

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA E MEIO AMBIENTE

**ANÁLISE ESTATÍSTICA DE MEDIDAS DE  
ILUMINÂNCIA OBTIDAS IN LOCO E POR  
SIMULAÇÃO EM HABITAÇÕES POPULARES:  
ESTUDO DE CASO EM CUIABÁ-MT**

**CARLOS EDUARDO RONDON**

**Prof. Dr. ALFREDO JORGE  
Orientador**

Cuiabá - MT  
Dezembro - 2007

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA E MEIO AMBIENTE

**ANÁLISE ESTATÍSTICA DE MEDIDAS DE  
ILUMINÂNCIA OBTIDAS IN LOCO E POR SIMULAÇÃO  
EM HABITAÇÕES POPULARES: ESTUDO DE CASO EM  
CUIABÁ-MT**

**CARLOS EDUARDO RONDON**

*Dissertação apresentada ao Programa  
de Pós-Graduação em Física e Meio  
Ambiente da Universidade Federal de  
Mato Grosso, como parte dos requisitos  
para obtenção do título de Mestre em  
Física e Meio Ambiente.*

**Prof. Dr. ALFREDO JORGE  
Orientador**

Cuiabá - MT  
Dezembro - 2007

## FICHA CATALOGRÁFICA

R771a Rondon, Carlos Eduardo

Análise estatística de medidas de iluminância obtidas in loco e por simulação em habitações populares: estudo de caso em Cuiabá-MT / Carlos Eduardo Rondon. – 2007.

vi, 80p. : il. ; color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Departamento de Física, Programa de Pós-Graduação em Física e Meio Ambiente, 2007.

“Orientação: Profº Drº Alfredo Jorge”.

CDU – 535.241.46:628.92

### Índice para Catálogo Sistemático

1. Iluminância – Habitação popular
2. Habitação popular – Iluminação natural
3. Habitação popular – Iluminação natural – Análise estatística
4. Habitação popular – Iluminação natural – Simulação computacional
5. Habitação popular – Conforto lumínico
6. Habitação popular – Conforto ambiental

Feliz aquele que transfere o que  
sabe e aprende o que ensina.  
(Cora Coralina)

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, à minha esposa Letícia, aos meus filhos Justino, Silvia, Daniel e à minha neta, Ana Letícia, pelo amor e apoio durante a realização deste trabalho.

## AGRADECIMENTOS

- À Prof<sup>a</sup>.Dra. Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira e ao Prof. Dr. Alfredo Jorge pelo apoio, incentivo e orientação do trabalho.
- Ao Prof. Dr. José de Souza Nogueira pelo apoio e incentivo.
- A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Física e Meio Ambiente da Universidade Federal de Mato Grosso.
- À Karyna de Andrade Carvalho Rosseti, bolsista do PIBIC, pela exaustiva coleta de dados realizada *in loco* e pela simulação feita nas residências no decorrer de 2006.
- Ao Prof. Dr. Carlo Ralph de Muis pela colaboração no desenvolvimento do estudo estatístico.
- Aos colegas Denilton Carlos Gaio e Edilberto Ojeda de Almeida Filho pela colaboração no desenvolvimento do trabalho.
- Aos colegas do Mestrado – Ângela Santana, Flavia Moura e Alyson Xavier– pelo apoio.
- Ao colega Germano Aleixo Filho pela ajuda na revisão do texto.
- À minha esposa Leticia, aos meus filhos Justino, Silvia, Daniel, à minha neta, Ana Letícia pelo apoio durante a realização deste trabalho.
- Ao meu irmão Celso José Rondon e família pelo apoio durante a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	i
LISTA DE QUADROS .....	ii
LISTA DE TABELAS .....	iii
LISTA DE EQUAÇÕES.....	iv
RESUMO .....	v
ABSTRACT.....	vi
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. PROBLEMÁTICA.....	1
1.2. JUSTIFICATIVA.....	2
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. ILUMINAÇÃO NATURAL .....	5
2.2. DISPONIBILIDADE DA LUZ NATURAL.....	6
2.3. O SOL E OS EFEITOS DA SAZONALIDADE.....	7
2.4. LUZ .....	8
2.5. ILUMINÂNCIA.....	9
2.6. LUMINÂNCIA .....	11
2.7. DETERMINAÇÃO DOS NÍVEIS DE ILUMINÂNCIA (E).....	11
2.8. NÍVEIS MÍNIMOS DE ILUMINÂNCIA.....	13
2.9. PROPRIEDADES ÓPTICAS DOS MATERIAIS.....	15
2.9.1. Reflexão .....	17
2.9.2. Absorção .....	18
2.9.3. Transmissão .....	18
2.9.4. Refração .....	18
2.10. A HABITAÇÃO SOCIAL NO BRASIL.....	20
2.11. HISTÓRICO DA ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL.....	23
2.12. IMPORTÂNCIA E PRINCÍPIOS BÁSICOS DO CONFORTO LUMÍNICO.....	33
2.13. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E ARQUITETURA.....	36
2.14. EXIGÊNCIAS HUMANAS E FUNCIONAIS.....	39

2.14.1. Determinação da Iluminação Natural para os Locais da Habitação .....	39
2.14.2. Cozinha .....	40
2.15. LOCALIZAÇÃO E FORMA DAS JANELAS .....	41
2.15.1. Janelas Altas e Baixas.....	42
2.15.2. Janelas Altas e Estreitas .....	43
2.15.3. Janelas Largas e Horizontais .....	43
2.15.4. Janelas em Paredes Opostas.....	44
2.15.5. Janelas em Paredes Adjacentes .....	45
2.15.6. Janelas em Sacada .....	46
2.15.7. Proteções solares .....	46
3. ÁREA DE ESTUDO .....	50
3.1. MUNICÍPIO DE CUIABÁ.....	50
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	54
4.1. LOCAIS, HORÁRIOS E EQUIPAMENTOS.....	54
4.2. ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	61
5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	62
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	76
6.1. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS.....	76
7. BIBLIOGRAFIAS .....	77
7.1. BIBLIOGRAFIAS CITADAS .....	77
7.2. BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS .....	79

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Espectro visível.....	9
FIGURA 2 - Lei do inverso do quadrado da distância.....	10
FIGURA 3 - Fluxo luminoso incidente em uma superfície.....	15
FIGURA 4 - Reflexão em superfície especular, difusa e composta.....	17
FIGURA 5 - Transmissão em superfície especular, difusa e composta.....	18
FIGURA 6 - Refração da luz entre dois meios diferentes. ....	19
FIGURA 7 - Curva de amortecimento da iluminação natural no ambiente....	41
FIGURA 8 - Exemplo de iluminação lateral e zenital complementar.....	45
FIGURA 9 - Brise horizontal infinito .....	47
FIGURA 10 - Brise vertical infinito .....	48
FIGURA 11 - Brise horizontal finito .....	48
FIGURA 12 – Brise vertical finito .....	49
FIGURA 13 – Brises mistos.....	49
FIGURA 14 – Localização da cidade de Cuiabá.....	51
FIGURA 15 – Localização do Objeto de Estudo.....	54
FIGURA 16 – Perspectiva Isométrica - Casa 1 (Projeto original) .....	56
FIGURA 17 – Planta Baixa Casa 01 .....	56
FIGURA 18 – Perspectiva Isométrica - Casa 2.....	57
FIGURA 19 – Planta Baixa Casa 02.....	58
FIGURA 20 – Posicionamento dos pontos na casa 1 .....	59
FIGURA 21 – Posicionamento dos pontos na casa 1 após adaptações necessárias devido ao mobiliário da cozinha .....	59
FIGURA 22 – Posicionamento dos pontos na casa 2.....	60
FIGURA 23 – Posicionamento dos pontos na casa 2 após adaptações necessárias devido ao mobiliário da cozinha .....	60
FIGURA 24 – Iluminância medida e simulada.....	72
FIGURA 25 – Estimativa das médias mínimas .....	73
FIGURA 26 – Estimativa das médias mínimas .....	74
FIGURA 27 – Estimativa das médias mínimas .....	75

## LISTA DE QUADROS

<b>QUADRO 1</b> - Iluminância por classes de tarefas visuais.....	14
<b>QUADRO 2</b> – Teste de interação - Variável dependente: Lux .....	71
<b>QUADRO 3</b> – Fonte - Variável dependente : Lux .....	71
<b>QUADRO 4</b> – Fonte * Data – Variável dependente: Lux.....	72
<b>QUADRO 5</b> - Casa – Variável Dependente: Lux .....	73
<b>QUADRO 6</b> - Casa * Data - Variável dependente: Lux .....	73

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1</b> - Refletância, Absortância e Transmitância.....	16
<b>TABELA 2</b> – Índice de Refração .....	19
<b>TABELA 3</b> - Valores de iluminância medidos e simulados:.....	62
<b>TABELA 4</b> - Valores de iluminância medidos e simulados:.....	64
<b>TABELA 5</b> - Valores de iluminância medidos e simulados:.....	66
<b>TABELA 6</b> - Valores de iluminância medidos e simulados:.....	68

## LISTA DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO 1 .....	10
EQUAÇÃO 2 .....	15
EQUAÇÃO 3 .....	15
EQUAÇÃO 4 .....	16
EQUAÇÃO 5 .....	16
EQUAÇÃO 6 .....	19
EQUAÇÃO 7 .....	20

RONDON, C.E. - **Análise estatística de medidas de iluminância obtidas in loco e por simulação em habitações populares: estudo de caso em Cuiabá-MT** Cuiabá, 2007. 80 f. Dissertação - (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Departamento de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi realizar uma análise de variância aplicada às medidas de iluminância realizadas *in loco* e obtidas por simulação computacional em dois períodos de 2006, nas estações chuvosa e seca nos dias 20 de março e 15 de maio na região de Cuiabá. Para obter um parâmetro comparativo foram realizadas das 8 às 17 horas medições *in loco* e simulação computacional pelo programa *Desktop Radiance*, utilizando os ambientes da cozinha em duas residências localizadas no bairro CPA IV em Cuiabá. Os resultados obtidos foram organizados em tabelas e gráficos para comparação. O modelo estatístico evidenciou a compatibilidade e adequação de cada um dos métodos ao clima de Cuiabá.

