura 23 mostra a eficiência luminosa das fontes de luz artificial.

Figura 22 - Exemplos de aplicação da iluminação a LED



Fonte: ERCO, [20--]

Figura 23 - Eficiência luminosa das fontes de luz artificial



Fonte: Assis, 2011

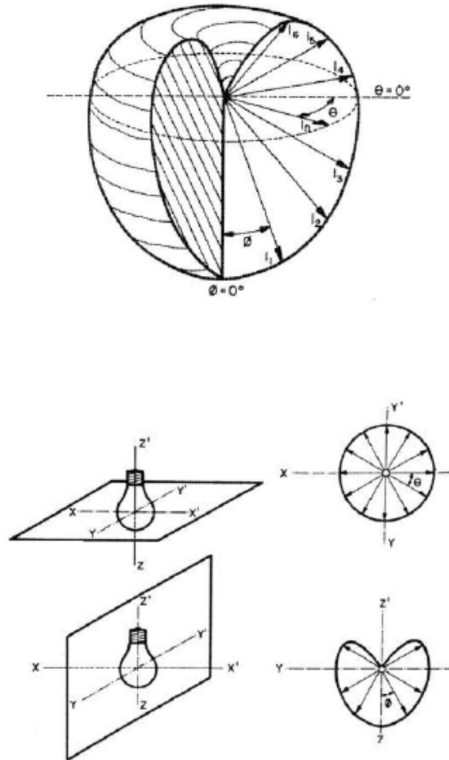
- **Luminárias**

De acordo com a ABILUX (1992), as luminárias são, por definição, “todo o aparelho capaz de distribuir, filtrar e controlar a luz gerada por uma ou mais lâmpadas que contenha todos os equipamentos e acessórios necessários para fixar, proteger e alimentar essas lâmpadas.” Existem luminárias de diversos tipos, essa extensa variedade é provocada não só pelo número e potência das lâmpadas e pelos modos de fixação, como também pela forma de controle da luz.

O rendimento das luminárias é determinado pela razão entre o fluxo luminoso fornecido pela luminária (direto e indireto) e o fluxo luminoso total emitido pelas lâmpadas contidas na mesma. Dessa forma pode-se concluir que uma luminária com maior rendimento nominal

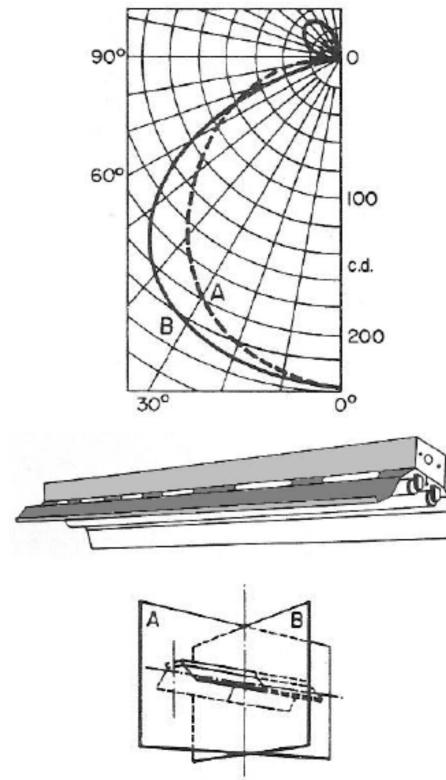
possibilite maior economia que outra com menor rendimento nominal, pois o fluxo emitido para cima também é considerado. O fluxo luminoso emitido para cima contribui de forma indireta, através da reflexão do teto, que dependendo do seu grau de reflexão pode fornecer um resultado insatisfatório. Para comparar devidamente as luminárias é necessário conhecer algumas características, curva de distribuição luminosa e Fator de Utilização.

Figura 24 - Diagrama fotométrico e curvas fotométricas (nos planos horizontal e vertical) de uma lâmpada.



Fonte: Assis (2011) apud Moreira (1987)

Figura 25 - Curva fotométrica (no plano transversal B) de um conjunto lâmpada-luminária.

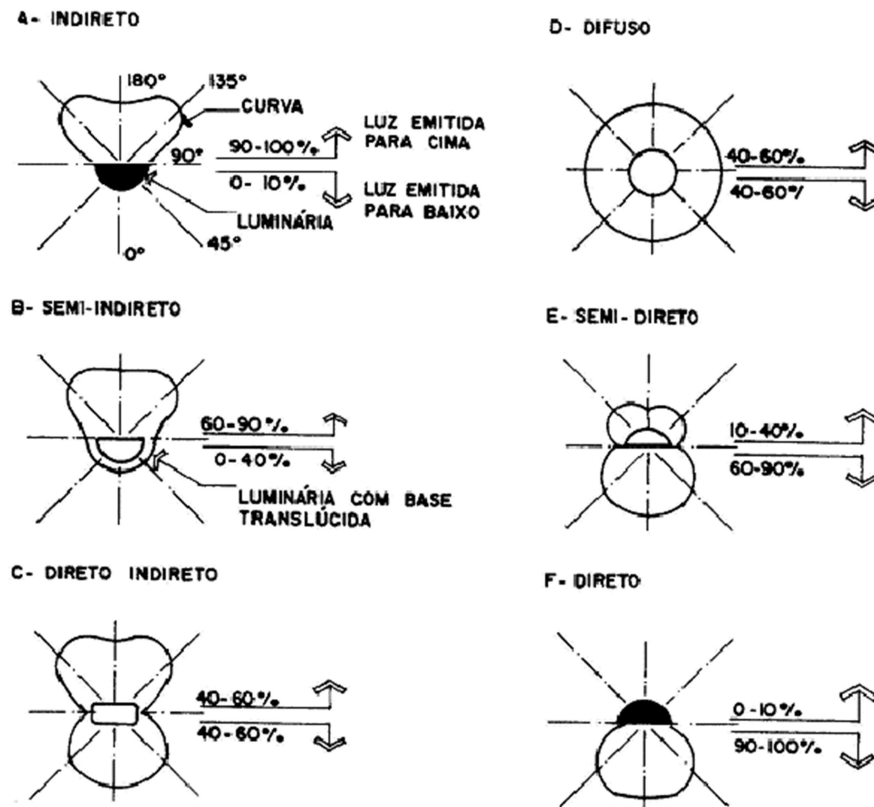


Fonte: Assis (2011) apud Moreira (1987).

- Curva de distribuição luminosa: representação das direções e respectivas intensidades luminosas proporcionadas pelo conjunto lâmpada-luminária ou só lâmpada. Normalmente representados por um diagrama polar (Figuras 24 e 25), “obtido por uma projeção da superfície fotométrica sobre um plano e que representa a variação da intensidade luminosa de uma fonte, segundo um plano horizontal ou vertical que passa por seu centro.” (ASSIS, 2011). A figura 26 mostra a classificação das luminárias segundo a CIE².

² CIE – *Commissión Internationale d’Eclairage*, Em português, Comissão Internacional de Iluminação.

Figura 26 - Classificação das luminárias conforme a CIE



Fonte: ABILUX, 1992

- Fator de utilização: “são normalmente apresentados em forma de tabelas, relacionando os diversos fatores do recinto (variando de 0,6 a 5,00. Fora desses limites a variação do fator de utilização é insignificante) com os fatores de reflexão do teto, da parede e do piso.” (ABILUX, 1992). O fator de utilização é baseado em três fatores:
 - Índice do ambiente (K): caracteriza as dimensões físicas do ambiente
 - Fatores de reflexão: são índices para os vários tipos de cor das superfícies do ambiente (piso, parede e teto). Quanto mais clara for a superfície, maior será seu índice de reflexão.
 - Curva de distribuição luminosa: Como descrito anteriormente.

Quanto ao controle da luz, Ganslady e Roffman (1992) destacam que vários fenômenos óticos podem ser utilizados com esse objetivo. Eles são a reflexão que quando é especular se torna um fator chave na construção da luminária através de refletores e superfícies especialmente desenhados para este fim; a transmissão que, de acordo com o fator de reflexão, descreve a propriedade de um material de transmitir parcialmente ou totalmente a luz por ele transmitida, esse material pode ser transparente com um componente que absorve certas regiões do espectro, mas transmite outras, e ainda materiais difusores, como

vidros ou plásticos opacos; a absorção que descreve “*como a luz incidindo em uma superfície é totalmente ou parcialmente absorvida dependendo do fator de absorção do dado material*” (GANSGLADT E ROFFMAN, 1992), nas luminárias esse material é usado como proteção da fonte de luz, que ajuda no controle de ofuscamento; a refração que acontece quando um fecho de luz passa por meios de diferentes densidades e tem sua direção mudada, nas luminárias são utilizadas lentes ou prismas em combinação com refletores para o controle da luz; e a interferência que é a intensificação ou atenuação da luz quando ondas são superpostas. Em iluminação isso ocorre quando a luz incide sobre camadas finas e uma parte dessa é refletida e a outra transmitida, um exemplo dessa aplicação é em luminárias de “*luz colorida*”, nas quais a parte transmitida corresponde ao espectro da cor desejada.

Utilizando-se desses fenômenos, alguns dispositivos são integrados às luminárias para controle da luz, com a função de minimizar os efeitos de ofuscamento e ainda orientar o fluxo luminoso na direção desejada. Eles são:

- Refletores: através do fenômeno da reflexão redistribuem o fluxo luminoso proveniente da fonte de luz;
- Refratores e lentes: utilizam-se do fenômeno da transmissão. Compostos por várias unidades prismáticas que, quando tendem ao infinito, formam uma lente;
- Difusores e colméias: reduzem o efeito de ofuscamento diminuindo a luminância da fonte de luz, através de elementos translúcidos ou foscos. “As colméias refletem, defletem ou absorvem o fluxo de luz disperso.” (ASSIS, 2011).

Iluminação artificial e conforto

Para se ter um maior nível de iluminamento em um ambiente geralmente deve-se aumentar a luminância o que pode provocar desconforto aos usuários, como ofuscamento, direto ou indireto. O ofuscamento direto ocorre pela visão da fonte de luz, que no caso é a lâmpada, pelo usuário e o indireto por reflexão na área de trabalho ou no ambiente. Uma forma de minimizar esses efeitos é utilizar nas luminárias os dispositivos citados anteriormente.

Sistemas de iluminação artificial

Os sistemas mais comuns de iluminação artificial são:

- Iluminação Geral: Sistema que proporciona uniformidade de iluminância no local. A iluminância média deve ser igual à requerida pela tarefa visual. Alto valor energético

quando a tarefa requer alta iluminância. Torna possível ver o projeto como um todo o que permite caminhar e circular por ele sem dificuldades.

- Iluminação localizada: sistema que concentra a iluminação em pequenas e determinadas áreas onde a tarefa é realizada. Utilizada para realização de tarefas bem específicas.
- Iluminação geral e localizada: sistema que combina os dois anteriores, no qual a iluminação geral complementa a localizada em áreas onde a iluminância requerida é menor. Possui alto desempenho energético e conforto luminoso-visual.

3.2.4 Iluminação Artificial e Natural

Nos anos de 1970-80 desenvolveu-se na Inglaterra no Building Research Station uma técnica de integração da iluminação artificial com a iluminação natural, a Iluminação Suplementar Permanente em Interiores IASPI, ou mais comumente utilizado a sigla em inglês, PSALI (Permanent Supplementary Artificial Lighting of Interiors). A criação dessa técnica tem por objetivo a melhoria do conforto visual e a redução dos custos da iluminação artificial durante o dia . Ela traz recomendações que obedecem a princípios básicos da relação iluminação natural e artificial.

Segundo ABILUX (1992) o princípio básico da Iluminação Suplementar obedece dois requisitos fundamentais:

- A iluminância necessária e exigida pela tarefa, na totalidade do local.
- A relação de luminância entre os locais iluminados natural ou artificialmente, ou seja, contrastes que visam a correta adaptação do olho às duas condições distintas de iluminação.

Obedecendo a esses requisitos pode-se dizer que a técnica possibilita:

- Um nível constante de iluminância suplementar
- A luz necessária para aumentar a luminosidade aparente do local até um nível tal que assegure que não há áreas escuras no ambiente, sem grande consumo de energia elétrica.
- Uma iluminância adequada que contrabalance o desconforto causado pelo céu visível através da janela.

3.2.5 Iluminação e ambiente de trabalho: Escritórios

Segundo Grandjean (1984) *apud* Pais (2011) “o trabalho de escritório dispõe de uma grande variabilidade de tarefas: visualização de documentos, leitura de textos, comunicação com os

colegas, trabalho em computador e outras, ao longo do dia de trabalho. Esta variabilidade de tarefas diminui a ocorrência de situações de desconforto”.

Essa variabilidade diminui com o emprego cada vez maior do computador nos locais de trabalho. Isso acarreta em uma mudança organizacional na área de trabalho e conseqüentemente ambiental (Pais, 2011).

No entanto, segundo Voordt e Maarleveld (2006), na última década houve um crescimento no interesse pelo desenvolvimento de novos conceitos de escritórios, que correspondem melhor às mudanças no ambiente de trabalho tais como organizacionais, novas formas de trabalho e a necessidade de um uso mais eficiente do espaço do escritório. Há um crescimento evidente de um tipo de escritório, o flexível, baseado nas funções e dos processos no trabalho, ao invés de estações de trabalho individuais. Dessa forma pretende-se facilitar mudanças organizacionais, melhorar a satisfação do usuário e a produtividade, pois assim há uma melhor comunicação e cooperação entre os colegas de trabalho, criando um sentimento de equipe.