**Palavras chave:** Iluminação, simulação, análise estatística.

RONDON, C.E. - **Statistical analysis of measures of Illumination obtained locally and by simulation in popular housing: case study in Cuiaba- MT.** Cuiabá, 2007. 80 f. Dissertação - (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Departamento de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

## **ABSTRACT**

The objective of this work was performing an analysis of variance applied measures of Illumination carried through in leases and gotten for computational simulation in two periods of 2006, in the stations rainy and dries in days 20 of March and 15 of May in the region of Cuiabá. To get a comparative parameter they had been carried through of the 8 to the 17 hours measurements in I lease and computational simulation for the program Desktop Radiance, using the environments of the kitchen in two residences located in quarter CPA IV in Cuiabá. The gotten results had been organized in graphical tables and for comparison. The statistical model evidenced the compatibility and adequacy of each one of the methods to the climate of Cuiabá.

**Keywords:** Illumination, Simulation, Statistical analysis

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. PROBLEMÁTICA

Nos últimos anos, tem renascido o interesse na promoção de boas práticas de projeto de iluminação natural por razões de eficiência energética e conforto visual. O uso otimizado da luz natural em edificações usadas principalmente de dia pode, pela substituição da luz artificial, produzir uma contribuição significativa para a redução do consumo de energia elétrica, melhoria do conforto visual e bem-estar dos ocupantes. A luz natural possui uma variabilidade e qualidades mais agradáveis e apreciadas que o ambiente proporcionado pela iluminação artificial. Aberturas, em geral, proporcionam aos ocupantes o contato visual com o mundo exterior e permitem também o relaxamento do sistema visual pela mudança das distâncias focais. A presença da luz natural pode garantir uma sensação de bem-estar e um melhor relacionamento com o ambiente no qual estamos inseridos.

A preocupação com a economia de energia elétrica tende a conduzir às pesquisas de meios naturais para obter a iluminação adequada no ambiente.

O controle da iluminância das janelas, das aberturas e da incidência da radiação solar direta são estratégias que podem significar uma redução de até 50% no consumo de energia elétrica para iluminação em um ambiente.

Pode-se relacionar os fatores que afetam a visão da seguinte maneira:

- a) Níveis de iluminação e sua distribuição;
- b) Luminância e contrastes;
- c) Tamanho do elemento a ser visualizado;
- d) Tempo para visualização.

O primeiro fator que deve ser estabelecido em estudos de iluminação é a relação entre a habilidade de se ver, a quantidade de luz fornecida e o grau de contraste inerente ao objeto para o qual está se olhando. Os requisitos para uma visão recomendável são:

- a) iluminação suficiente;
- b) ausência de ofuscamento;
- c) sem contraste marcante;
- d) equilíbrio de luminâncias

As habitações populares no Brasil, que são planejadas apenas para cumprir metas sociais e políticas, e pela falta de políticas públicas ou legislação embasada em conhecimentos ambientais científicos, são as que mais sofrem sob a influência dos diferentes climas existente no país, não se levando em conta principalmente as orientações mais adequadas em relação ao Sol. No estado de Mato Grosso, o baixo padrão construtivo para região em virtude da padronização nacional utilizada em programas de moradia popular, qualifica as unidades habitacionais como de baixo desempenho térmico e lumínico, tornando-as inapropriadas para uma região de clima tropical, sendo ainda mais rigoroso para com as famílias que habitam na depressão cuiabana.

## **1.2. JUSTIFICATIVA**

O mundo vem cruzando atualmente, uma crise dos recursos naturais principalmente em relação à água e a energia. Apesar de ser um país conhecido por possuir rios abundantes, e fazer uso dos mesmos para gerar energia através de usinas hidrelétricas, o Brasil vivenciou recentemente uma crise no sistema energético, popularmente conhecido como “Apagão.”

Questões de economia e eficiência energética mostram-se emergentes nas cidades, pois as edificações atuais são altamente dependentes destes recursos para funcionarem.

De todas as necessidades do ser humano, a lumínica é aquela que está relacionada não somente à manutenção da saúde, mas também à comunicação. A visão permite ao homem avaliar as distâncias, definir formas, cores, volumes, etc.

Sendo assim toda iluminação precisa garantir a mais adequada visualização do espaço, o que será determinado pela atividade nele desenvolvida, de forma que reduza os esforços físicos que o olho terá de fazer para adaptar-se às condições ambientais e possa assim desenvolver a atividade em questão de forma mais eficiente.

Uma edificação que saiba aproveitar a iluminação natural durante o dia e que utilize iluminação artificial eficiente e economicamente durante a noite, faz bem o seu papel com relação à eficiência energética e com relação ao conforto lumínico dos usuários.

Neste contexto, a luz natural aparece como importante alternativa para buscar-se a eficiência energética. Além de oferecer enormes vantagens como estratégia de obter maior qualidade ambiental, ela também contribui para o conforto visual e bem-estar das pessoas.

Objetivo geral do trabalho foi realizar uma análise de variância para verificar a compatibilidade e a consistência com o clima local das medidas de iluminação natural realizadas *in loco* e as obtidas por simulação pelo programa *Desktop Radiance* em duas residências localizadas no bairro CPA IV em Cuiabá.

Para alcançar tal meta, foram necessários alguns objetivos a serem avaliados, tais como, definição das estações climáticas para a cidade de Cuiabá/MT, levantamento quali-quantitativo das habitações escolhidas, realização das medições *in loco*, desenvolvimento da simulação computacional no programa *Desktop Radiance*, comparação dos dados obtidos *in loco* com os apresentados pela simulação computacional, validação da simulação realizada com base nas medições *in loco*.

Dessa maneira foi possível através da coleta dessas informações, propor melhores condições para as futuras construções de habitações

populares para Cuiabá/ MT, gerando assim economia de energia e adequação ao conforto lumínico.

### **1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO**

O trabalho é composto de sete capítulos.

No primeiro capítulo, foram apresentadas a problemática, a justificativa, os objetivos e a estrutura do trabalho.

No segundo, são feitas considerações sobre a iluminação natural, a disponibilidade da luz natural, o Sol e os efeitos da sazonalidade, a conceituação de luz, iluminância, determinação dos níveis de iluminação, a habitação social no Brasil, histórico da energia elétrica no Brasil, importância do conforto lumínico, exigências humanas e funcionais para a cozinha, aberturas, localização e forma das janelas.

No terceiro, são feitas explanações sobre as características geográficas, morfológicas e climatológicas da região onde a cidade de Cuiabá está inserida.

No quarto, são descritos sucintamente o material, os métodos, as casas e o posicionamento dos pontos de captura dos dados, obtidos por meio da norma 15220 (ABNT, 2005), onde foram feitas as medições e a análise estatística.

No quinto, são feitas a apresentação e a análise dos resultados.

No sexto, são apresentadas as considerações finais da pesquisa sobre a análise do desempenho lumínico das residências.

No sétimo, são apresentadas as bibliografias citadas e consultadas.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. ILUMINAÇÃO NATURAL

A natureza nos oferece diversas formas de obtenção de luz natural, tanto de forma direta, através dos raios solares, quanto de forma indireta, através da luz da abóbada celeste. De acordo com Romero (2001), a luz proveniente da abóbada celeste apresenta luminância própria, atuando como uma fonte secundária, resultante dos fenômenos de difusão atmosférica da luz solar. Esse tipo de luz se caracteriza por uma luz difusa, emitida em todas as direções, que provoca uma iluminância, a princípio homogênea, cujos níveis de iluminação são mais confortáveis que os da luz direta solar, pois seus valores absolutos são mais baixos. Diante disto, a luz da abóbada celeste adquire maior importância dentro da iluminação natural.

Outros fatores que tornam a utilização da luz da abóbada celeste mais comum são os danos derivados pela iluminância que provém diretamente do Sol, tais como ofuscamentos, calor, brilho, efeitos devastadores sobre o mobiliário, etc. (ROMERO, 2001).

Em relação ao projeto dos ambientes, deve-se levar em conta, a orientação que dê o melhor aproveitamento da luz do Sol em sua trajetória diária aparente, bem como a posição relativa das janelas com sua área útil (VIANNA & GONÇALVES, 2001; HOPKINSON et al. 1975). É imprescindível considerar também o conforto térmico, pois a incidência direta da luz solar nos climas tropicais e subtropicais tende a elevar a temperatura do ambiente acima dos valores aceitos como confortáveis.

A iluminação fornecida pela luz do Sol não atinge uniformemente todos os pontos de um ambiente, nem o ilumina com a quantidade de luz necessária para as mais diversas tarefas em todas as horas do dia (VIANNA & GONÇALVES, 2001; HOPKINSON et al. 1975).

Outro fator desconsiderado no uso da iluminação natural é a oportunidade de contribuir para com a saúde da visão, do conforto visual e do bem estar das pessoas.