A concepção iluminação de escritórios deve atentar-se a esses aspectos acima para que o conforto do usuário não seja prejudicado. A Legislação define qual é a iluminância mínima para que haja conforto visual do usuário. No Brasil, a NBR 5413 – Iluminância de interiores de Abril de 2002 estabelece as iluminâncias mínimas, médias e máximas para iluminação artificial de interiores, inclusive de escritórios. De acordo com a norma, a iluminância mínima para área de trabalho em um escritório é de 500 lx.

O uso dos computadores mudou a área de trabalho antes no plano horizontal para o vertical. Isso implica que a iluminação antes apropriada para tarefas relacionadas ao papel, podem não ser adequadas à tela do computador, onde muitas vezes há ofuscamento devido ao reflexo da fonte de luz no monitor (MCCOY, 2002).

A iluminação inadequada ou imprópria em um escritório pode resultar em sombras ou ofuscamento. As pesquisas realizadas pelo BOSTI³ indicaram que quase metade dos empregados que tiveram problemas com a iluminação foi por causa do excesso. E embora a proximidade com as janelas esteja relacionada com o ofuscamento, muitos usuários relataram que sentem que seus locais de trabalhos são escuros se não pode vê-las dos mesmos. (MCCOY, 2002).

³Buffalo Organization for Social and Technological Innovation. Organizou uma extensa pesquisa sobre os locais de trabalho como ambiente físico. Foram analisadas mais de 80 diferentes organizações, em que mais de 13.000 funcionários foram entrevistados para obter dados sobre a influencia do ambiente físico na satisfação e na performance do usuário.

As alegações de que a qualidade ou a quantidade da iluminação podem provocar mudanças de humor e comportamento ainda não são bem embasadas, mas de acordo com Campbell e Dawson (1990) *apud* McCoy (2002) estudos sobre níveis de luz indicam que o aumento desses aumenta, também, a sensação de desperto, sugerindo maior vigilância para trabalhadores de turno. Quando escritórios estão mais escuros, trabalhadores tendem a sair quando eles têm chance, na hora do almoço, intervalos, e assim por diante (OLDHAM & FRIED, 1987 *apud* MCCOY, 2002).

3.3 Sistemas de iluminação analisados pelo RTQ-C

3.3.1 O RTQ-C

O Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) apresenta os procedimentos a serem adotados para atingir um nível de eficiência energética mais elevado em edificações comerciais, de Serviços e Públicas. De acordo com a portaria nº 372 de 17 de Setembro de 2010, a definição de edifícios comerciais, de serviços e públicas é:

“Edifícios públicos e/ou privados usados com finalidade que não a residencial ou industrial. São considerados comerciais, de serviços e públicos: escolas; instituições ou associações de diversos tipos, incluindo prática de esportes; tratamento de saúde de animais ou humanos, tais como hospitais, postos de saúde e clínicas; vendas de mercadorias em geral; prestação de serviços; bancos; diversão; preparação e venda de alimentos; escritórios e edifícios empresariais, de uso de entidades, instituições ou organizações públicas municipais, estaduais e federais, incluindo sedes de empresas ou indústrias, desde que não haja a atividade de produção nesta última meios de hospedagem. As atividades listadas nesta definição não excluem outras não listadas.”

O procedimento de etiquetagem do RTQ-C do PROCEL pode ser realizado para edificação em projeto ou construída, e através de dois métodos: o prescritivo e por simulação. (Portaria n.º 372, de 17 de setembro de 2010)

O RTQ-C define a uma classificação dos edifícios através da determinação da eficiência de três sistemas: Envoltória, Iluminação e Condicionamento de ar. A edificação pode receber a etiqueta global, para a qual são avaliados pré-requisitos gerais e na avaliação de etiquetas dos sistemas parciais aos quais são atribuídos pesos para a avaliação global: envoltória 30%, iluminação 30% e sistema de condicionamento de ar 40%. Estes itens, mais bonificações (podem ser somados até 1 ponto relativo a medidas de racionalização de energia), serão reunidos em uma equação geral de classificação do nível de eficiência energética, que ainda será condicionado ao atendimento de pré-requisitos gerais e específicos.

Os níveis de eficiência para todos os sistemas variam de A (mais eficiente) a B (menos eficiente).

“Parcelas de edifícios, com área mínima de 500 m² e/ou com tensão de abastecimento superior ou igual a 2,3 kV, podem também ter o sistema de iluminação e o sistema de condicionamento de ar avaliados, porem separadamente, recebendo uma classificação parcial do nível de eficiência referente a cada um destes itens.” (INMETRO,2010).

A edificação também pode ser avaliada apenas em relação aos sistemas parciais, mas nesses casos ressalta-se que a avaliação da envoltória é obrigatória entre esses sistemas para aquisição da etiqueta parcial, ou seja, podem ser obtidas as etiqueta parciais para a envoltória, para envoltória e iluminação, ou para envoltória e sistema de condicionamento de ar. No caso do método prescritivo os sistemas parciais são analisados em relação aos pré-requisitos específicos e o procedimento para determinação da eficiência do sistema em avaliação segundo as variáveis relativas ao tema.

3.3.2 A etiqueta parcial dos sistemas de iluminação

No caso específico do sistema de iluminação, são analisados os pré-requisitos específicos e a densidade de potência instalada:

3.3.2.1 Pré-requisitos específicos do sistema de iluminação

Os pré-requisitos específicos compreendem os critérios de controle do sistema de iluminação, de acordo com o nível de eficiência pretendido:

a) Divisão dos circuitos:

“Cada ambiente fechado por paredes ou divisórias até o teto deve possuir pelo menos um dispositivo de controle manual para o acionamento independente da iluminação interna do ambiente. Cada controle manual deve ser facilmente acessível e localizado de tal forma que seja possível ver todo o sistema de iluminação que está sendo controlado. Caso não seja possível visualizar todo o ambiente iluminado, é necessário informar ao usuário, através de uma representação gráfica da sala, qual a área abrangida pelo controle manual. Por questões de segurança, ambientes de uso público poderão ter o controle manual em local de acesso a funcionários.

Para ambientes maiores do que 250 m², cada dispositivo de controle instalado deve controlar: uma área de até 250 m² para ambientes até 1000 m²; uma área de até 1000 m² para ambientes maiores do que 1000 m²”.

b) contribuição da luz natural:

“Ambientes com abertura(s) voltada(s) para o ambiente externo ou para átrio não coberto ou de cobertura translúcida e que contenham mais de uma fileira de luminárias paralelas à(s) abertura(s) devem possuir um controle instalado, manual ou automático, para o acionamento independente da fileira de luminárias mais próxima à abertura, de forma a propiciar o aproveitamento da luz natural disponível”.

c) desligamento automático do sistema:

“O sistema de iluminação interna de ambientes maiores que 250 m² deverá possuir um dispositivo de controle automático para desligamento da iluminação. Este dispositivo de controle automático deve funcionar de acordo com uma das seguintes opções:

- um sistema automático com desligamento da iluminação em um horário pré-determinado. Deverá existir uma programação independente para um limite de área de até 2500 m²; ou*
- um sensor de presença que desligue a iluminação 30 minutos após a saída de todos ocupantes; ou*
- um sinal de um outro controle ou sistema de alarme que indique que a área está desocupada.*

Exceções:

- ambientes que devem propositadamente funcionar durante 24 h;*
- ambientes onde existe tratamento ou repouso de pacientes;*
- ambientes onde o desligamento automático da iluminação pode comprovadamente oferecer riscos à integridade física dos usuários”.*

Para obter a classificação “A” devem ser atendidos os três pré-requisitos, para classificação “B” os dois primeiros, e para classificação “C” apenas o primeiro.

3.3.2.2 Procedimento para determinação da eficiência do sistema de iluminação

O procedimento descrito no RTQ-C *“estabelece o limite de potência de iluminação interna para os espaços internos dos edifícios. Os níveis de eficiência para a potência de iluminação variam de A (mais eficiente) a E (menos eficiente)”*. São excluídos desse cálculo os sistemas complementares e com controle independente conforme situações previstas no RTQ-C.

Cabe ressaltar que a edificação em análise foi avaliada pelo procedimento do RTQ-C na sua edição de 2009, para o qual o método de avaliação previsto era o Método de cálculo da densidade de potência de iluminação.

Método de cálculo da densidade de potência de iluminação (2009):

Neste método era determinado o índice de ambiente de cada ambiente da edificação, a partir de equações para determinação do índice K (índice do ambiente), no qual eram considerados: as dimensões do ambiente (comprimento, largura, áreas das superfícies) e alturas: do ambiente, do plano de trabalho, das luminárias, e altura útil. Também eram avaliadas a densidade de potência instalada relativa (DPI_R⁴) e o próprio projeto luminotécnico em relação ao nível de iluminância de projeto para cada ambiente pela NBR 5413⁵, vida útil e nível de iluminância ao final da vida útil, potência do conjunto lâmpada/luminária/reator. A classificação para o ambiente se dava em função do limite

⁴ Densidade de Potência de Iluminação Relativa [(W/m²)/100lux]: para cada 100 lux produzidos pelo sistema de iluminação artificial para uma iluminância medida no plano de trabalho.

⁵ A NBR5413 foi substituída pela NBR/ISO 8995 em 2013.

máximo aceitável de densidade de potência de iluminação relativa limite (DPI_{RL}^6) para o nível de eficiência pretendido, comparando a densidade de potência instalada relativa (DPI_{RL}) com a densidade de potência relativa final (DPI_{RF}^7), sendo que o DPI_{RF} deve ser menor que DPI_{RL} .

Em 2010, o RTQ-C passou por revisão, e em função da experiência de aplicação do regulamento no mercado e em edificação variadas, observou-se a limitação de alguns critérios de análise originalmente proposto: no caso da avaliação do sistema de iluminação observou-se que essas limitações eram relativas à dinâmica em prática projetual do mercado, bem como a grande quantidade de informações requeridas, nem sempre possíveis de serem obtidas, principalmente indisponibilidade de dados pelos fabricantes de lâmpadas e luminárias. Para possibilitar a efetiva implantação do RTQ-C e facilitar a aplicação foi proposta uma alteração do método de avaliação do sistema de iluminação, baseando-o no método de avaliação utilizado pela ASHRAE. Nesse procedimento é avaliada a densidade de potência máxima instalada por atividade ou uso da edificação (W/m^2), com maior facilidade e rapidez de aplicação do método, e reduzindo a possibilidade de superdimensionamento do sistema. Na revisão do RTQ-C em 2010, os métodos para avaliação do sistema de iluminação são:

- método da área do edifício:

“O método da área do edifício avalia de forma conjunta todos os ambientes do edifício e atribui um único valor limite para a avaliação do sistema de iluminação. Este método deve ser utilizado para edifícios com até três atividades principais, ou para atividades que ocupem mais de 30% da área do edifício”.

- método das atividades do edifício:

“O método das atividades do edifício avalia separadamente os ambientes do edifício e deve ser utilizado para edifícios em que o método anterior não é aplicável”.

Caso a edificação em análise passasse por nova análise e reclassificação pelo novo método atualmente vigente, a classificação do sistema de iluminação teria uma melhora significativa.

3.3.3. Outros aspectos relativos à iluminação no RTQ-C

A iluminação também consta dos pré-requisitos gerais: “possuir circuito elétrico separado por uso final: iluminação, sistema de condicionamento de ar, e outros; ou possuir instalado equipamento que possibilite medição por uso final”; e nas bonificações em relação à

⁶ Densidade de Potência de Iluminação Relativa Limite [$(W/m^2)/100lux$]: limite máximo aceitável de DPI_R .

⁷ Densidade de Potência de Iluminação Relativa Final [$(W/m^2)/100lux$]: DPI_R obtida após o projeto luminotécnico, no final da vida útil do sistema de iluminação, que corresponde a um período de 24 meses.

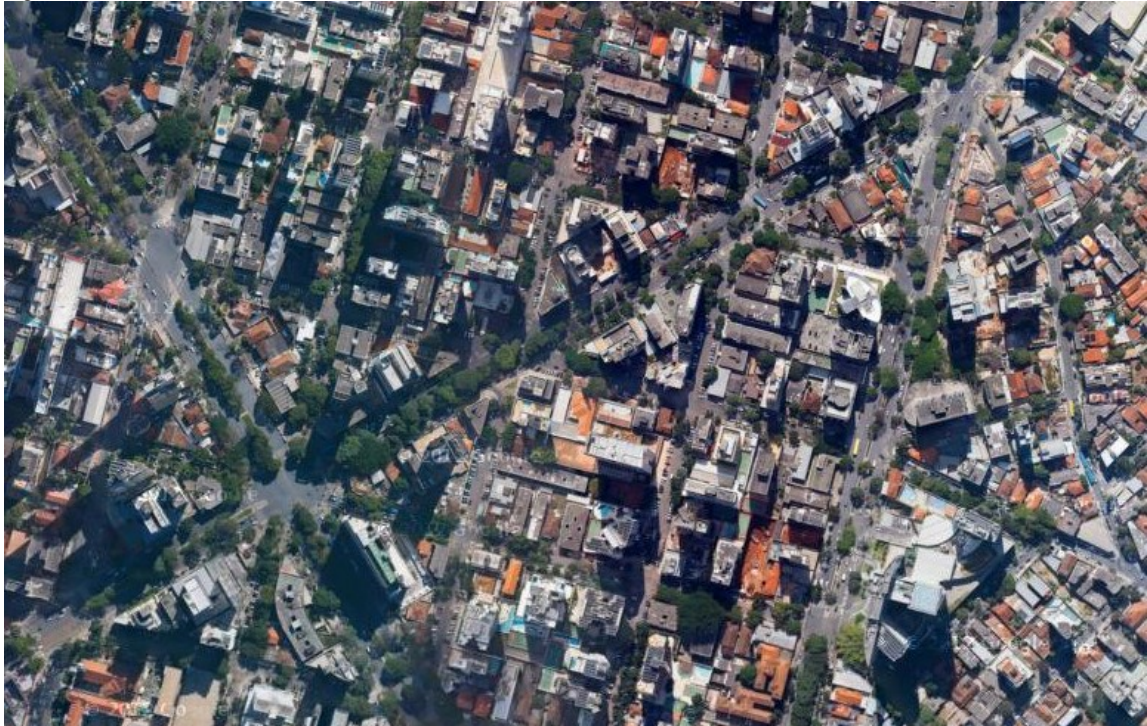
valorização da contribuição da iluminação natural: “sistemas de cogeração e inovações técnicas ou de sistemas, tais como iluminação natural, que comprovadamente aumentem a eficiência energética da edificação, proporcionando uma economia mínima de 30% do consumo anual de energia elétrica”.

4 MATERIAIS E MÉTODO - ESTUDO DE CASO: EDIFÍCIO DA FIEMG

4.1. Descrição do local

A cidade de Belo Horizonte, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) está localizada ao sudoeste do centro geográfico do Estado de Minas Gerais, delimitada pelas coordenadas 19°46'35" e 20°03'34" de latitude sul e 44°03'47" de longitude oeste. Sua extensão territorial é de 331,18 km², população 2.375.151 habitantes (2010), densidade demográfica 7.167,02 hab/km² e ainda altitude média de 875m.

Figura 27 - Vista do terreno



Fonte: imagem do google earth

Tabela 1 – Valores das variáveis para a cidade de Belo Horizonte durante o ano

Cidade:	Belo Horizonte	Altitude:	850 m										
Latitude:	19,56° Sul	Longitude:	43,56° Oeste										
VARIÁVEIS		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
T (°C)	MÁX. MÉD. (Tx)	28,2	28,8	28,6	27,5	26,0	25,0	24,6	26,5	27,2	27,7	27,5	27,3
	MÉDIA COMP. (Tc)	22,8	23,2	23,0	21,1	19,8	18,5	18,1	19,0	21,0	21,9	22,2	22,2
	MÍN. MÉD. (Tn)	18,8	19,0	18,8	17,3	15,0	13,4	13,1	14,4	16,2	17,5	18,2	18,4
UR(%)	MÉDIA (UR)	79,0	75,1	74,7	73,9	72,5	71,4	68,7	64,5	65,1	69,8	74,1	78,0
P (hPa)	MÉDIA (Patm)	915,5	916,0	916,2	917,2	918,7	920,2	921,1	919,9	918,5	916,6	915,3	915,0
Chuva (mm)	MÉDIA	296,3	188,4	163,5	61,2	27,8	14,1	15,7	13,7	40,5	123,1	227,6	319,4

Obs.: Considerar velocidade média do vento $v = 1,5$ m/s, direção predominante E.

De acordo com De Marco (2012) clima da cidade é classificado, segundo a classificação de Köppen, como Cwa (tropical de altitude), com verões quentes e chuvosos e invernos bem

marcados com temperaturas brandas. A tabela abaixo mostra as Normais Climatológicas para a cidade de Belo Horizonte durante o ano.

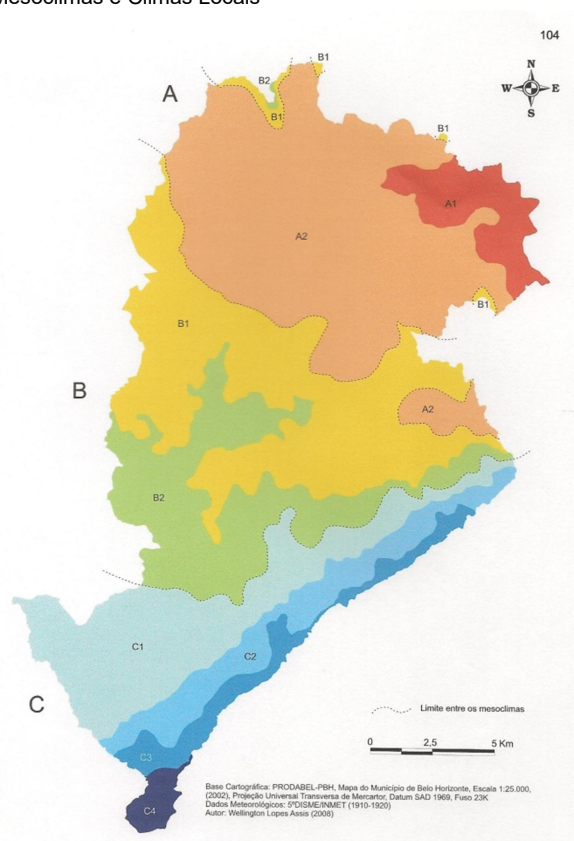
Como bem explica De Marco (2012), em função das mudanças climáticas ocorridas nos últimos tempos, a classificação de copem para Belo Horizonte precisou ser revisada. Segundo essa nova classificação, o município apresenta duas grandes unidades de Climas Locais: Clima Tropical de Altitude da Depressão de Belo Horizonte e Clima Tropical de Altitude das Serras do Quadrilátero Ferrífero (Figura 28) subdivididos em seus mesoclimas e Climas Locais (Figura 29).

Figura 8 - Unidades Climáticas de Belo Horizonte - Mesoclimas



Fonte: Assis *apud* De Marco, 2013

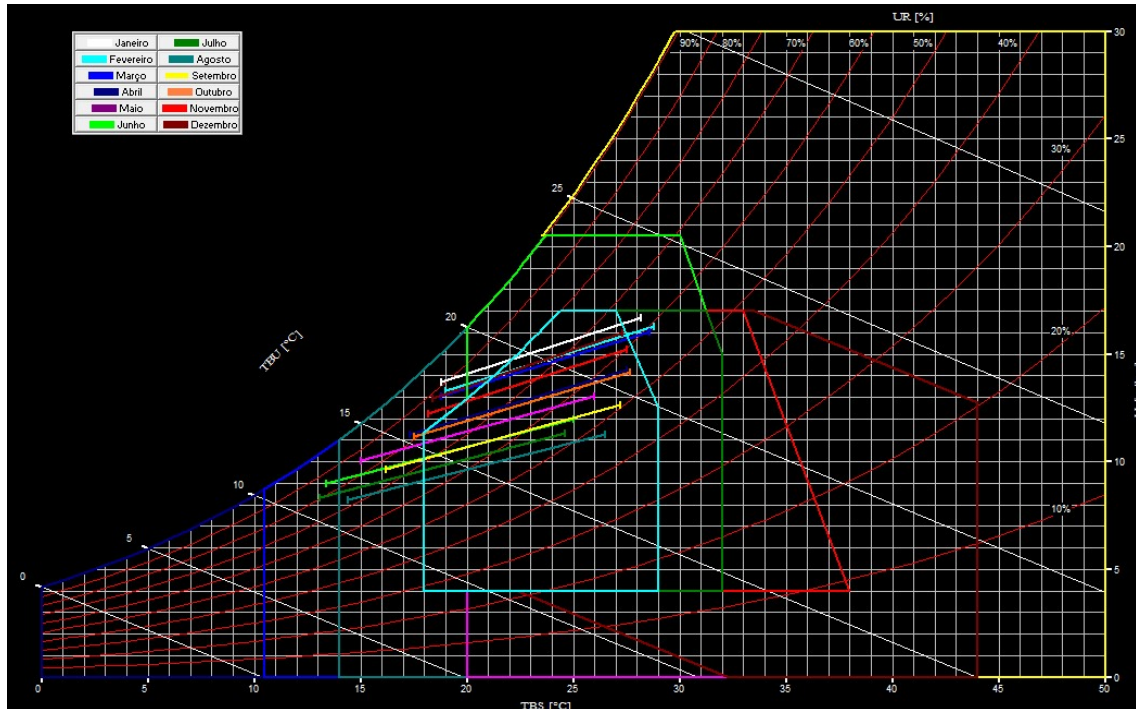
Figura 29 - Unidades Climáticas de Belo Horizonte – Mesoclimas e Climas Locais



Fonte: Assis *apud* De Marco, 2013

Para análise das condições climáticas da cidade de Belo Horizonte pode-se tomar como base, segundo recomendado por Assis (2011) os dados do Índice de conforto térmico utilizado para a cidade de Belo Horizonte, o Diagrama Bioclimático de Givoni (Gráfico 2) – índice que melhor se adequa as características bioclimáticas da cidade, e as Tabelas de Mahoney aplicadas aos dados de Belo Horizonte.

Gráfico 2 - Dados climáticos da cidade de Belo Horizonte plotados no Diagrama Bioclimático de Belo Horizonte de acordo com os meses do ano.



Fonte: Assis *apud* De Marco, 2013

Através do cruzamento dos dados dessas duas ferramentas, Assis (2011) obtém um quadro com as recomendações arquitetônicas para a cidade de Belo Horizonte que são:

- Planta de situação – Construções orientadas segundo eixo longitudinal leste-oeste, a fim de diminuir a exposição ao sol;
- Espaçamento entre construções – grandes espaçamentos para favorecer a penetração do vento, mas com proteção contra vento quente ou frio;
- Circulação de ar – Construções com orientação simples, aberturas que permitem circulação de ar permanente;
- Dimensões das aberturas – Médias: 25 a 40% da superfície das paredes.
- Posição das aberturas – Aberturas nas paredes norte e sul, à altura do corpo humano, do lado exposto ao vento;
- Proteção das aberturas – proteger da insolação direta e da chuva;
- Paredes e pisos – Construções maciças, tempo de transmissão térmica superior a 8 horas;
- Cobertura – Leve e bem isolada

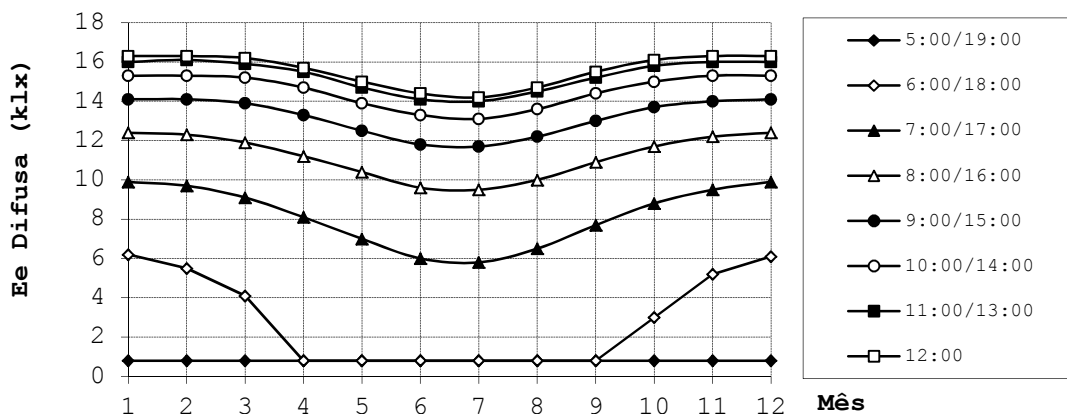
Neste estudo monográfico as recomendações que influenciaram e servirão de base para a análise dos resultados do estudo de caso são as dimensões, a posição e a proteção das aberturas, pois se referem diretamente às condições lumínicas ideais ao ambiente. A primeira e a segunda se referem à quantidade de luz natural que deve penetrar na edificação para maior conforto do usuário durante a execução das tarefas. A terceira refere-

se à entrada da luz direta do sol no recinto, que pode causar desconforto e ofuscamento durante a execução das tarefas.

Deve-se também considerar a luz difusa disponível no local onde a edificação está implantada para análise da qualidade da iluminação natural na mesma. As Figuras XX a XX mostram gráficos gerados através do software DLN, versão 2.06, para dias luminosos típicos mensais DLT em Dezembro (DLT = 12/12), segundo Scarazzato (1995) *apud* Souza⁸. Foram escolhidos os dados deste mês, porque as medições no local do estudo de caso foram feitas no verão, durante o mês de fevereiro, mesma estação do ano dos dados apresentados a seguir.