A respeito do aspecto luminoso, Hopkinson et al. (1975) definem como conforto lumínico: “É o prazer e satisfação visuais proporcionados por um ambiente, conduzindo a uma sensação de bem-estar.”

## 2.2. DISPONIBILIDADE DA LUZ NATURAL

Os principais fatores determinantes da disponibilidade da luz natural são: a sazonalidade que, de acordo com o movimento do Sol, modifica a luminosidade natural, variando com a época do ano e hora do dia; o clima que compreende tanto a formação resultante de diversos fatores espaciais e geomorfológicos quais sejam: movimento de rotação e translação, energia solar, latitude, altitude, ventos, distribuição das terras e das águas, vegetação, etc.; quanto sua caracterização definida pelos elementos: temperatura do ar, umidade do ar, movimentos das massas de ar e precipitações, torna-se, pois, importante para a compreensão do sistema atmosférico, (Maitelli, 1994); a qualidade do ar, características físicas e geográficas, que lidam com os dados de latitude, continentalidade e altitude; bem como a orientação e configuração morfológica do entorno construído.

*“A disponibilidade de luz natural para qualquer região é determinada pela quantidade de radiação solar incidentes nas diferentes estações do ano. As regiões que recebem os raios solares com grande ângulo durante a maior parte do ano são quentes e luminosas, aquelas que recebem os raios solares só com um ângulo pequeno e durante períodos mais curtos do ano, são frias e escuras no inverno.”(MASCARÓ, 1983).*

Uma observação no mapa de temperaturas e de nebulosidade mostramos que o padrão termo luminoso do equador não é uniforme, aparecendo

variações, porque existe uma série de fatores que interferem no padrão simples. Para compreender o padrão termo luminoso de uma região, devemos conhecer essas intervenções e como operam.

À medida que nos afastamos do equador, diminui o ângulo médio de inclinação do Sol com a superfície da Terra, mas, em compensação, aumenta a duração do dia e conseqüentemente, as horas de luz natural no período de tempo que o ângulo é maior, ou seja: no verão.

*“A maior recepção de radiação solar sobre a superfície da Terra num dia claro de verão corresponde a uma zona entre 20° e 45° de latitude. Nessas latitudes compensa-se a grande recepção da luz solar num dia de verão por uma muito pequena num dia de inverno, sendo assim, a maior insolação total anual corresponde a latitudes próximas de 15°. Nessas latitudes o efeito de verão é importante e entra em consideração no projeto dos edifícios.”(MASCARÓ,1983).*

### **2.3. O SOL E OS EFEITOS DA SAZONALIDADE**

A nossa fonte predominante de ondas eletromagnéticas, e, portanto, de luz visível é o Sol, no sentido de que suas radiações definem o ambiente, ao qual, nós como uma espécie, nos adaptamos.

O Sol é a principal fonte de luz durante o dia e fornece tanto iluminação direta como difusa através da abobada celeste, tornando-a mais ou menos clara, segundo suas características.

O Sol libera uma quantidade aproximada de seis bilhões de lumens para cada metro quadrado de uma superfície. Deste valor, cerca de 134 000 lux alcançam a atmosfera externa da Terra, onde são absorvidos perto de 20% desta luz e refletidos 25% de volta ao espaço. Uma parte dos 55% restantes chega à superfície da Terra diretamente em forma de feixes paralelos, que é chamada de luz direta. Outra fração é difundida pelas camadas da atmosfera, nuvens e outros elementos presentes na composição do ar, compondo então a luz difusa. Pelo fato da luz difusa ser emitida pelo céu em todas as direções, ela é caracterizada como uma

iluminância primordialmente homogênea da luz natural. (VIANNA & GONÇALVES, 2001)

Esse conceito de componentes da luz diurna explica o fato de os ambientes permanecerem iluminados mesmo sem a presença direta dos raios solares, podendo assim se utilizar da luz natural nos projetos arquitetônicos, sem riscos de acabar provocando um aquecimento dentro do ambiente.

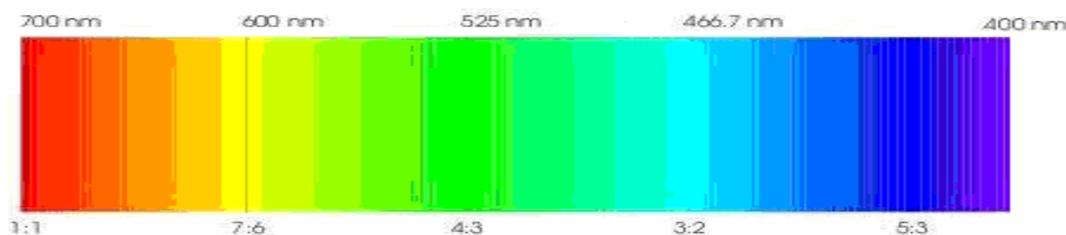
Os valores de luz natural obtidos nos espaços externos, na maior parte do dia, excedem a quantidade de luz necessária para quase todas as tarefas. Mascaró (1983) afirma que um dos valores mais altos de iluminância recomendado em espaços interiores, que é de aproximadamente 1.500 lux para tarefas de alta precisão, é possível de ser alcançado inclusive em edifícios localizados em cidades de baixa latitude, que apresentam ao meio dia uma media de iluminância de 7.500 lux no mês de dezembro (inverno) e 34.000 lux em junho (verão). O que se pode dizer em relação ao Brasil, compreendido entre as latitudes 0° e 32° sul aproximadamente, e onde esses valores chegam a ultrapassar 70.000 lux ao meio dia de inverno e 100.000 lux no mesmo horário no verão. Tais valores revelam a alta potencialidade do Sol como fonte de luz que é também uma fonte inesgotável de energia do planeta.

Num dia claro, quando o Sol se apresenta aproximadamente no zênite, ou seja, na latitude entre 30°N e 30°S, ao meio dia, na estação apropriada, a incidência aproximada de radiação solar sobre uma superfície horizontal será de 100.000 lux.

## **2.4. LUZ**

De acordo com a Teoria Eletromagnética de J.C.Maxwell, a luz é uma onda eletromagnética que se propaga no espaço vazio. Ela é uma parcela do espectro eletromagnético compreendida entre os comprimentos de onda de 400 a 700 nm, que o olho humano consegue perceber, como mostra a

Figura 1. Existe uma estreita relação entre o comprimento de onda e a cor da luz percebida pelo olho humano. Nos comprimentos de onda de 400 a 440 nm tem-se a cor violeta, de 440 a 500 nm a cor azul, de 500 a 570 nm a cor verde, de 570 a 590 nm a cor amarela, de 590 a 630 nm a cor laranja e finalmente de 630 a 700 nm a cor vermelha.



**FIGURA 1 – Espectro visível**

O homem é um ser totalmente dependente da luz, pois cerca de 70% da percepção humana é visual. Ela faz parte da sua vida, do seu dia a dia, do seu modo de ver e sentir o mundo. Desde que nasce, o homem está sendo submetido ao ritmo da natureza, da existência da noite e do dia, elementos que são condições necessárias para que ele se sinta pertencente ao próprio tempo.

*“O homem como um ser predominantemente visual é mais fortemente afetado pela luz do que por qualquer outra sensação.(...) Forma e cor determinam a percepção do entorno físico através dos olhos, e nos dão uma mais clara e vívida impressão do espaço do que os sentidos tátil, auditivo e olfativo.” (VIANNA & GONÇALVES, 2001).*

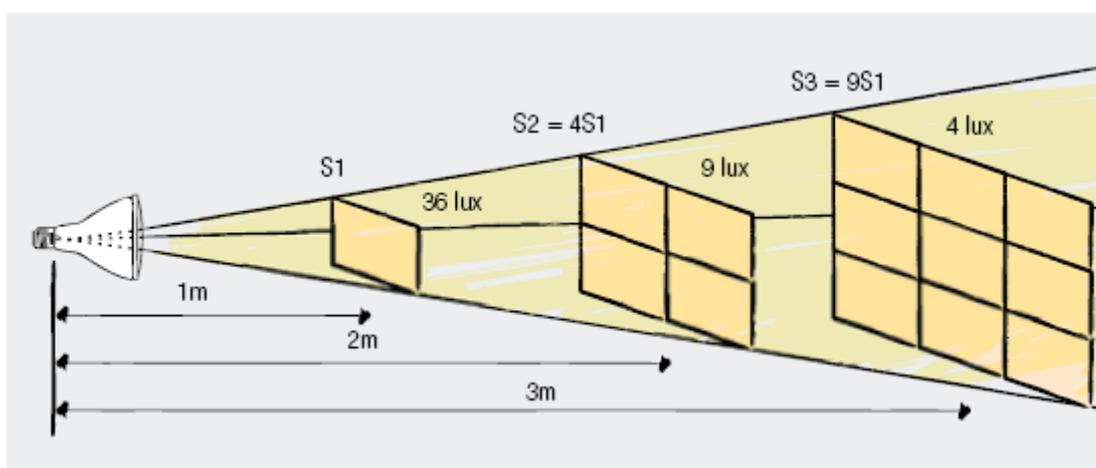
## 2.5. ILUMINÂNCIA

O fluxo luminoso ( $\varphi$ ) de uma fonte é a razão entre a quantidade de energia radiante visível que ela emite durante um certo tempo e este intervalo de tempo.