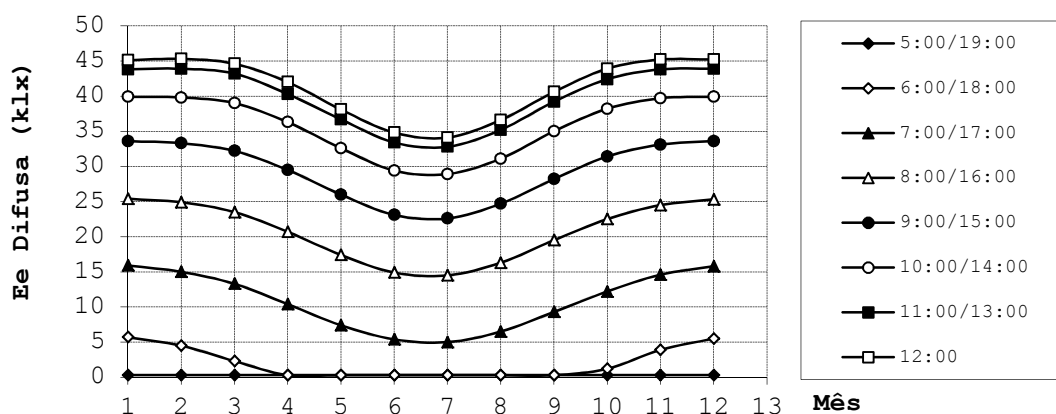
- Gráficos de iluminância difusa sobre plano horizontal (luz do céu) - Belo Horizonte

Gráfico 3 – Céu Claro ($N \leq 2,0$)



Fonte: SCARAZZATO (1995) *apud* SOUZA, R.V.G. Apostila de aula.

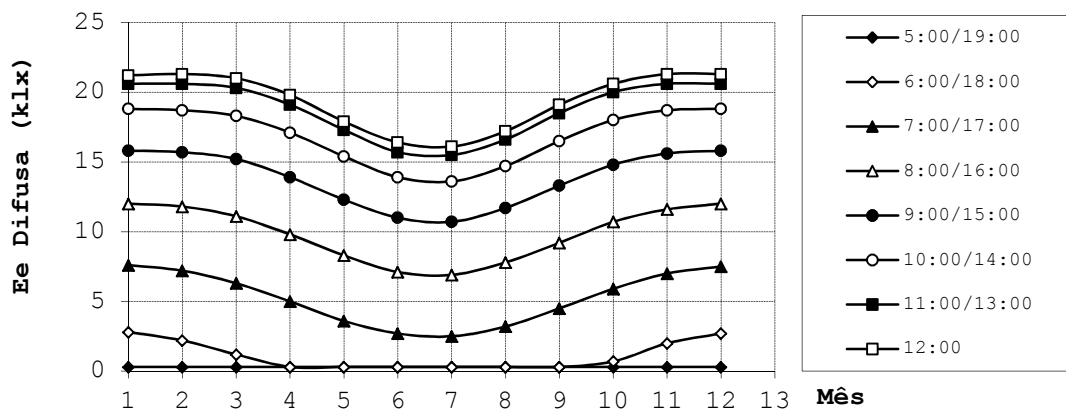
Gráfico 4 - Céu Parcialmente Encoberto ($2,1 \leq N \leq 7,0$)



Fonte: SCARAZZATO (1995) *apud* SOUZA, R.V.G. Apostila de aula.

⁸ SOUZA, R.V.G. Apostila de aula.

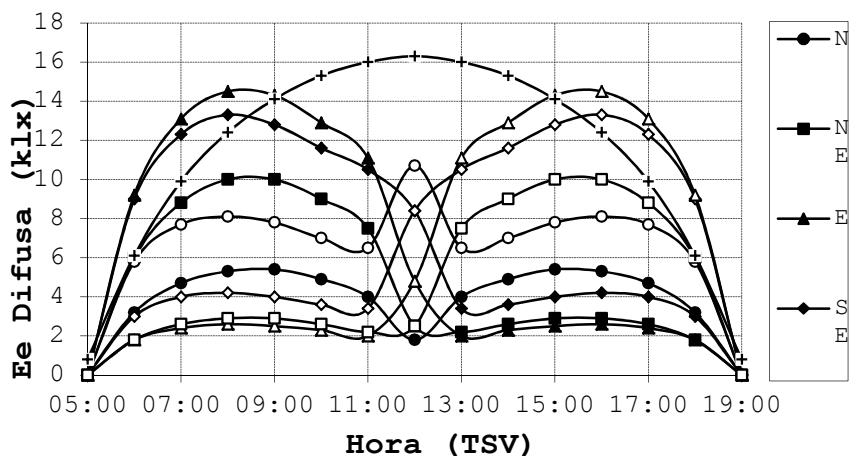
Gráfico 5 – Céu Encoberto ($7,1 \leq N \leq 10,0$)



Fonte: SCARAZZATO (1995) *apud* SOUZA, R.V.G. Apostila de aula

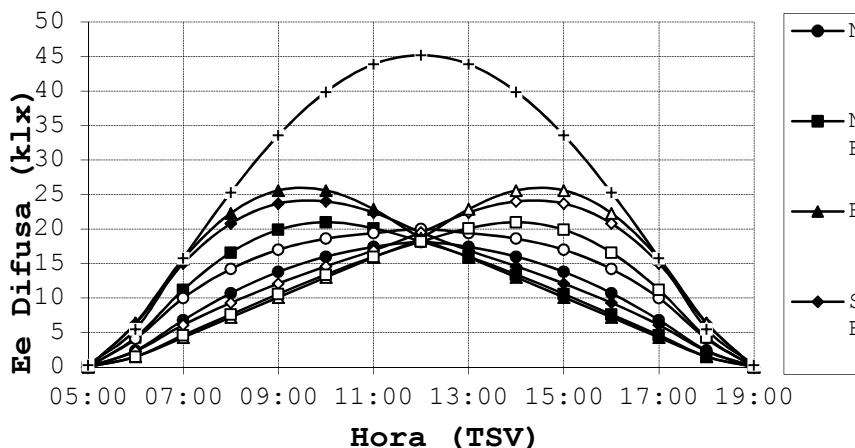
- Iluminância difusa horária (luz do céu) de Belo Horizonte para dezembro – plano horizontal e planos verticais.

Gráfico 6 - Condição de Céu Claro ($N \leq 2$)



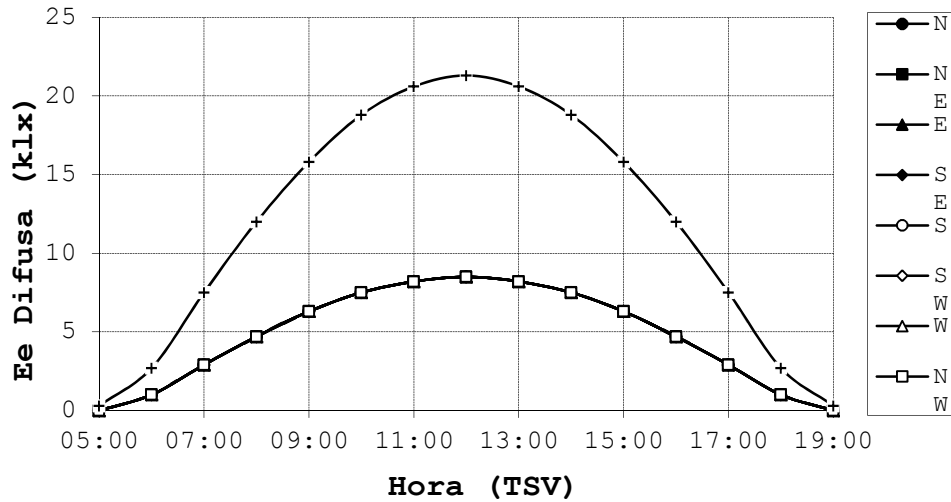
Fonte: SCARAZZATO (1995) *apud* SOUZA, R.V.G. Apostila de aula.

Gráfico 7 - Condição de Céu Parcialmente Encoberto ($2,1 \leq N \leq 7,0$)



Fonte: SCARAZZATO (1995) *apud* SOUZA, R.V.G. Apostila de aula.

Gráfico 8 - Condição de Céu Encoberto ($7,1 \leq N \leq 10,0$)

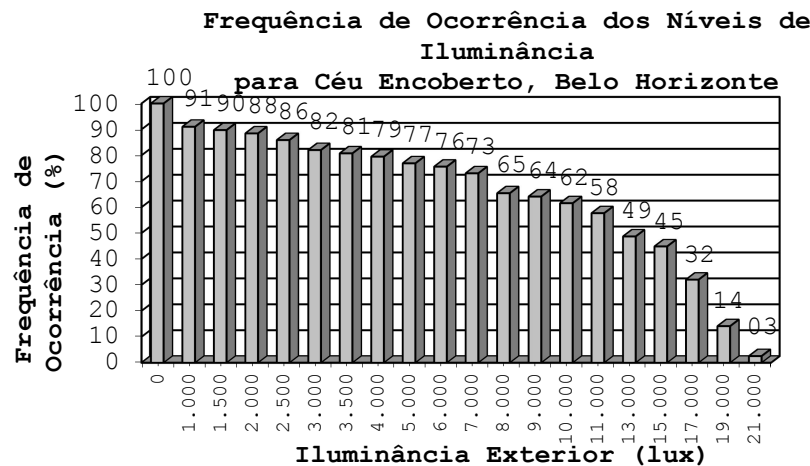


Fonte: SCARAZZATO (1995) *apud* SOUZA, R.V.G. Apostila de aula.

Alucci *apud* Assis (2011) desenvolve um procedimento para a estimativa de disponibilidade de luz natural em um local, para determinar a frequência dos níveis de iluminamento externo que ocorrem nele ao longo do ano. Através da análise estatística de uma série longa de dados de iluminância externa da abóboda celeste, pode-se obter a iluminância de maior probabilidade, segundo uma determinada ocorrência. Dessa forma fica determinada a iluminância do “céu de projeto” para uma dada localidade que, segundo Koenigsberger *et al* (1977) *apud* Souza corresponde “a um nível de iluminamento exterior (Ee) que é ultrapassado em 85% a 90% do tempo de luz solar”. Para Belo Horizonte essas estimativas foram feitas por Assis (2000) *apud* Souza para as condições de céu encoberto e céu parcialmente encoberto, através da geração dados pelo software DLN versão 2.06, para dias luminosos típicos mensais (DLT) - ver figuras XX a XX.

- Gráficos de “Céu de Projeto” para Belo Horizonte

Gráfico 9 – Frequencia de ocorrência de níveis típicos de Iluminância para o céu encoberto para a cidade de Belo Horizonte.



Fonte: Assis, 2000 *apud* Souza R.V.G. Apostila de aula.

Gráfico 10 – Gráfico de Eficiência X FLD para céu encoberto para a cidade de Belo Horizonte

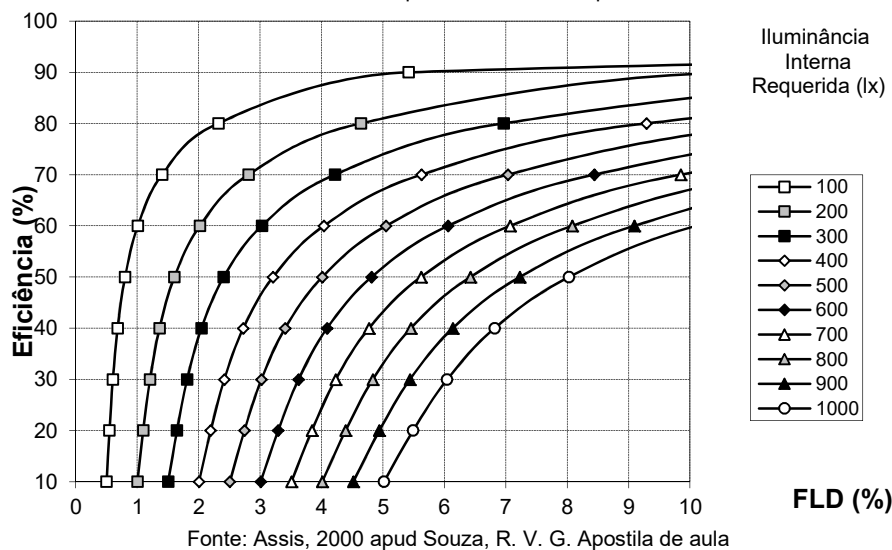


Gráfico 11 – Frequência de ocorrência de níveis típicos de iluminância para céu parcialmente encoberto, cidade de Belo Horizonte

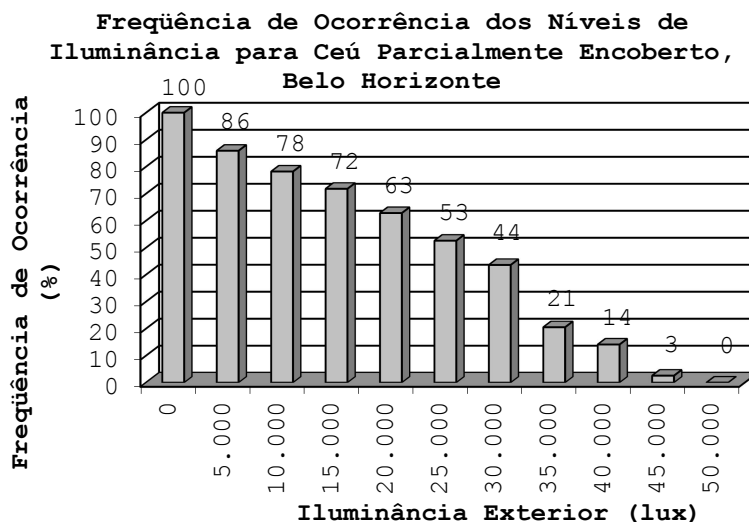
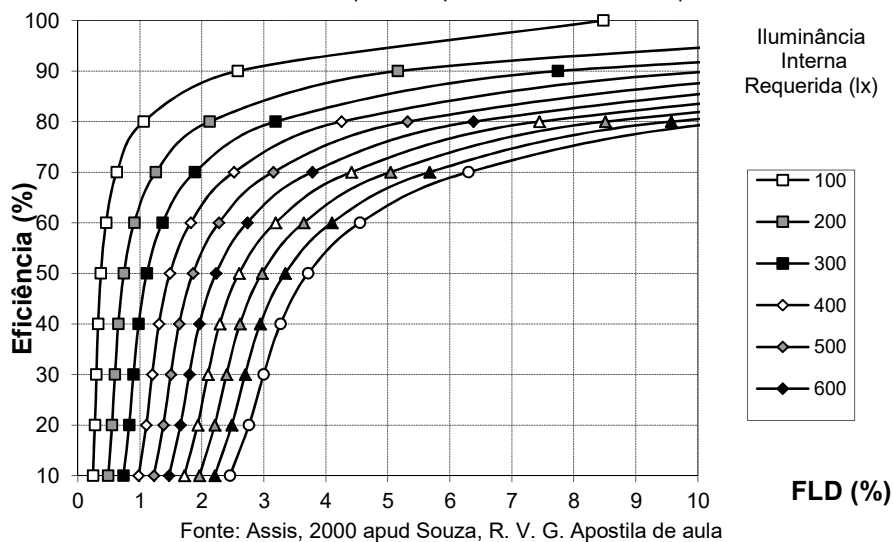


Gráfico 12 – Gráfico de Eficiência x FLD para céu parcialmente encoberto, para cidade Belo Horizonte



A análise desses aspectos nos fornece a disponibilidade de luz natural no local onde o edifício em estudo foi implantado, a cidade de Belo Horizonte, aspecto que influencia diretamente na análise da iluminação natural desse. Verificar-se-á se as condições de céu foram analisadas antes do projeto e como isso influencia os usuários do edifício.

4.2. Descrição da Edificação

Figura 30 – Foto Edifício Robson Braga de Andrade, sede da FIEMG.



Fonte: Alisson J. Silva,
<http://www.sinpapel.com.br/Noticias/noticias2738.html>

O Edifício Robson Braga de Andrade (Figura 30), sede da FIEMG (Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais), localiza-se à Avenida do Contorno, número 4456, bairro Funcionários, no município de Belo Horizonte, Minas Gerais. O projeto do empreendimento é de autoria da MF Camargos e a execução ficou a cargo da Construtora Diniz Camargos.

O prédio é composto de um subsolo, um pavimento térreo, dois pavimentos de garagem, um pavimento de restaurante, um pavimento em pilotis com auditório e onze pavimentos tipo que abrigam os escritórios. A área útil do edifício é de 5950,45 m², área permeável de 551,02 m² (jardins no pilotis) e área de captação de água em coberturas de 1048,98 m² (coberturas cimentadas).

As fachadas são formadas por grandes panos de vidro (Figura 31). Estes são laminados na cor azul, com fator solar igual a 0,45, o que impede o ganho de calor, sem impedir a entrada de luz natural. Há ainda persianas com lâminas horizontais (Figura 32) para controle manual dos usuários.

Figura 31 – Fachada frontal do edifício.



Fonte:

<http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1027851&page=8>

Figura 32 – Pavimento tipo, ao fundo persianas fechadas e abertas.



Fonte: Acervo pessoal

O projeto luminotécnico foi otimizado na busca de uma solução mais eficiente. Segundo esse critério, foram escolhidas lâmpadas, reatores e luminárias mais adequados à cada situação.

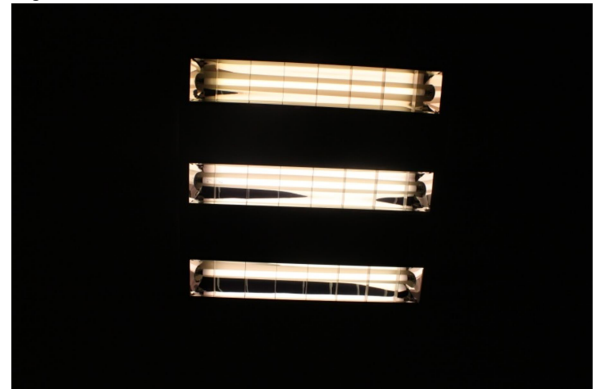
A maior parte dos ambientes de escritório é iluminada por luminárias de 3 lâmpadas fluorescentes T5 de 14W. Nos escritórios, as luminárias possuem alhetas para evitar ofuscamento, distribuindo melhor a luz. Além disso, em alguns lugares, como no auditório, foram feitas instalações com LEDs.

Figura 33 – Lâmpadas utilizadas.



Fonte: Acervo pessoal

Figura 34 – Luminárias com alhetas.



Fonte: Acervo pessoal

No subsolo há um domo de acrílico da Alumecryl que auxilia na iluminação natural do primeiro pavimento de garagens abaixo destes.

O pavimento tipo (do 7º ao 14º andar) tem pé-direito é de 3,17 metros, piso elevado 16 centímetros da laje inferior e forro de gesso, pintado de branco, a 54 centímetros da laje superior. As paredes são brancas e os postos de trabalho, divisórias da estação de trabalho

e mesas, são de cor marfim (Ver figuras 35 e 36). As aberturas de vidro têm altura de 1,38 metros e peitoril de 1,10 metros, e se estendem por toda a extensão das fachadas. Sendo assim a área de trabalho recebe luz solar diversas partes do dia. As principais fachadas que fornecem luz ao ambiente são a frontal e a posterior, de orientação nordeste e sudoeste respectivamente, já que as extremidades laterais na planta do edifício foram destinadas às instalações sanitárias.

Figura 35 – Cores Internas 7º Pavimento, pavimento tipo



Fonte: Acervo pessoal

Figura 36 - Cores Internas 7º Pavimento, pavimento tipo



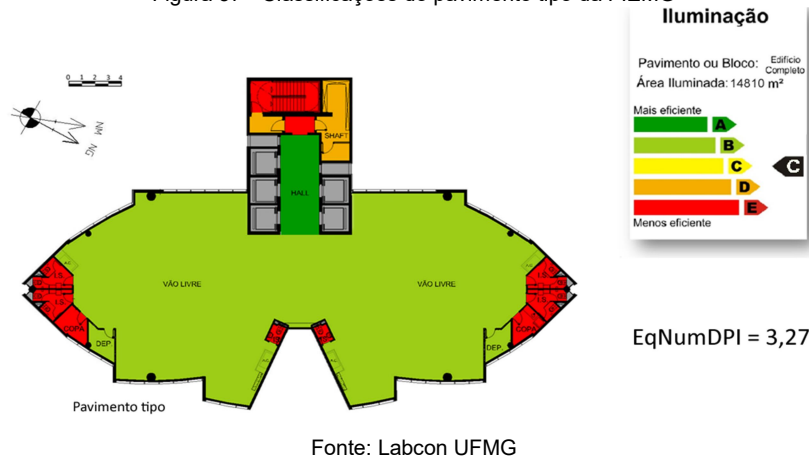
Fonte: Acervo pessoal

Com relação especificamente ao sistema de iluminação, o projeto considerou ainda:

- Níveis de iluminância requeridos pela NBR 5413 para atividade de escritório (500lux), bem como os níveis calculados de projeto, de início e final de vida útil;
- A divisão de circuitos, como controle manual (interruptores), e controles diferenciados nas fileiras próximas as janelas para assegurar a contribuição da luz natural;
- A área do pavimento $\leq 1000,00$ m² foi dividida em áreas de até 250,00 m²;
- O desligamento automático do sistema de iluminação;
- Cores claras para paredes, tetos e mobiliário dos ambientes de trabalho ($\rho_{med}=0,75$);

Como resultado da avaliação obteve para os ambientes de permanência prolongada as classificações de “A” e “B”, os ambientes de circulação e depósitos “C” e “D”, e apenas os sanitários foram classificados como “E” (ver Figura 37).

Figura 37 - Classificações do pavimento tipo da FIEMG



Para avaliar as condições de iluminação do local foram utilizados os seguinte parâmetros:

- Medições in loco

A iluminância foi medida com um luxímetro Minipa MLM1010 com o sensor posicionado na altura do posto de trabalho dos usuários do local, nos dias 20 e 23 de fevereiro às 07:30 horas. As medições foram feitas nas seguintes condições

- Em uso: de acordo com as condições que usuários utilizavam os sistemas de iluminação, algumas luzes apagadas outras acesas.
- Luzes artificiais apagadas: com as persianas abertas e as luzes artificiais apagadas para medição da influência da luz natural no ambiente.

Na análise do sistema de iluminação foram comparados os dados de classificação *RTQ-C* com as observações e medições realizadas in loco, em relação ao atendimento aos pré-requisitos gerais e específicos do sistema de iluminação, e em relação aos níveis de iluminância de projeto e os dados medidos. Foi constatado que estão de acordo.

- Questionários de avaliação do comportamento do usuário

Foi entregue para cada usuário um questionário, apresentado no item 4.2, totalizando 52 questionários respondidos. Nesse foram avaliados os seguintes itens: Dados do usuário, dados do ambiente de trabalho, dados do posto de trabalho, opinião sobre a iluminação natural e a artificial e sobre a tarefa executada.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

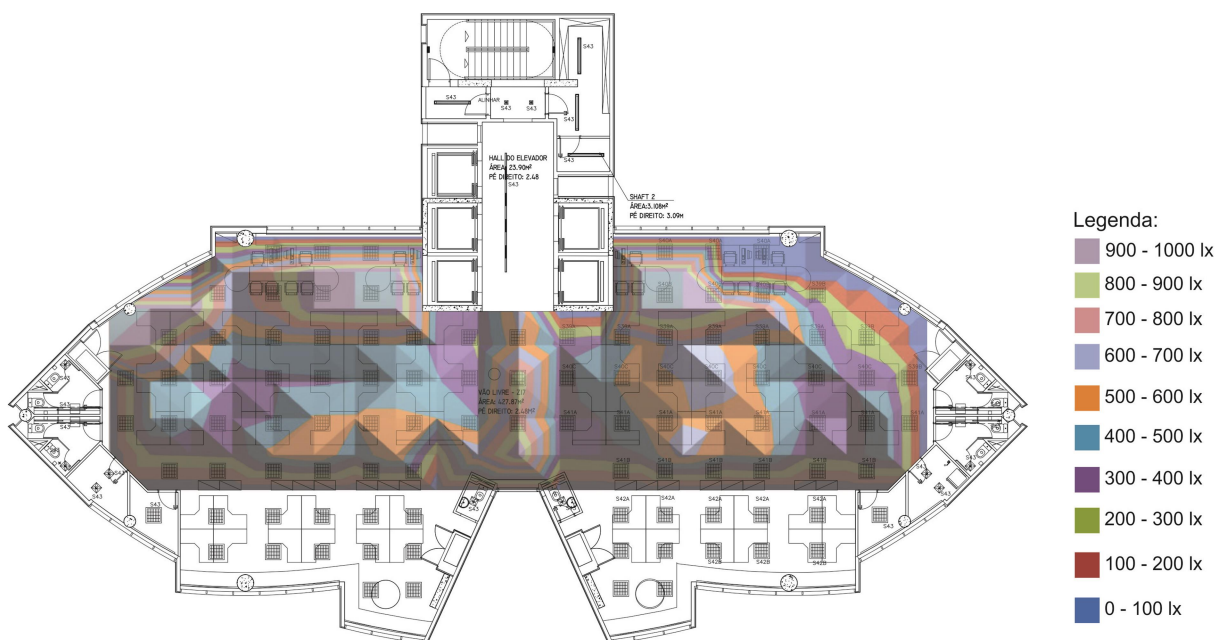
Os resultados consideraram os aspectos quantitativos apresentando os níveis de iluminância do ambiente nas condições previamente descritas, e aspectos qualitativos em relação à percepção do usuário, analisados a partir dos resultados dos questionários e observações no local.

5.1 Medição dos níveis de iluminância

Os resultados obtidos revelaram que para as medições realizadas nas condições de uso, a parte das persianas fechadas e luzes acesas (figura 38), os níveis de iluminância (figura 39) estão de acordo com as necessidades das atividades realizadas, bem como sua distribuição no ambiente através do uso dos sistemas de iluminação artificial. A pequena variação nos valores se dá em função do *lay-out* e localização das luminárias, ou seja, se o plano de trabalho onde foi posicionado o sensor estava sob a luminária.