A Iluminância, Iluminamento ou Aclaramento (E), em lux (lx), indica o fluxo luminoso de uma fonte de luz que incide sobre uma superfície ( A ) situada à uma certa distância dessa fonte, como mostrado na figura 2. A equação que expressa esta grandeza é:

$$E = \frac{\phi}{A} \left( \frac{\text{lm}}{\text{m}^2} \right)$$

EQUAÇÃO 1



**FIGURA 2** - Lei do inverso do quadrado da distância  
Fonte: Manual da Osram

A Iluminância pode ser definida como a relação entre intensidade luminosa e o quadrado da distância ( $I/h^2$ ), como mostrado na Figura 2. Na prática, é a quantidade de luz dentro de um ambiente, e pode ser medida com o auxílio de um luxímetro.

Como o fluxo luminoso não é distribuído uniformemente, a iluminância não será a mesma em todos os pontos da área em questão. Considera-se, por isso, a iluminância média ( $E_m$ ). Existem normas especificando o valor mínimo de  $E_m$ , para ambientes diferenciados pela atividade exercida, relacionados ao conforto visual.

## 2.6. LUMINÂNCIA

É importante que se lembre do fato de que os raios luminosos não são visíveis, a sensação de luminosidade é decorrente da reflexão desses raios por uma superfície. Essa luminosidade, então vista, é chamada de luminância.

Logo:

- a) Iluminância – luz incidente, não visível;
- b) Luminância – luz refletida, visível.

Uma vez que os objetos possuem diferentes capacidades de reflexão da luz, pode-se dizer que uma certa iluminância pode gerar diferentes luminâncias.

## 2.7. DETERMINAÇÃO DOS NÍVEIS DE ILUMINÂNCIA (E)

O olho humano tem uma capacidade muito grande de adaptação às condições de iluminação existente. Isso pode ser notado verificando-se a nossa percepção frente a condições tão extremas de luz, como o Sol direto e à noite.

*“Em algumas tarefas, o modo como o olho nos indica se o nível de iluminação está ou não adequado é exatamente através da nossa reação fisiológica, ou seja, o maior ou menor esforço que fazemos para ver, e conseqüentemente, o maior ou menor cansaço visual que sentimos.” (VIANNA & GONÇALVES, 2001).*

Os níveis de iluminância são baseados empiricamente através de testes que relacionam o desempenho da tarefa visual com suas variações. Estudos realizados mostram que a acuidade visual está diretamente relacionada ao nível de iluminação e que ela é determinada principalmente pela relação de luminância entre as tarefas e seu entorno.

Logicamente, existe a necessidade de considerarmos o problema econômico que, envolve o aumento do nível de iluminância. Nossa decisão deve ser tomada levando-se em consideração o máximo de acuidade visual que será conseguida, sem, contudo, que os níveis de iluminância sejam demasiadamente elevados.

O desempenho na realização de uma tarefa obviamente se relaciona com a acuidade visual, mas também com a complexidade e a dificuldade da própria tarefa em si, da capacidade e experiência que o próprio indivíduo tem em realizá-la. Seguem alguns fatores que devem ser levados em consideração para determinação do nível de iluminação para tarefas visuais:

- a– O tamanho dos detalhes críticos dessas tarefas;
- b – A distância que esses detalhes são vistos;
- c – A luminância das tarefas em função do fator de reflexão;
- d – Os contrastes entre tarefas e entornos;
- e – A velocidade com que essas tarefas devem ser desenvolvidas;
- f – O grau de precisão exigida na sua realização;
- g – A idade de quem realiza.

A determinação das características de um ambiente não é feita somente através do nível de iluminância necessário, mas por uma série de fatores. Muitas vezes, o nível de iluminância pode não ser tão importante frente ao caráter que desejamos dar ao ambiente, o uso das cores, o jogo entre sombra e luz etc. É sempre a função do local que nos dirá quais os fatores mais importantes que merecem nossa maior preocupação. Logicamente, as necessidades numa igreja, restaurante, cinema e habitações não são as mesmas.

O critério mais utilizado para se determinar os níveis de iluminação convenientes para cada tarefa foi o da maior eficiência. Num primeiro momento, eficiência foi sinônimo de produtividade. Ainda hoje ela é de certa forma entendida assim: maior rapidez no trabalho, menor cansaço e eliminação de erros cometidos.

O aspecto principal desta questão que levantamos é exatamente qual a eficiência almejada.

*“Se um dos modos de se medir essa maior ou menor eficiência foi a produtividade, como avaliarmos, com base nesse critério, atividades que fogem do campo de trabalho (do produzir)? Poderíamos aplicar tal critério à atividades como o lazer, o habitar ou orar? Cremos que não, pois o critério em que estão baseados os princípios do uso da iluminação nos locais que abrigam essas funções são totalmente diversos, muito mais amplos e de difícil constatação, pois são fundamentalmente subjetivos, apelam para o sentimento, para os efeitos psicológicos sobre o homem. As reações humanas não podem ser calculadas com precisão, o que prova a relatividade de certos valores de nível de iluminação adotados para certas atividades, como, por exemplo, as mencionadas.” (VIANNA & GONÇALVES, 2001)*

A resposta à questão da relação entre o nível de iluminação versus contrastes de luminâncias, aparece quando analisamos a iluminação num contexto mais amplo do que simplesmente o nível de iluminância.

A iluminação não é a ciência do aclaramento e sim da perfeita visão das coisas. O termo “perfeita” não deve ser aqui confundido com “total” ou muito menos “uniforme.” A perfeita visão das coisas significa a exata informação que os profissionais da área da construção civil, quando criam um determinado espaço, querem dar e de que forma isso pode ser conseguido. Em certos casos pode significar uma não uniformidade e até mesmo uma quase total ausência de luz.

## **2.8. NÍVEIS MÍNIMOS DE ILUMINÂNCIA**

A norma NBR – 5413 (1992) – “Iluminância de interiores / Especificação”, trata basicamente dos níveis de iluminância mínimos e

médios para as diferentes tarefas visuais, de acordo com o Quadro 1, e estabelece como condições gerais principais:

- a) A iluminância deve ser medida no campo de trabalho. Quando este não for definido, entende-se o nível do referente a um plano horizontal a 0,75m do piso;
- b) No caso em que seja necessária uma elevada iluminância em um limitado campo de trabalho, este pode ser conseguido com iluminação suplementar;
- c) A iluminação no restante do ambiente não deve ser inferior a 1/10 do valor adotado para o campo de trabalho, mesmo que a iluminância recomendada para o restante do ambiente seja menor.

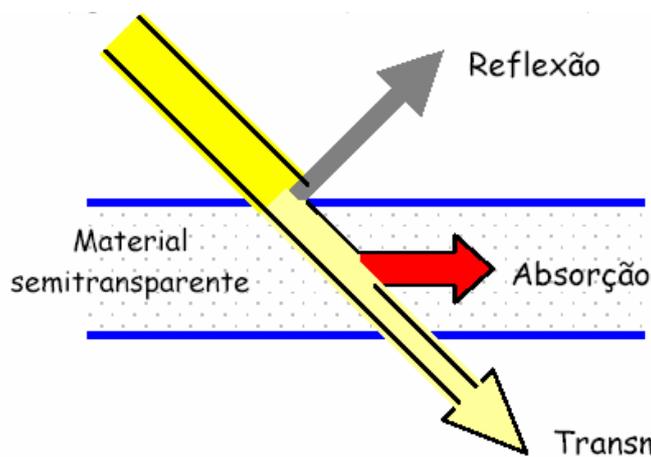
**QUADRO 1** - Iluminância por classes de tarefas visuais

FAIXA	ILUMINÂNCIA (lux)	TIPO DE ATIVIDADE
A. Iluminação geral para áreas usadas interruptamente ou com tarefas visuais simples	De 20 a 50	Áreas Públicas com arredores escuros
	De 50 a 100 De 100 a 200	Orientação simples para permanência curta Recintos não usados para trabalho contínuo, depósitos. Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios.
B. Iluminação geral para áreas de trabalho	De 200 a 500	Tarefa com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios.
	De 500 a 1.000 De 1.000 a 5.000	Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas.
C. Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis	De 2.000 a 5.000	Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônicas de tamanho pequeno
	De 5.000 a 10.000	Tarefas visuais muito exatas, montagem de micro-eletrônica.
	De 10.000 a 20.000	Tarefas visuais muito especiais

Fonte: NBR – 5413 (1992)

## 2.9. PROPRIEDADES ÓPTICAS DOS MATERIAIS

Materiais expostos à luz se comportam de várias maneiras. Quando a luz incide numa superfície, uma fração  $\rho$  do total incidente é refletida, isto é, retorna ao hemisfério de procedência sem penetrar na matéria; uma outra porção,  $\alpha$ , é absorvida dentro do material, configurando-se num ganho de energia para o mesmo, enquanto a ultima fração  $\tau$  pode ser transmitida (no caso de superfícies transparentes ou translúcidas) para o outro lado, de acordo com Figura 3.



**FIGURA 3** - Fluxo luminoso incidente em uma superfície.

Fonte: PEREIRA, F.O.R. & SOUZA, M.B. (2000)

Caso  $\phi_i$ ,  $\phi_r$ ,  $\phi_a$  e  $\phi_t$ , sejam, respectivamente, o fluxo luminoso total incidente, refletido, absorvido e transmitido, pode-se denominar:

*Refletância:*

$$\rho = \frac{\phi_r}{\phi_i}$$

EQUAÇÃO 2

*Absortância:*

$$\alpha = \frac{\phi_a}{\phi_i}$$

EQUAÇÃO 3

*Transmitância:*

$$\tau = \frac{\phi_t}{\phi_i}$$

EQUAÇÃO 4

Resultando na lei da conservação da energia luminosa :

$$\rho + \alpha + \tau = 1$$

EQUAÇÃO 5

A Tabela 1 apresenta a porcentagem de luz refletida, transmitida e absorvida por diversos materiais, mas, no entanto, não fornece nenhuma informação a respeito da forma de propagação da luz no interior de cada um deles.