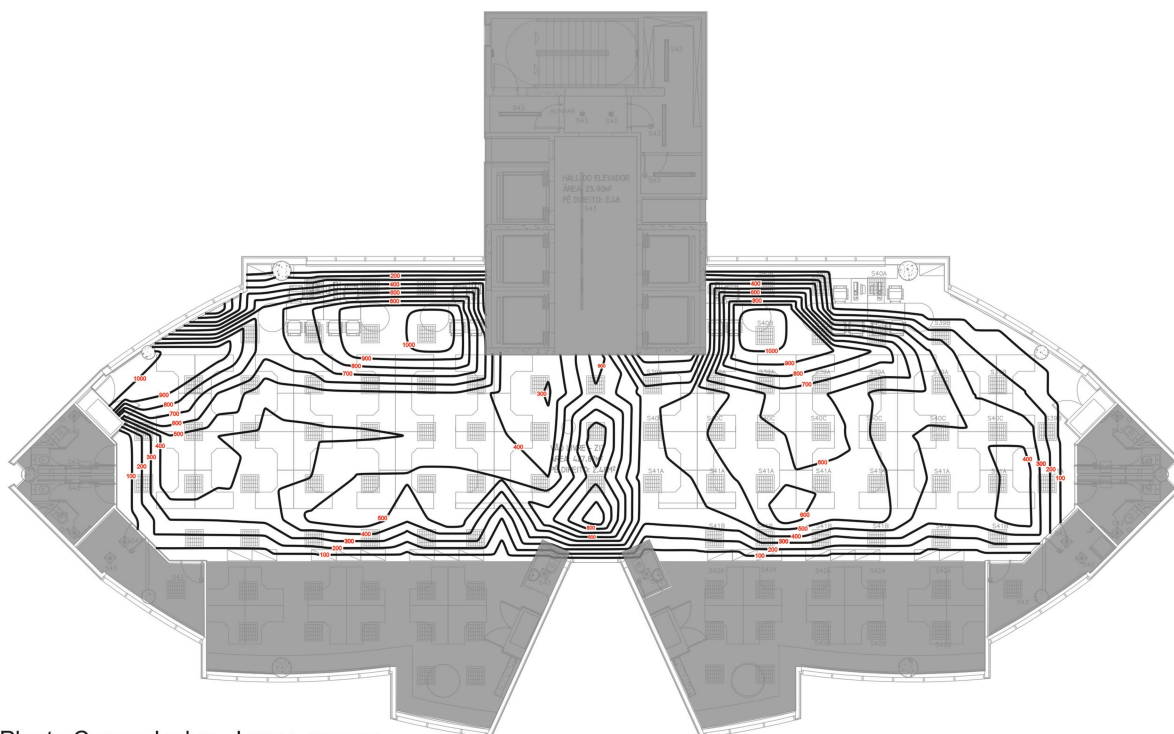
Na figura, próximo a janela com as persianas abertas se tem os maiores valores registrados (máx. de 4000lux). Os menores valores se concentram no corredor próximo a caixa de elevadores, e à direita, próximo aos banheiros e armários (80 lux).

Figura 38 – Manchas de Isolux – Iluminância em uso: Iluminação natural e iluminação artificial acesa (sem escala).



Planta Manchas Isolux - Luzes acesas
Esc.: 1/200

Figura 39 – Curvas Isolux – Iluminância em uso: Iluminação natural e iluminação artificial acesa (sem escala)

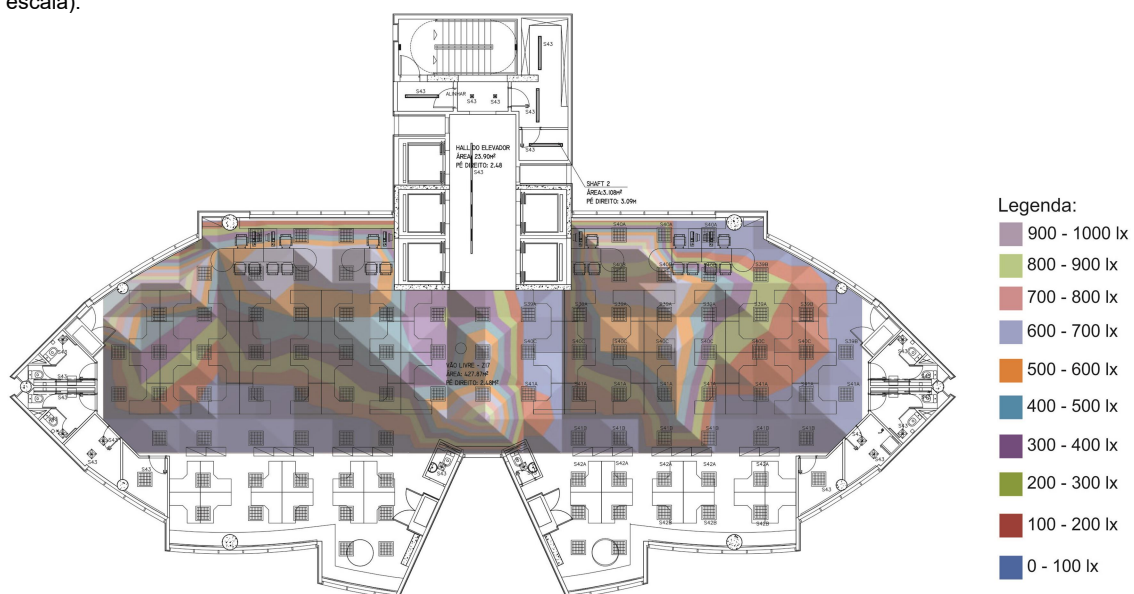


Planta Curvas Isolux - Luzes acesas
Esc.: 1/200

No entanto, quando se observa o resultado considerando todas as cortinas fechadas e luzes acesas, o resultado releva que as fileiras posicionadas na face oeste registram baixos valores de iluminância, principalmente na zona à esquerda. Esse resultado mostra um quadro instantâneo, pois as condições ambientais em que foram realizadas essas medições ocorreram numa manhã (a fachada é oeste), e os valores de 50lux estão próximos a caixa dos elevadores, o que contribuiu para barrar a luminosidade que ainda penetra no ambiente, pois a persiana admite alguma passagem de luz.

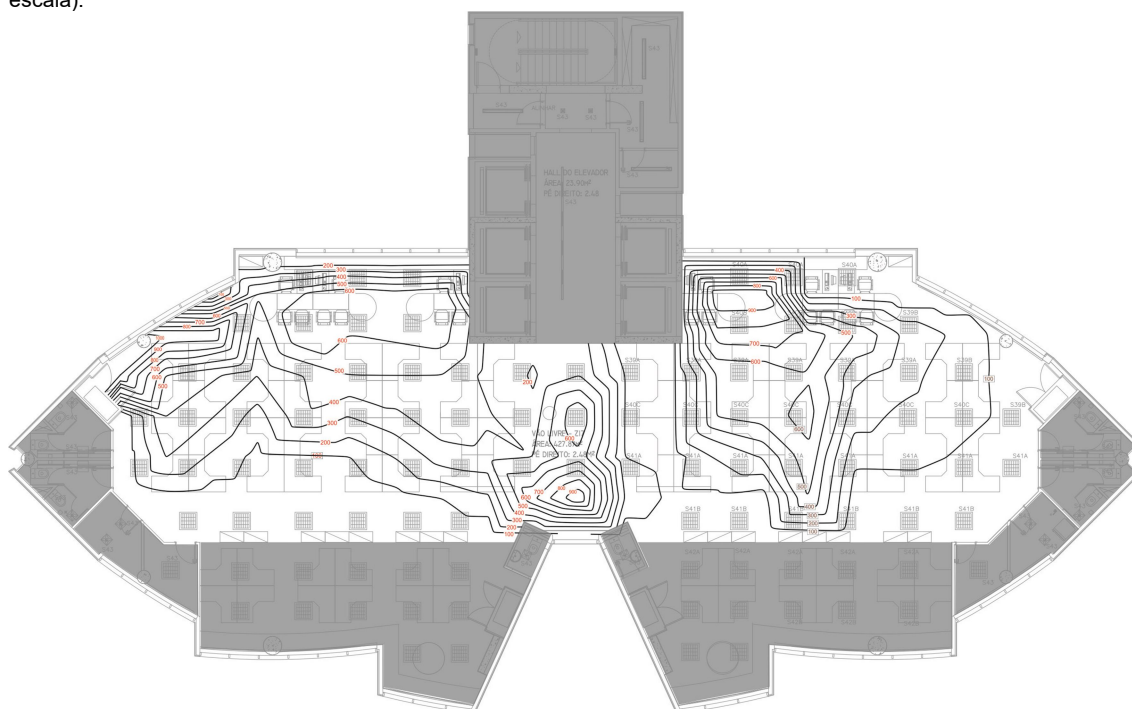
A contribuição da luz natural é significativa, mesmo com parte das persianas fechadas, assim como percebe-se uma significativa influência da forma e autosombreamento do edifício na distribuição da luz natural.

Figura 40 – Manchas de Isolux – Iluminância com apenas iluminação natural e iluminação artificial apagada (fora de escala).



Planta Manchas Isolux - Luzes apagadas
Esc.: 1/200

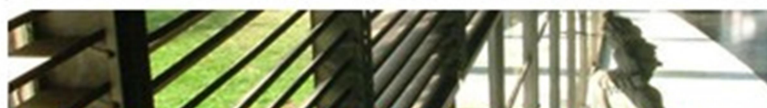
Figura 41 – Curvas de Isolux – Iluminância com apenas iluminação natural e iluminação artificial apagada (fora de escala).



Planta Curvas Isolux - Luzes apagadas
Esc.: 1/200

5.2 Questionário

O questionário desenvolvido para análise do comportamento do usuário traz uma identificação do usuário, do ambiente e posto de trabalho, e das condições de iluminação percebidas pelos usuários.



Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética em Edificações

Escola de Arquitetura – UFMG, Rua Paraíba, 697, Sala 124, Funcionários, BH-MG, CEP: 30130-140.
 ✆ + 55 31 3409-8825 🌐 <http://www.arquitetura.ufmg.br/labcon/> ✉ labcon.ufmg@gmail.com

O presente questionário é um instrumento de levantamento de informações que tem como finalidade o desenvolvimento de um trabalho de investigação sobre as condições de iluminação, após medidas de eficiência energética para etiquetagem PROCEL pelo LABCON - Universidade Federal de Minas Gerais.

1. USUÁRIO

Idade: menos de 20 () 21 a 30 () 31 a 40 () 41 a 60 () mais de 60 ()
 Sexo: Masculino () Feminino ()
 Turno de trabalho: Diurno () Noturno () Outro () Especificar: _____
 Utiliza óculos/lente: Não () Apenas para ler () Sempre ()

2. AMBIENTE DE TRABALHO

Quantidade das janelas nesta sala Ótima () Boa () Regular () Ruim () Insatisfatória ()
 Distribuição das janelas nesta sala Ótima () Boa () Regular () Ruim () Insatisfatória ()
 Os vidros das janelas apresentam alguma coloração? Não () Sim ()
 Se sim, você observa alterações da cor da luz natural neste recinto? Perceptível () Pouco perceptível () não percebe ()
 Se perceptível, qual a cor observada? Levemente azulada () Levemente esverdeada () Outra (). Qual? _____
 Há persianas ou cortinas na sala? Não () Sim () Não notei ()
 Você tem controle sobre esse dispositivo? Não () As vezes () Sim ()
 Com que frequência controla o dispositivo? Sempre () Quase Sempre () Regularmente () Raramente () Nunca ()
 Motivo: Calor () Excesso luz () Sol direto () Outro () Qual? _____

3. POSTO DE TRABALHO

Localização do posto de trabalho em relação à janela: Próximo () Média distância () Longe ()
 No seu posto de trabalho há: Luz homogênea () Luz não homogênea () Brilhos de reflexos () Sombras ()
 No entorno do seu posto de trabalho há: Luz homogênea () Luz não homogênea () Brilhos de reflexos () Sombras ()
 Identifica reflexos nas superfícies? Não () Sim ()
 Se sim, em quais superfícies? Tela do computador () Teclado do computador () Mesa () Outra ()
 As cores da sua mesa facilitam a leitura? Não () Sim ()
 As cores do ambiente de trabalho são: Desagradáveis () Pouco agradáveis () Neutras () Agradáveis () Muito agradáveis ()

4. ILUMINAÇÃO NATURAL

Você gosta de trabalhar sob a luz natural difusa? Não () Às vezes () Sim ()
 Você percebe a variação da luz natural durante o dia? Não () Às vezes () Sim ()
 A quantidade de luz natural disponível no seu posto de trabalho é: Insuficiente () Suficiente () Excessiva ()
 A iluminação natural neste ambiente é: Ótima () Boa () Regular () Ruim () Insatisfatória ()
 Você consegue desenvolver com facilidade as suas atividades apenas com a luz natural? Não () Às vezes () Sim () Não sei ()
 Na presença da luz natural, o sol incide diretamente sobre o seu posto de trabalho? Não () Às vezes () Sim () Não notei ()
 Na presença da luz natural, o sol incide diretamente em partes do seu setor? Não () Às vezes () Sim () Não notei ()

5. ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

A quantidade de luz artificial disponível no seu posto de trabalho é: Insuficiente () Suficiente () Excessiva ()
 A iluminação artificial neste ambiente é: Ótima () Boa () Regular () Ruim () Insatisfatória ()
 Com que frequência é necessário utilizar a iluminação artificial neste ambiente? Sempre () Quase Sempre () Regularmente () Raramente () Nunca ()
 Durante quanto tempo a luz artificial permanece ligada? Dia inteiro () Apenas de manhã () Apenas à tarde () Final da tarde ()
 Tem o hábito de desligar a luz artificial durante o dia? Não () Às vezes () Sim ()
 Há interruptores, sensores e/ou dimers para a luz artificial? Não () Sim () Sensores () Dimers () Interruptores ()
 Os interruptores são acessíveis? Não () Sim () Não sei ()
 Há troca de lâmpadas quando necessário? Não () Sim () Não sei ()
 As lâmpadas e luminárias são limpas? Não () Sim () Não sei ()
 Se sim, com que frequência? Sempre () Quase Sempre () Regularmente () Raramente () Nunca ()

6. TAREFA

Considera que a nível visual, as tarefas desempenhadas são: Não exigentes () Pouco exigentes () Exigentes () Muito exigentes ()
 Você utiliza luminária de mesa nesse ambiente? Não () Às vezes () Sim ()
 Em relação às condições de iluminação, sente-se irritado(a) nesse local? Não () Às vezes () Sim ()
 Em relação às condições de iluminação, você tem dificuldade de concentração? Não () Às vezes () Sim ()

5.2.1 Dados do usuário

Foram coletados dados para caracterização do usuário do ambiente em estudo, como idade, sexo, turno de trabalho, e a necessidade de uso de óculos ou lente de contato. Os resultados obtidos em questionário são apresentados a seguir:

Gráfico 13 – Idade dos Usuários (em anos)

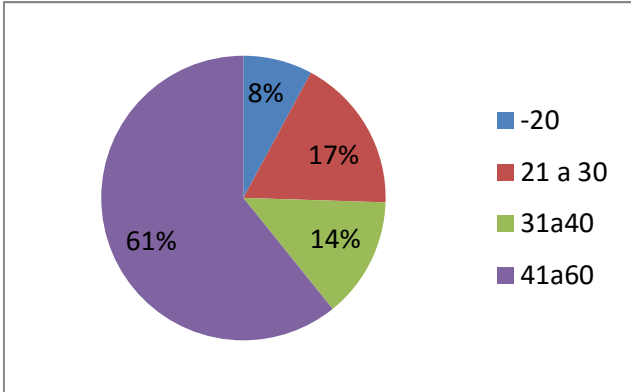
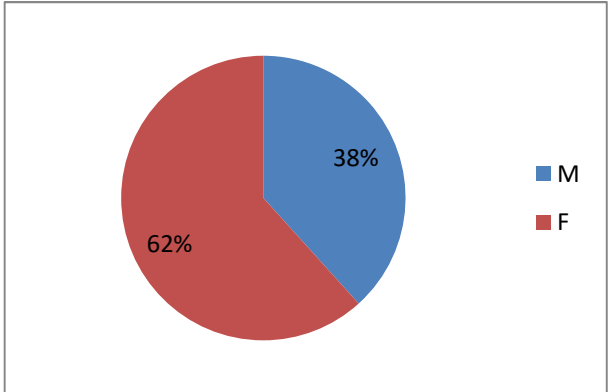


Gráfico 14 – Sexo dos usuários (M=masculino, F=feminino)



A maioria dos usuários é constituída por mulheres, a idade de 75% dos usuários tem acima de 31 anos, e o turno de trabalho é diurno, não há turno noturno.

5.2.2 Dados sobre a percepção do usuário em relação ao ambiente de trabalho

Foram coletados dados da percepção do usuário sobre seu ambiente de trabalho como: quantidade e distribuição de janelas no ambiente, tipo de vidros, dispositivos de proteção solar, controle do dispositivo de proteção solar, com que frequência e motivo. Os resultados obtidos em questionário são apresentados a seguir:

Gráfico 15 – Motivo para o Controle das persianas

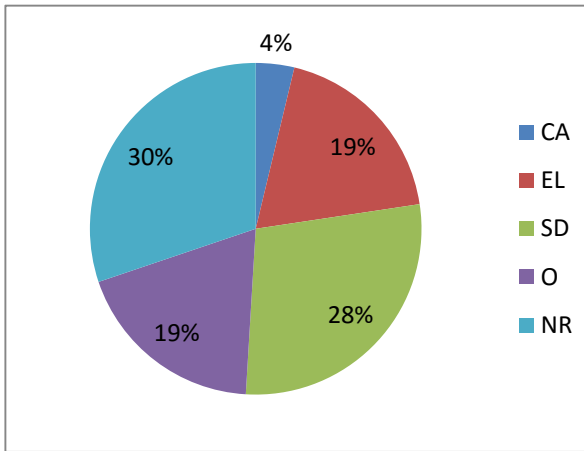


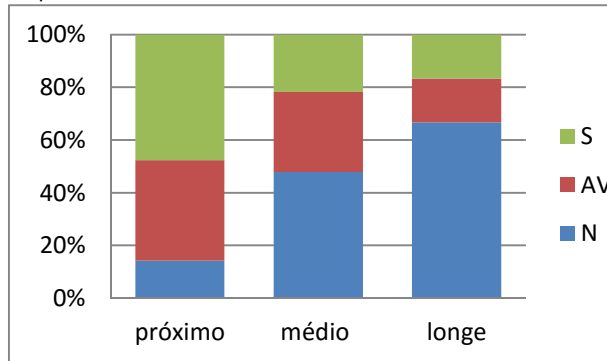
Figura 42 – Ambiente de trabalho



Legenda:
CA - calor ; EL - excesso de luminosidade; SD - sol direto sobre plano de trabalho; O - outros motivos; NR - não respondeu.

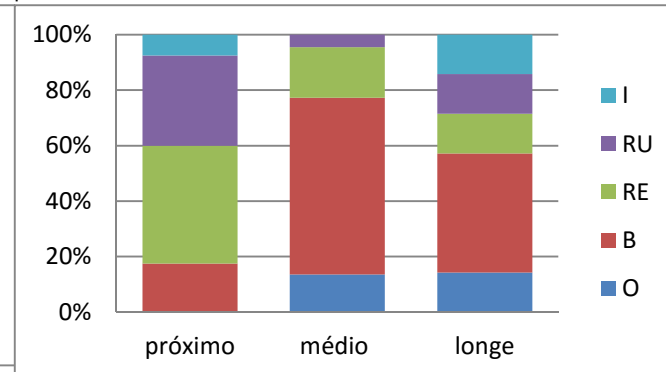
No gráfico 15, os usuários se manifestaram em relação ao motivo para controlar as persianas, sendo: 30% em função do calor (CA), 28% em função da ocorrência de sol direto sob o plano de trabalho (SD), o excesso de luminosidade (EL) e outros motivos aparecem com 19% cada (O), não respondeu 4% (NR). Alguns dos motivos comentados pelo usuário sobre o controle das persianas resultam da irradiação térmica do vidro e da recomendação de mantê-las fechadas em função do sistema de condicionamento de ar.

Gráfico 16 – Controle das persianas em relação à proximidade do posto de trabalho.



Legenda:
S - Sim; AV - As vezes; N - Não

Gráfico 17 – Quantidade de janelas em relação à proximidade do posto de trabalho.



Legenda: I - Insatisfatório; RU - Ruim; RE - Regular; B - Bom; O - Ótimo

No entanto, as respostas acerca do controle das persianas observa-se que 60% dos usuários distantes da janela não costumam regulá-las, e mesmo aqueles que estão em postos de trabalho próximos às janelas apenas 50% as regulam com frequência (gráfico 16).

Com relação à quantidade de janelas (gráfico 17) a maioria dos usuários classifica como ótimo (O) e regular (RE) independente da distância do posto de trabalho, sendo que à média distância esse percentual atinge cerca de 80% das respostas. Já a maior situação de insatisfação observada foi nos postos próximos as janelas em que cerca de 30% dos usuários acham ruim (RU) a quantidade de janelas, ou seja, em excesso.

5.2.3 Dados sobre a percepção do usuário em relação ao seu posto de trabalho

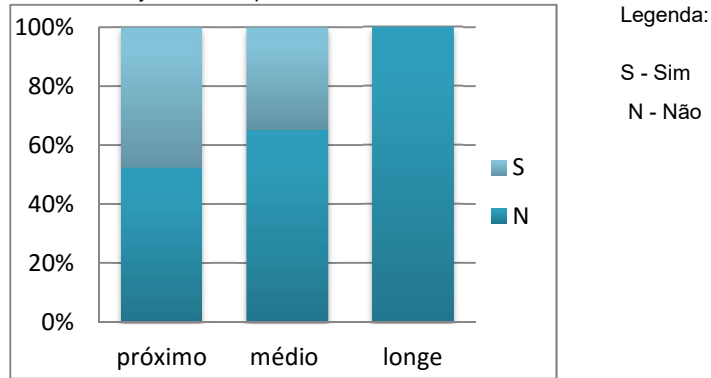
Foram coletados dados da percepção do usuário sobre seu posto de trabalho como: localização em relação à janela, homogeneidade da iluminação, existência de brilhos, reflexos, sombras, contraste, ofuscamento, superfícies e cores. Os resultados obtidos são apresentados nos gráficos 6 a 8. No gráfico 6 observa-se a ocorrência de reflexos entre os usuários próximos ou à média distâncias das janelas, entre 50 e 35% dos usuários, respectivamente. Com relação a reflexos no plano de trabalho 60% dos usuários informam não ter reflexo, e entre aqueles que relataram reflexos 26% o percebem no monitor dos computadores (gráfico 19). Em relação à

qualidade da luz no ambiente, 70% relatam ter condição de luz homogênea, 14% relatam a ocorrência de brilho e 10% de sombra no posto de trabalho.

5.2.4 Dados sobre a percepção do usuário sobre a luz natural e a artificial no ambiente

Foram coletados dados da percepção do usuário em relação à luz natural no ambiente como: luz direta/difusa, variação da luz natural, quantidade e qualidade da luz natural, satisfação com a luz natural, manchas de sol no posto de trabalho. Os gráficos a seguir apresentam os resultados de preferências do usuário em relação à luz natural:

Gráfico 18: Reflexo no plano de trabalho em relação à proximidade das janelas aos postos de trabalho



Com relação à percepção da luz natural, os usuários mais distantes relatam satisfação com a quantidade de luz natural, já entre os mais próximos há um percentual equilibrado entre as preferências de resposta. No gráfico 22 observa-se que os usuários à média distância é que tem menor percepção da variabilidade da luz natural. Em relação às preferências (gráfico 23), observa-se que embora a maioria dos usuários se manifestou preferir a luz natural (difusa) para o desenvolvimento de seu trabalho, 35% e 46% as vezes.

Gráfico 19 – reflexo nas superfícies

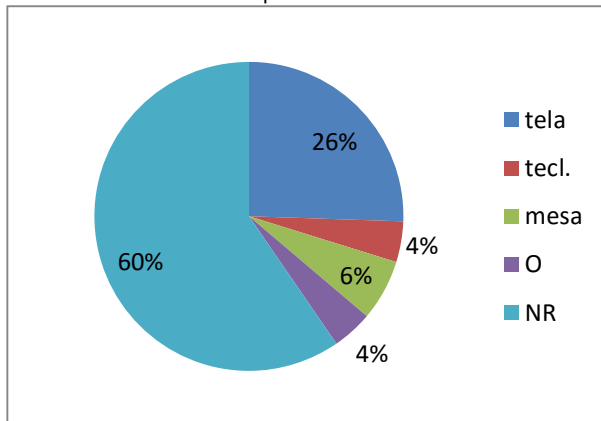


Gráfico 20 – Qualidade da luz

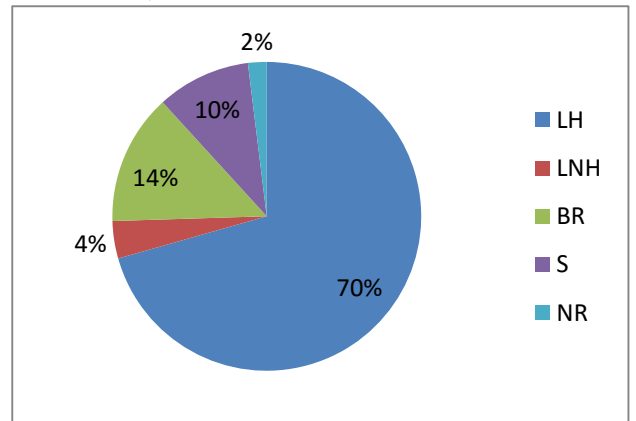
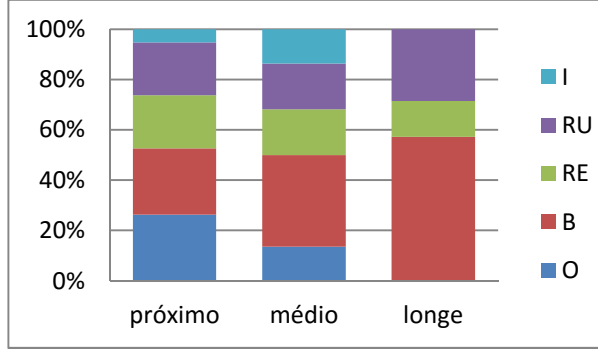
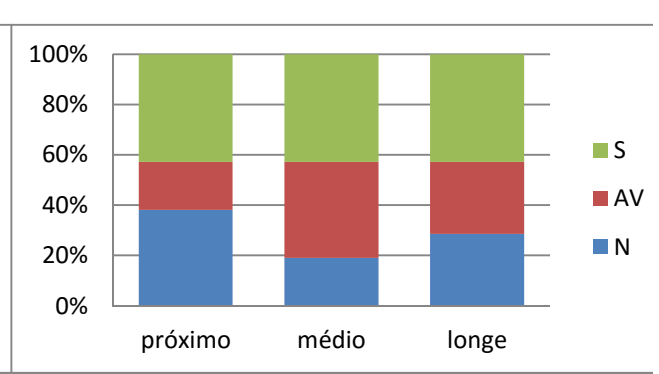