**TABELA 1 - Refletância, Absortância e Transmitância.**

Material	Refletância	Absortância	Transmitância
Alumínio	0,55 - 0,90	0,45 - 0,10	
Aço polido	0,55 - 0,65	0,45 - 0,35	
Níquel	0,55	0,45	
Papel branco	0,70 - 0,85	0,30 - 0,10	0,10 - 0,20
Vidro transparente	0,06 - 0,08	0,04 - 0,02	0,80 - 0,90
Gesso	0,80 - 0,90	0,20 - 0,10	
Branco de cal	0,80	0,20	
Argamassa de cal	0,40 - 0,70	0,60 - 0,30	
Concreto	0,40 - 0,50	0,60 - 0,50	
Tijolo	0,18 - 0,32	0,82 - 0,68	
Madeira	0,15 - 0,50	0,85 - 0,50	
Espelho	0,70 - 0,85	0,30 - 0,15	

**Fonte:** PEREIRA, F.O.R. & SOUZA, M.B. (2000)

### 2.9.1. Reflexão

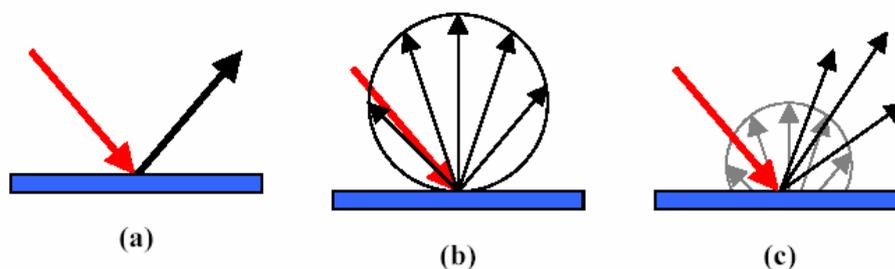
A Figura 4 mostra como a direção da luz refletida é afetada pela rugosidade da superfície, variando de difusa (luz refletida igualmente em todas as direções) a especular (luz refletida somente numa direção, isto é, igual à reflexão de um espelho).

Superfícies polidas e brilhantes produzem reflexão especular, com o raio de luz refletido localizando-se no plano de incidência e com ângulo de reflexão igual ao de incidência, de acordo com a Figura 4a.

Superfícies rugosas refletem de modo predominantemente difuso, independentemente do ângulo de incidência, fazendo com que, a luminância da superfície seja resultado apenas da iluminação no plano da mesma e de sua refletância, de acordo com Figura 4b.

A reflexão especular é dita "como de um espelho" porque ela mantém a aparência, direcionalidade e tamanho da fonte original. Superfícies que refletem especularmente podem ser bastante úteis, mas igualmente prejudiciais caso as reflexões não sejam adequadamente controladas. Entretanto, em geral, as superfícies encontradas na prática não são nem perfeitamente difusas nem especulares, refletindo luz em várias direções em diferentes proporções, como mostra a Figura 4c.

O uso adequado de reflexões compostas (semi-difusa ou semi-especular) pode ser bastante útil para o controle da direção da luz direta e/ou para suavizar as imagens.



**FIGURA 4** - Reflexão em superfície especular, difusa e composta.

Fonte: PEREIRA, F.O.R. & SOUZA, M.B. (2000)

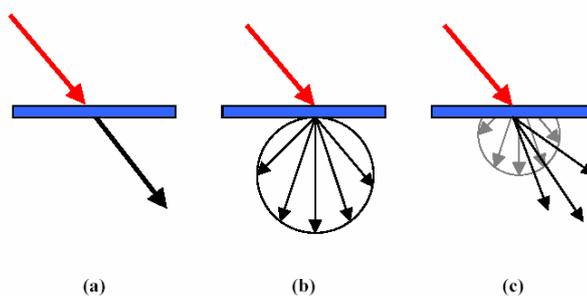
### 2.9.2. Absorção

Parte do fluxo luminoso incidente em uma superfície não é refletido nem transmitido, sendo absorvido por ela. A parcela absorvida pela superfície depende das características da mesma.

### 2.9.3. Transmissão

A transmissão da luz através de superfícies não opacas ocorre de um modo similar ao do mecanismo de reflexão. A luz pode ser transmitida tanto de maneira difusa como colimada ou mesmo de uma forma combinada, produzindo resultados distintos no ambiente lumínico, de acordo com a Figura 5.

A transmitância de uma superfície é afetada pelo ângulo de incidência e pelas características difusoras da mesma. Novos tipos de vidro têm sido estudados e propostos no sentido de aumentar a transmissão da luz natural e a reflexão da radiação térmica.



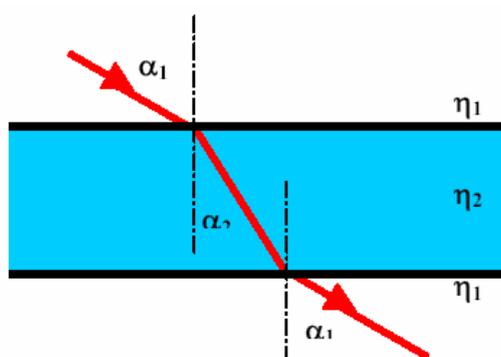
**FIGURA 5** - Transmissão em superfície especular, difusa e composta.

Fonte: PEREIRA, F.O.R. & SOUZA, M.B. (2000)

### 2.9.4. Refração

O fenômeno de refração da luz ocorre quando ela atravessa materiais com índices de refração diferentes, sendo que a direção do feixe de luz é alterada durante sua trajetória através do material. Esta modificação na direção é causada por uma modificação na velocidade da luz. A velocidade

diminui se o novo meio é opticamente mais denso do que o primeiro, e aumenta, quando este meio é menos denso. A modificação na velocidade é seguida por um desvio da luz que é conhecido como refração, como pode ser visto na Figura 6.



**FIGURA 6** - Refração da luz entre dois meios diferentes.  
Fonte: PEREIRA, F.O.R. & SOUZA, M.B. (2000)

A lei da refração é descrita pela Equação 6, onde  $\eta_1$  e  $\eta_2$  são os índices de refração do primeiro e do segundo meio respectivamente,  $\alpha_1$  o ângulo de incidência do fluxo luminoso e  $\alpha_2$  o ângulo de refração da luz.

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{\text{sen}(\alpha_2)}{\text{sen}(\alpha_1)}$$

EQUAÇÃO 6

**TABELA 2 – Índice de Refração**

Meio	Índice de refração ( $\eta$ )
Ar	1,00
Água	1,33
Vidro comum	1,50 - 1,54
Cristal	1,56 - 1,78

Fonte: PEREIRA, F.O.R. & SOUZA, M.B. (2000)

A Tabela 2 fornece índices de refração de alguns meios, para um determinado comprimento de onda, e como o índice de refração do ar é igual a 1,00 ( $\eta_{ar} = 1,00$ ), a Equação 6 resulta na Equação 7:

$$\text{sen}(\alpha_1) = \eta_2 \cdot \text{sen}(\alpha_2) \qquad \text{EQUAÇÃO 7}$$

Como o ângulo de refração depende do comprimento de onda, é possível por meio da dispersão em prismas observar a separação da luz branca em suas cores integrantes.

## **2.10. A HABITAÇÃO SOCIAL NO BRASIL**

O déficit habitacional brasileiro para o ano de 1995, de acordo com dados do Ipea (1998), era então da ordem de 5 milhões de unidades. Em razão de interesses políticos, dados anteriores apresentavam somas de 12 ou até mesmo 15 milhões de unidades, o que acarretava em um tratamento da questão habitacional como um problema insolúvel.

Segundo Kruger (2002), uma das razões para tais discrepâncias diz respeito ao método adotado para determinar o déficit real de moradias. Em princípio, o déficit habitacional pode ser desmembrado em três formas: o déficit por habitação com ocupação acima de uma família (caso de várias famílias vivendo sob o mesmo teto ou de sublocação de cômodos); o déficit por habitação precária (moradias constituídas de materiais ordinários ou de sobras); e o déficit por habitação desprovida de infra-estrutura adequada.

Considerando que o terceiro caso está relacionado à provisão de infra-estrutura ao local da moradia, apenas os dois primeiros se referem à moradia em si. Em 1970, por exemplo, dos 8 milhões de habitações

consideradas como déficit, 6,5 milhões eram de habitações consideradas “subnormais”, por falta de serviços urbanos, ( BRUNA, 1983).

Além dos aspectos de custo, ou seja, de ordem econômica, quanto à construção de moradias para a população de baixa renda, devem ser considerados aspectos de ordem ambiental e social.

A humanização da arquitetura, definida como satisfação com o ambiente físico por Kowaltowski et al. (1995) pode ser um dos caminhos para melhorar a situação da habitação social. A humanização definida por Kowaltowski tem como base a utilização de elementos naturais e estéticos, principalmente sob formas tradicionais. A importância da arquitetura tradicional é reforçada por Fathy (1986) quando cita que a sobrevivência de sociedades tradicionais por milhares de anos indica que estas possuem conhecimentos que podem ser de grande valor, sejam em suas formas originais ou como base para o desenvolvimento de novas técnicas construtivas.