Gráfico 21 – Percepção em relação à quantidade de luz natural



Legenda: I - Insatisfatório; RU - Ruim; RE - Regular; B - Bom; O - Ótimo

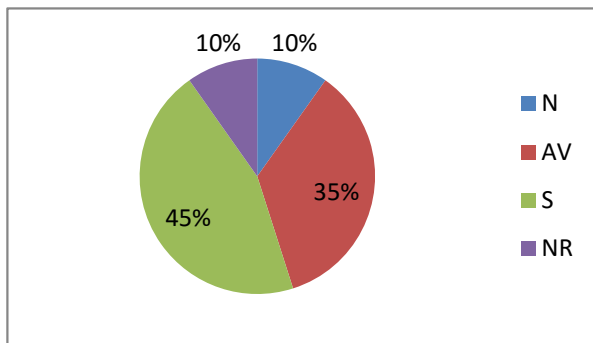
Gráfico 22 – Percepção acerca da variabilidade da luz natural



Legenda: S - Sim; AV - As vezes; N - Não

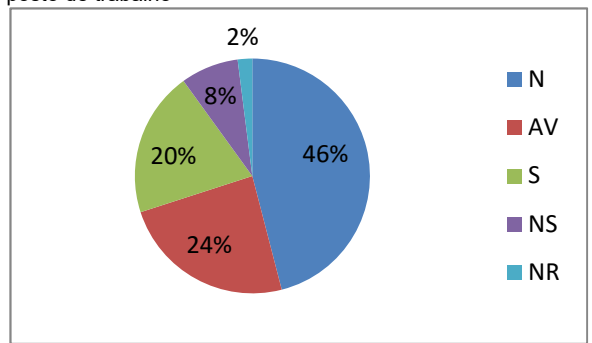
Com relação à ocorrência de incidência da luz solar (gráfico 24) direta no seu plano de trabalho observa-se que a maioria 46% não tem incidência direta, 24% às vezes. No entanto, aqueles 20% que apontaram a ocorrência a manifestaram indesejável.

Gráfico 23 – Preferência de trabalhar com luz natural



Legenda: S - Sim; AV - As vezes; N - Não

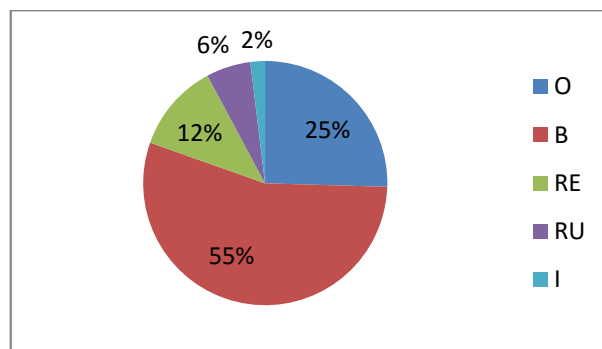
Gráfico 24 – Frequência incidência da luz solar direta no posto de trabalho



Legenda: N - Não; AV - As vezes; S - Sim; NS - Não sabe; NR - Não respondeu

Com relação à iluminação artificial, foram coletados dados da percepção do usuário no ambiente como: quantidade e qualidade da luz artificial, necessidade de complementação da luz natural, período de utilização, acesso e uso dos sistemas de controle da luz artificial, manutenção das lâmpadas e luminárias. Os resultados obtidos são apresentados a seguir.

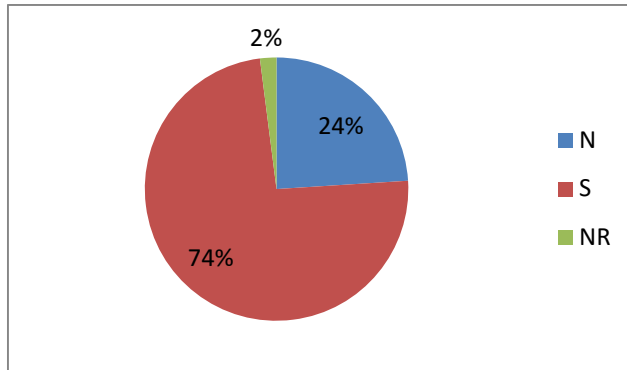
Gráfico 25 – Percepção da quantidade de luz artificial no ambiente



Legenda: O - Ótimo; B - Bom; RE - Regular; RU - Ruim; I - Insatisfatório

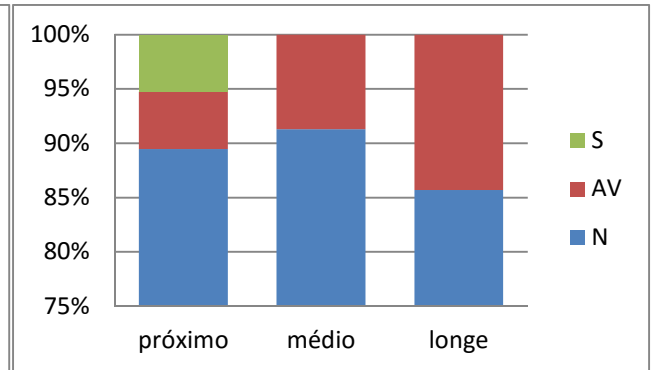
As respostas em relação à iluminação artificial (gráfico 25) demonstram satisfação da maioria dos usuários, 80% responderam ótimo (O) e bom (B). Já em relação ao controle dos interruptores (gráfico 27) nota-se que embora conheçam a existência dos mesmos, não fazem uso do dispositivo de controle independentemente da proximidade do mesmo.

Gráfico 26 – Usuário tem percepção que há interruptores acessíveis?



Legenda:
S - Sim; N - Não; NR - Não respondeu

Gráfico 27 – Controle dos interruptores em função da proximidade dos mesmos.



Legenda:
S - Sim; AV - As vezes; N - Não

5.3. Comparação entre os resultados obtidos

Para finalizar a discussão dos resultados, buscou-se comparar os dados obtidos nas observações in loco, medições e questionários com os usuários com a avaliação realizada para fins de etiquetagem da edificação em análise.

Análise do sistema de iluminação comparando com os dados de classificação RTQ-C:

A partir das observações no local e do projeto, observou-se:

- a edificação atende aos pré-requisitos gerais;
- o sistema de iluminação atende aos pré-requisitos específicos de divisão de circuitos, de contribuição de luz natural, e desligamento automático do sistema (um sistema de controle de acesso por crachás registra a entrada e saída dos funcionários de determinado pavimento e zona de iluminação; ao término do expediente, desliga automaticamente essas áreas)
- o nível de iluminância do ambiente em relação ao sistema de iluminação artificial medido in loco corresponde aos níveis previstos em projeto.

6 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos demonstram que embora as técnicas de integração da luz natural com o sistema de iluminação artificial através da automação predial e controle do usuário preconizadas no RTQ-C e implantadas na edificação em estudo, apresentam um ganho efetivo e reconhecido nas preferências dos usuários em relação à quantidade e qualidade da luz, embora não demonstrem ter consciência da importância da integração da luz natural e artificial. Com isso, através das observações e entrevistas, verificou-se que: a luz artificial permanece ligada o dia inteiro independentemente da disponibilidade da luz natural; o usuário desconhece a divisão dos circuitos e da fileira de acionamento independente próximo às janelas; o usuário embora saiba que há um dispositivo de controle da luz artificial e não o utiliza, e isso reflete na insatisfação no usuário é causada pela sensação de falta de controle sobre as condições de iluminação; o controle das persianas não é efetivo, e os motivos para seu acionamento ocorrem mais por motivos térmicos, ficando evidente o desconhecimento da possibilidade de integração da luz natural. Além disso, outro aspecto que merece destaque em plantas livres é que o lay-out influencia diretamente as condições de reflexo e incidência da luz solar direta sobre o plano de trabalho e nos monitores. O comportamento dos usuários no controle de dispositivos seja sobre as persianas ou interruptores não ocorre efetivamente: seja por acomodação e rotina, pela distância e coletividade, e por não ter sensação de permissão do controle dos mesmos. Dessa forma, ficou evidenciado que o comportamento esperado de um usuário quando o projeto ainda está na fase de elaboração não corresponde ao observado in loco pós-ocupação se não houver um trabalho de conscientização e treinamento do usuário no uso, controle e apropriação do espaço para aproveitamento e redução efetiva do consumo de energia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ILUMINAÇÃO(ABILUX); AGÊNCIA PARA APLICAÇÃO DE ENERGIA; ELETROBRÁS/PROCEL. **Uso Racional De Energia Elétrica Em Edificações: Iluminação**. 2.ed. São Paulo, ABILUX, 1992. 68p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413**: Iluminância de Interiores. Rio de Janeiro: ABNT, 1992. 13p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5461**: Iluminação - Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 1991. 68p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215**: Iluminação Natural. Rio de Janeiro: ABNT, 2005. 68p.

BERNARDI, Núbia. PINA, Sílvia A. Mikami G. ARIAS, Camila Ramos. BELTRAMI, Renata Maria Geraldini. **O desenho universal no processo de projeto**. In: KOWALTOWSKI, Doris C. C. K.etAL(Orgs.). O processo de projeto em arquitetura. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 504p.

DE MARCO, Julio C. **Requisitos de desenvolvimento sustentável na legislação urbanística de Belo Horizonte** : o caso da taxa de permeabilidade. Monografia (Pós-graduação) - Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

EDWARDS, Brian. **O Guia Básico para a Sustentabilidade**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2008. 226p.

ERCO. **LED Lighting**. [20--]. Disponível em: <<http://www.erco.com/products/download/index/index-3620/en/dltut-1.php>> Acesso em: 18 nov. 2011.

GANSLANDT, Rüdiger; HOFMANN, Harald. **Handbook of Lighting Design**. 1992. Disponível em: <<http://www.erco.com/products/download/index/index-3620/en/dltut-1.php>> Acesso em: 18 nov. 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA (INMETRO). **Requisito técnico da qualidade**

para nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos.

Brasília: INMETRO, 2012. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?>>

HALL, Edward T. **A Dimensão Oculta**. 2.ed. Rio de Janeiro: F. Alves, 1977. 200p.

LAMBERTS, Roberto ; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW, 1997. 192p.

LAY, Maria Cristina Dias; REIS, Antônio Tarcísio da Luz. Análise quantitativa na área de estudos ambiente-comportamento. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 21-36, abr./jun. 2005.

MCCOY, Janetta Mitchel. **Work Enviroments**. In: BECHTEL, Robert B.; CHURCHMAN, Arza. Handbook of environmental psychology. New York: John Wiley & Sons, 2002. 722p.

MOREIRA, Daniel de Carvalho; KOWALTOWSKI, Doris C. C. K. **O Programa Arquitetônico**. In: KOWALTOWSKI, Doris C. C. K. MOREIRA, Daniel de Carvalho. PETRECHE, João R. D. FABRICIO. Márcio M. (Orgs.). O processo de projeto em arquitetura. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 504p.

OCHOA, Juliana Herlemann; ARAÚJO, Daniel Lima; SATTLER, Miguel Aloysio. Análise do conforto ambiental sem alas de aula: comparação entre dados técnicos e a percepção do usuário. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 91-114, jan./mar. 2012.

ORNESTEIN, Sheila; ROMÉRO, Marcelo. **Avaliação pós-ocupação (APO) do ambiente construído**. São Paulo: Studio Nobel: Editora da Universidade de São Paulo, 1992. 223p.

OSRAM. **Manual Luminotécnico prático**. [200-]. Disponível em: <<http://www.scrib.com/doc/656878/Manual-Luminotecnica-osram>> Acesso em: 09 jan. 2012.

PAIS, Aida Maria Garcia. **Condições de Iluminação em Ambiente de Escritório**: Influência no conforto visual. 2011. 138f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Motricidade Humana, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2005.

PHILIPS. **Descrição do produto**. [20--?]a. Disponível em: <http://download.p4c.philips.com/I4bt/3/336534/standard_336534_ffs_brp.pdf> Acesso em 16 fev. 2013.

PHILIPS. **Guia Prático Philips Iluminação.** [20--?]b. Disponível em: http://www.lighting.philips.com.br/pwc_li/br_pt/connect/Assets/pdf/GuiaBolso_Sistema_09_final.pdf Acesso em: 06 dez. 2011.

REIS, Antônio Tarcísio da Luz; LAY, Maria Cristina Dias. Avaliação da qualidade de projetos – uma abordagem perceptiva e cognitiva. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 3, p. 21-34, jul./set. 2006.

ROMERO, Marcelo; ORNSTEIN, Sheila W.; ONO, Rosária *et al.* **A contribuição da avaliação pós-ocupação (APO) para a qualidade do projeto : estudo de caso de um edifício de escritórios.** Brasil - Rio de Janeiro, RJ. 1995. 6p. ENTAC 95, Rio de Janeiro, 1995. Artigo técnico.

SASSI, Paola. **Strategies for Sustainable Architecture.** Oxford: Taylor & Francis, 2006. 306p.

SUNOPTICS. **Commercial success histories.** Disponível em: <http://www.sunoptics.com/success_stories/commercial/commercial.aspx> Acesso em: 17 fev. 2013.

VOORDT, Theo J. M. Van der; MAARLEVELD, Maartje. Performance of office buildings from a user's perspective. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 3, p. 07-20, jul./set. 2006.