A respeito dos aspectos ambientais no desenvolvimento de um sistema construtivo, deve-se observar que o ato de construir constitui basicamente uma intervenção no meio ambiente, na qual não apenas o local onde se constrói é modificado, como também um grande número de recursos naturais é despendido para este fim. Torna-se assim necessário que os danos ao meio ambiente sejam, à medida do possível, minimizados. Tal necessidade se refere não apenas ao bem-estar das sociedades atuais, (KRUGER, 2002).

No atendimento, tanto aos aspectos ambientais quanto aos aspectos socioeconômicos do planejamento e execução de moradias, deve-se dar prioridade à procura por métodos racionais de se chegar ao produto final, ou seja, à habitação propriamente dita, (KRUGER, 2002).

Acentuam-se também os problemas de difícil administração decorrentes do alto índice brasileiro de urbanização – que já em 1998 aproximava-se de 75%, – sem que haja recursos para investimentos essenciais. As profundas variações regionais em relação à urbanização devem-se à forma como se deu a divisão inter-regional do trabalho: a região

mais urbanizada em 1980 era a Sudeste com 82,79%, enquanto a Região Nordeste tinha o menor índice: 50,44%, (SANTOS, 1998).

De acordo com Ianni (1997), as grandes cidades são permeadas de “diversidades, desigualdades, heterogeneidades, tensões, contradições.” Os processos inerentes ao desenvolvimento do capitalismo no mundo, como a tecnologia de grande escala, fortalecem a divisão social do trabalho e as desigualdades e provocam o crescimento da tensão entre “localidade e globalidade.”

Um dos problemas que mais afetam a sensação de bem estar no interior dessas habitações é o arejamento interno das mesmas, consequência imediata de uma ventilação correta ou não. O estudo da ventilação natural pode aperfeiçoar as técnicas construtivas empregadas, diminuir os impactos ambientais ou minimizar o consumo energético utilizado para refrigeração do ambiente. A partir de metodologias existentes é possível avaliar a eficácia relativa da ventilação natural em habitações de interesse social (KOWALTOWSKI et al., 2003).

Segundo Dumke (2002), as percepções sobre a riqueza cultural da sociedade urbana local de Ianni e de Santos contrastam com a política habitacional brasileira onde os programas para Habitação de Interesse Social são implantados de forma padronizada em todo o território nacional, sem haver uma preocupação com especificidades regionais, acarretando problemas inerentes à tecnologia de grande escala como: a desatenção a culturas locais, impactos ambientais, dependência tecnológica e o aumento de desequilíbrios sócio-econômicos.

Para o problema da Habitação Social no Brasil, Kruger (2002) afirma que podemos formular alguns caminhos para o desenvolvimento de uma política habitacional consistente:

- a) Introdução de formas brandas de industrialização, do tipo pré-fabricação de ciclo aberto, com ênfase na racionalização da construção;
- b) Iniciativas que promovam a participação dos futuros moradores no projeto e na execução de suas moradias;

- c) Adequação da edificação às especificidades regionais de onde se pretende construir.

## **2.11. HISTÓRICO DA ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL**

A história da energia elétrica no Brasil, segundo o Centro de Memória da Eletricidade no Brasil, é fragmentado em oito períodos, detalhados a seguir:

Primórdios – de 1879 a 1899:

1879 – Dom Pedro II concedeu a Thomas Alva Edison o privilégio de introduzir no país aparelhos e processos de sua invenção destinados à utilização da eletricidade na iluminação pública. Foi inaugurada, na Central da Estrada de Ferro D. Pedro II, atual Estrada de Ferro Central do Brasil, a primeira instalação de iluminação elétrica permanente.

1881 – A Diretoria Geral dos Telégrafos instalou, na cidade do Rio de Janeiro, a primeira iluminação externa pública do país em trecho da atual Praça da República.

1883 – Entrou em operação a primeira usina hidrelétrica no país, localizada no Ribeirão do Inferno, afluente do Rio Jequitinhonha, na cidade de Diamantina. D. Pedro II inaugurou na cidade de Campos, o primeiro serviço público municipal de iluminação elétrica do Brasil e da América do Sul.

1889 – Entrou em operação a primeira hidrelétrica de maior porte do Brasil, Marmelos-Zero da Companhia Mineira de Eletricidade, pertencente ao industrial Bernardo Mascarenhas.

1892 – Inaugurada, no Rio de Janeiro, pela Companhia Ferro-Carril do Jardim Botânico, a primeira linha de bondes elétricos instalada em caráter permanente do país.

1899 – Criada em Toronto (Canadá), a São Paulo Railway, Light and Power Empresa Cliente Ltda – SP RAILWAY.

Implantação – de 1903 a 1927:

1903 – Aprovado pelo Congresso Nacional, o primeiro texto de lei disciplinando o uso de energia elétrica no país.

1904 – Criada em Toronto (Canadá) a Rio de Janeiro Tramway, Light and Power Empresa Cliente – RJ TRAMWAY.

1908 – Entrou em operação a Usina Hidrelétrica Fontes Velhas, na época a maior usina do Brasil e uma das maiores do mundo.

1912 – Criada em Toronto (Canadá), a Brazilian Traction, Light and Power Empresa Cliente Ltda que unificou as empresas do Grupo Light.

1913 – Entrou em operação a Usina Hidrelétrica Delmiro Gouveia, primeira do Nordeste, construída para aproveitar o potencial da Cachoeira de Paulo Afonso no rio São Francisco.

1927 – A Americana and Foreign Power Empresa Cliente – AMFORP iniciou suas atividades no país adquirindo o controle de dezenas de concessionárias que atuavam no interior de São Paulo.

Regulamentação – de 1934 a 1945:

1934 – Promulgado pelo presidente Getúlio Vargas o Código de Águas, assegurando ao poder público a possibilidade de controlar rigorosamente as concessionárias de energia elétrica.

1937 – O presidente Getúlio Vargas inaugurou no Rio de Janeiro o primeiro trecho eletrificado da Estrada de Ferro Central do Brasil.

1939 – O presidente Getúlio Vargas criou o Conselho Nacional de Águas e Energia – CNAE para sanear os problemas de suprimento, regulamentação e tarifas referentes à indústria de energia elétrica no país.

1940 – Regulamentada a situação das usinas termelétricas do país, mediante sua integração às disposições do Código de Águas.

1941 – Regulamentado o “custo histórico” para efeito de cálculo das tarifas de energia elétrica, fixando a taxa de remuneração dos investidores em 10%.

1945 – Criada, no Rio de Janeiro, a primeira empresa de eletricidade de âmbito federal, a Companhia Hidro Elétrica do São Francisco – CHESF.

Expansão – de 1953 a 1961:

1952 – Criado o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico – BNDE para atuar nas áreas de energia e transporte.

1954 – Entrou em operação a primeira grande hidrelétrica construída no rio São Francisco, a Usina Hidrelétrica Paulo Afonso I, pertencente à CHESF. Entrou em operação a Usina Termelétrica Piratininga, à óleo combustível, primeira termelétrica de grande porte do Brasil.

1956 – Foi criada para administrar o programa energético do estado do Espírito Santo, a Escelsa, empresa posteriormente federalizada e que passou a fazer parte do grupo Eletrobrás.

1957 – Criada a Central Elétrica de Furnas S.A., com o objetivo expresso de aproveitar o potencial hidrelétrico do rio Grande, para solucionar a crise de energia na Região Sudeste.

1960 – Com o desdobramento da política desenvolvimentista do presidente Juscelino Kubitschek, conhecida como Plano de Metas, foi criado o Ministério das Minas e Energia – MME.

1961 – Durante a presidência de Jânio Quadros foi criada a Eletrobrás, constituída em 1962 pelo presidente João Goulart para coordenar o setor de energia elétrica brasileiro.

Consolidação – de 1962 a 1973:

1962 – O Banco Mundial formou o Consórcio Canambra com o objetivo de desenvolver amplo estudo dos potenciais hidrelétricos e do mercado de energia elétrica na região Sudeste.

1963 – Entrou em operação a Usina Hidrelétrica de Furnas, maior usina do Brasil na época de sua construção.

1965 – Criado o Departamento Nacional de Águas e Energia, encarregado da regulamentação dos serviços de energia elétrica no país.

Entrou em operação a Usina Termelétrica Jorge Lacerda I, que atualmente faz parte do maior complexo termelétrico à carvão vapor do Brasil.

1968 – Criada a Centrais Elétricas do Sul do Brasil S.A. – ELETROSUL na qualidade de empresa subsidiária da Eletrobrás. Entrou em operação a maior termelétrica do país, a Usina Termelétrica Santa Cruz, de Furnas – Centrais Elétricas S.A. Para supervisionar os estudos hidroenergéticos relacionados à Região Amazônica, foi criado o Comitê Coordenador de Estudos Energéticos da Amazônia – ENERAM.

1969 – Entrou em operação a Usina Hidrelétrica Funil, única com barragem de porte em arco de dupla curvatura no Brasil. Com o objetivo de diminuir os problemas operativos e aperfeiçoar o processo de integração das empresas do setor, foi criado o Comitê Coordenador de Operação Interligada – CCOI.

1973 – Como consequência do tratado firmado entre Brasil e Paraguai, regulando a construção e operação de hidrelétricas no rio Paraná, foi criada a Itaipu Binacional – ITAIPU. Como resultados dos estudos do ENERAM, foi criada a Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. – ELETRONORTE. Criada a Empresas Nucleares Brasileiras S.A. – NUCLEBRÁS, sociedade de economia mista para executar a política nuclear do país. Criado o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL para desenvolver tecnologia em equipamentos e em sistemas elétricos.

Estatização – de 1975 a 1986:

1975 – Criados o Comitê de Distribuição da Região Sul-Sudeste – CODI e o Comitê Coordenador de Operação do Norte Nordeste – CCON.

1979 – Depois de oitenta anos sob o controle estrangeiro, foi nacionalizada a Light Serviços de Eletricidade S.A. Entrou em operação a Usina Hidrelétrica Sobradinho, realizando o aproveitamento múltiplo do maior reservatório do país que regulariza a vazão do rio São Francisco. Foi autorizada pelo DNAEE a instalação do Sistema Nacional de Supervisão e Coordenação de Operação – SINSOC.

1982 – O Ministério das Minas e Energia criou o Grupo Coordenador de Planejamento dos Sistemas Elétricos – GCPS.

1984 – Entrou em operação a Usina Hidrelétrica Tucuruí, da Eletronorte, primeira hidrelétrica de grande porte construída na Amazônia. Concluída a primeira parte do sistema de transmissão Norte-Nordeste, permitindo a transferência de energia da bacia amazônica para a região Nordeste. Entrou em operação a Usina Hidrelétrica Itaipu, maior hidrelétrica do mundo com 12.600 MW de capacidade instalada.

1985 – Constituído o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL, com o objetivo de incentivar a racionalização do uso da energia elétrica. Entrou em operação a Usina Termonuclear Angra I, primeira usina nuclear do Brasil.

1986 – Entrou em operação o sistema de transmissão Sul-Sudeste, o mais extenso da América do Sul, transportando energia elétrica da Usina Hidrelétrica Itaipu até a região Sudeste.

Privatização – de 1988 a 1999:

1988 – Criada a Revisão Institucional de Energia Elétrica – REVISE, embrião das alterações promovidas no setor de energia elétrica durante a década de 1990. Criado o Comitê Coordenador das Atividades do Meio Ambiente do Setor Elétrico – COMASE.

1990 – O Presidente Fernando Collor de Mello sancionou a Lei n. 8.031 criando o Programa Nacional de Desestatização – PND. Criado o Grupo Tecnológico Operacional da Região Norte – GTON, órgão responsável pelo apoio às atividades dos Sistemas Isolados da Região Norte e regiões vizinhas. Criado o Sistema Nacional de Transmissão de Energia Elétrica – SINTREL, para viabilizar a competição na geração, distribuição e comercialização de energia.

1995 – As empresas controladas pela Eletrobrás foram incluídas no Programa Nacional de Desestatização que orientava a privatização dos segmentos de geração e distribuição. Realizado o leilão de privatização da

Escelsa, inaugurando nova fase do setor de energia elétrica brasileiro em consonância com a política de privatização do Governo Federal.

1997 – Criada a Eletrobrás Termonuclear S.A. – ELETRONUCLEAR, empresa que passou a ser a responsável pelos projetos das usinas termonucleares brasileiras. Constituído o novo órgão regulador do setor de energia sob a denominação de Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL.

1998 – O Mercado Atacadista de Energia Elétrica – MAE foi regulamentado, consolidando a distinção entre as atividades de geração, transmissão distribuição e comercialização de energia elétrica. Foram estabelecidas as regras de organização do Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS, para substituir o Grupo Coordenador para Operação Interligada – GCOI. No dia 19 de abril, o governo do estado de Mato Grosso publicou a licença de instalação da obra de aproveitamento múltiplo da Usina Hidrelétrica do Manso, às margens do Rio Manso, a 100 km de Cuiabá.

1999 – A primeira etapa da Interligação Norte-Sul entrou em operação, representando um passo fundamental para a integração elétrica do país.

Atual – A partir de 2000:

2000 – O presidente Fernando Henrique Cardoso lançou o Programa Prioritário de Termelétricas visando a implantação no país de diversas usinas a gás natural.

Entrou em operação, no mês de julho, a usina hidrelétrica Itá, na divisa dos municípios de Aratiba (RS) e Itá (SC). A conclusão das obras de aproveitamento foram levadas a termo pela Gerasul, em parceria com a Itá Energética, consórcio formado pelas empresas Odebrecht Química, Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) e Cimentos Itambé. Em março de 2001, a usina atingiu a capacidade de 1.450 MW.

A importação de 1.000 MW de energia da Argentina, iniciada no mês de julho pela Companhia de Interconexão Energética (Cien), utilizou novas linhas de 500 kV e uniu as subestações de Rincón e Garabi (Argentina), Santo Ângelo e Itá (Brasil), constituindo a maior e mais importante compra de energia pelo Brasil da Argentina.

Foi instituído, no mês de agosto, pela Lei nº 9.478, o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE). Efetivamente instalado em outubro, o Conselho assumiu a atribuição de formular e propor ao presidente da República as diretrizes da política energética nacional.

2001 - Nesse ano, o Brasil vivenciou sua maior crise de energia elétrica, acentuada pelas condições hidrológicas extremamente desfavoráveis verificadas nas regiões Sudeste e Nordeste. Com a gravidade da situação, o governo federal criou, em maio, a Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica (GCE), com o objetivo de "propor e implementar medidas de natureza emergencial para compatibilizar a demanda e a oferta de energia elétrica, de forma a evitar interrupções intempestivas ou imprevistas do suprimento de energia elétrica." Em junho, foi implantado o programa de racionamento nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste e, em agosto, em parte da região Norte.

Ainda no âmbito da crise de energia elétrica, no mês de agosto, o governo criou a empresa Comercializadora Brasileira de Energia Emergencial (CBEE) para realizar a contratação das térmicas emergenciais.

Entrou em operação, em agosto, a Usina Termelétrica Eletrobold (RJ), incluída no Programa Prioritário de Termelétricas (PPT). A usina foi construída pela Sociedade Fluminense de Energia (SFE), controlada pelo grupo norte-americano Enron, sendo equipada com oito grupos de geradores a gás natural e totalizando 380 MW de capacidade instalada.

Entrou em operação, em dezembro, a primeira unidade da Usina Hidrelétrica Lajeado, na divisa dos municípios de Miracema do Tocantins e Palmas (TO). Construída pela Investco, consórcio liderado pelas empresas Rede Lajeado Energia, do Grupo Rede, e EDP Brasil, controlada pela Eletricidade de Portugal (EDP), a usina foi projetada para operar com cinco

unidades geradoras, com capacidade total de 900 MW. Em dezembro, terminou o racionamento na região Norte.

2002 - Entrou em operação, em fevereiro, a Usina Hidrelétrica Machadinho, na divisa dos municípios de Maximiliano de Almeida (RS) e Piratuba (SC). Foi construída por consórcio formado pela Gerasul, Celesc, CEEE, Departamento Municipal de Eletricidade de Poços de Caldas e grandes empresas privadas consumidoras de energia, como a Alcoa Alumínio, a Companhia Brasileira de Alumínio (CBA), a Valesul Alumínio, a Companhia de Cimentos Portland Rio Branco e a Camargo Corrêa Cimentos. Em julho, entrou em operação a terceira e última unidade geradora da usina, perfazendo o total de 1.140 MW.

Em fevereiro, terminou o racionamento nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Entrou em operação, em maio, a Usina Hidrelétrica Cana Brava, na divisa dos municípios de Cavalcanti e Minaçu (GO), com capacidade de geração de 450 MW, alcançada quatro meses após a inauguração. A Companhia Energética Meridional (CEM), empresa constituída pela Tractebel, é a empresa responsável pela construção e operação da usina, e do sistema de transmissão associado.

Em junho, foi extinta a Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica (GCE), substituída pela Câmara de Gestão do Setor Elétrico (CGSE), vinculada ao Conselho Nacional de Política Energética (CNPE). A CGSE foi encarregada de propor ao CNPE diretrizes para a elaboração da política do setor de energia elétrica, além de gerenciar o Programa Estratégico Emergencial para o aumento da oferta de energia.

2003 - O Governo Federal lançou em novembro o programa LUZ PARA TODOS, objetivando levar, até 2008, energia elétrica aos 12 milhões de brasileiros que não têm acesso ao serviço. Deste total, 10 milhões estão na área rural. A gestão do programa será compartilhada entre estados, municípios, agentes do setor elétrico e comunidades.

Entrou em operação comercial em novembro a 15ª unidade geradora hidráulica da Usina Hidrelétrica Tucuruí. É a terceira máquina da segunda etapa, que irá acrescentar mais 375 MW de potência à usina. As obras irão

ampliar a capacidade de geração, de 4.245 MW para 8.370 MW, possibilitando o atendimento a mais de 40 milhões de pessoas. Tucuruí passará a ser a maior hidrelétrica nacional.

2004 - Foi inaugurada em janeiro a PCH Padre Carlos, em Poços de Caldas (MG). A usina tem capacidade para gerar 7,8 MW e é um reforço no atendimento aos 52 mil consumidores da área de concessão do Departamento Municipal de Eletricidade de Poços de Caldas e integra um conjunto de cinco pequenas centrais hidrelétricas já em operação na área.

O novo modelo do setor elétrico foi aprovado com a promulgação, em março, das Leis nº 10.847 e nº 10.848, que definiram as regras de comercialização de energia elétrica e criaram a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), com a função de subsidiar o planejamento técnico, econômico e sócio ambiental dos empreendimentos de energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados e fontes energéticas renováveis.

O novo modelo definiu a oferta de menor tarifa como critério para participação nas licitações de empreendimentos, estabeleceu contratos de venda de energia de longo prazo e condicionou a licitação dos projetos de geração às licenças ambientais prévias.

No âmbito desta nova legislação, foram criados a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) e o Comitê de Gestão Integrada de Empreendimentos de Geração do Setor Elétrico (CGISE), a Eletrobrás e suas controladas foram retiradas do Programa Nacional de Desestatização (PND) e a Eletrosul foi autorizada a retomar a atividade de geração. A empresa mudou sua denominação para Eletrosul Centrais Elétricas S.A.

2005 - Em janeiro, foi inaugurada em Veranópolis (RS) a Usina Hidrelétrica Monte Claro, com capacidade para gerar 130 MW. A usina integra, junto com as usinas 14 de Julho e Castro Alves, o Complexo Energético do Rio das Antas, na região Nordeste do estado.

A obra é um dos empreendimentos de geração com entrada em operação prevista para este ano, sendo 11 hidrelétricas e uma térmica. Com

2.995 MW de capacidade instalada, esse conjunto de usinas vai aumentar em 4,4% a capacidade instalada de geração no país.

O sistema de fornecimento de energia elétrica no Espírito Santo foi reforçado, em março, com a inauguração da Linha de Transmissão Ouro Preto 2–Vitória e da ampliação da subestação de Vitória. A obra, realizada em 15 meses, prazo recorde na construção de linhas de transmissão, melhora a qualidade e a confiabilidade do sistema e reduz a possibilidade de falta de energia elétrica por falhas nas linhas de transmissão.

Com a nova linha de transmissão o Espírito Santo deixa de ser ponta do sistema elétrico e passa a contar com caminhos alternativos de suprimento de energia.

Foram assinados os contratos de concessão para a implantação de 2.747 quilômetros de 10 novas linhas de transmissão. As obras significarão investimentos de R\$ 2,06 bilhões e deverão estar concluídas até 2007.

As linhas foram arrematadas, em leilão realizado em 2004, por 10 empresas brasileiras e três espanholas. As concessões têm duração de 30 anos e a construção dos novos empreendimentos beneficiará 140 municípios de 11 estados: Ceará, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pará, Paraíba, Paraná, Rio de Janeiro, Santa Catarina e São Paulo.

A Eletrobrás e a Korea Electric Power Corporation (Kepco), da Coreia do Sul, assinaram Protocolo de Intenção para cooperação e formação de parcerias para investimentos conjuntos em projetos nos segmentos de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica no Brasil e na América Latina.

A Kepco é uma empresa estatal sul-coreana com atividades similares às da Eletrobrás. O protocolo prevê a avaliação do uso de todas as opções disponíveis de combustível, incluindo carvão, outros combustíveis fósseis, energia renovável e, eventualmente, energia nuclear.

## 2.12. IMPORTÂNCIA E PRINCÍPIOS BÁSICOS DO CONFORTO LUMÍNICO

“O olho é um instrumento óptico que coleta as ondas luminosas e as transforma em impulsos nervosos que estimulam o cérebro, permitindo a formação e decodificação das imagens”, (KRAUSE et al., 2004).

O conforto visual ou conforto lumínico é o primeiro determinante da necessidade de iluminação em um edifício. A boa iluminação deve ter direcionamento adequado e intensidade suficiente sobre o local de trabalho, bem como proporcionar boa definição de cores e ausência de ofuscamento.

Os ambientes construídos são iluminados para permitir o desenvolvimento de tarefas visuais. Cada tarefa visual, em função do nível de detalhes envolvidos merece ser iluminada adequadamente. Embora possa variar de um indivíduo a outro, podemos dizer que a ausência de uma situação mínima de conforto visual, traz fadiga e desgaste dos órgãos visuais, reduz a acuidade visual trazendo o mau desempenho das tarefas propostas.

Conforto visual ou conforto lumínico, segundo Lamberts (1997), é a existência de um conjunto de variações, 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 o menor risco de prejuízo à vista e com reduzidos riscos de acidente.

Estas condições, que estão relacionadas aos requisitos necessários para a ocorrência tranqüila do processo visual, podem ser classificadas como seguem:

- a) Iluminância suficiente;
- b) Boa distribuição de iluminâncias;
- c) Ausência de ofuscamento;
- d) Contrastes adequados (proporção de luminâncias);
- e) Bom padrão e direção de sombras.

A iluminação insuficiente pode causar fadiga, dor de cabeça e irritabilidade, além de provocar erros e acidentes. É importante balancear a

quantidade e a qualidade da iluminação em um ambiente, bem como escolher adequadamente a fonte de luz natural ou artificial. A solução mais apropriada, buscando uma eficiência no uso da iluminação, é que o projeto tenha como base a complementação e não a substituição da iluminação natural pela elétrica, (AMORIM, 2002).

Torna-se difícil, no entanto, estimar as preferências humanas à iluminação, visto que este fator é subjetivo e varia conforme o sexo, a idade da pessoa, a hora do dia e as relações contextuais com o local. O emprego preferencial da luz natural permite às pessoas maior tolerância à variação no nível de iluminação.

O olho humano se adapta melhor à luz natural que à artificial, portanto é melhor trabalhar com luz natural. A luz artificial não reproduz as cores da luz natural (tem espectro diferente), nem varia conforme as horas do dia, reduzindo assim, a riqueza em cores e contrastes dos objetos iluminados. É importante notar também que a luz natural, além de seus benefícios para a saúde, dá a sensação psicológica do tempo – cronológico e climático – no qual se vive, ao contrário da monotonia fornecida pela luz artificial, (CORBELLA, 2003).

No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da NBR 5413 (1992), fixa as iluminâncias mínimas a serem atingidas em função do tipo de tarefa visual.

Segundo Lamberts (1997), as principais variáveis estudadas no conforto lumínico são o contraste e o ofuscamento, que serão descritas a seguir:

1. Contraste: é definido como a diferença entre a luminância (brilho) de um objeto e a luminância do entorno imediato deste objeto. Os extremos são o preto de um lado e uma só tonalidade intermediária do outro. A sensibilidade ao contraste melhora com o aumento da luminância, que por sua vez é função da iluminação, até certos limites (possibilidade de ocorrer ofuscamento), (LAMBERTS, 1997).

2. Ofuscamento: ocorre quando o processo de adaptação não transcorre normalmente devido a uma variação muito grande da iluminação

e/ou a uma velocidade muito grande, experimentando-se uma perturbação, desconforto ou até perda da visibilidade, que é chamada de ofuscamento. O ofuscamento pode ocorrer devido a dois efeitos distintos:

2.1. Por contraste: caso a proporção entre as luminâncias de objetos do campo visual seja maior do que 10:1.

2.2. Por saturação: o olho é saturado com luz em excesso; essa saturação ocorre normalmente quando a luminância média da cena excede a 25000cd/m<sup>2</sup>.

Em geral a iluminação uniformemente distribuída no plano de trabalho é desejada em ambientes industriais e comerciais, associada com efeitos direcionais e sombras da iluminação geral, para acentuar a profundidade e forma dos objetos. As sombras resultantes estão diretamente associadas a características de direcionalidade e intensidade do campo luminoso.

Todas essas condições físicas da luz, podem ser resultantes de fonte de luz natural ou artificial. Salvo algumas exceções (câmaras escuras, cinemas, etc.), a maioria dos espaços ocupados pelo homem necessita abundantemente de luz. A luz natural é qualitativamente superior à luz artificial. O jogo de intensidades diferenciadas de luz, sombras e de reprodução das cores são informações espaço-temporais, que a luz natural fornece ao homem, fundamentais ao funcionamento do seu relógio biológico.

A iluminação artificial, embora mais limitada, permite ao homem estender suas atividades em momentos onde a luz natural não é suficiente (a noite, por exemplo). Isto tudo faz com que os profissionais da área necessitem de pensar em iluminação de forma a integrar fontes de luz naturais e artificiais. Assim, além de conceber ambientes mais agradáveis, onde o conforto visual é sempre possível, o projetista pode tornar seu projeto mais eficiente com relação ao consumo de energia elétrica necessária para o sistema de iluminação artificial.

## 2.13. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E ARQUITETURA

Eficiência energética em edificações, é um vasto conjunto de procedimentos e estratégias que visam garantir o uso racional da energia e o conforto dos usuários. Ele abrange desde estratégias bioclimáticas aplicadas ao empreendimento, passando por tecnologia da iluminação, até a certificação energética das construções, entre outros aspectos, (MEIRIÑO, 2004).

O início da preocupação com a eficiência energética em edificações se deu na década de 1970, quando houve a crise do petróleo que pôs em alerta países cujo sistema energético era baseado em termoelétricas. Neste cenário, foi a França que mais rapidamente obteve resultados na regulamentação energética em suas edificações, alcançando, já em 1989, economia de energia da ordem de 42% em relação a 1973 (ano em que ocorreu a crise). O padrão francês passou a servir de base para o restante do continente.

Nos Estados Unidos, o tema ganhou força no início da década de 1990. Em 1992, o governo, por meio de um ato, obrigou todas as unidades da federação a adotar padrões mínimos de eficiência energética em edificações.

Um dos fatores que contribuiu para a falta de envolvimento do Brasil com essa questão, até então, é o fato de nosso sistema energético ser provido por hidrelétricas. De acordo com dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), elas são responsáveis por 82,36% da energia elétrica produzida no Brasil, provocam impacto ambiental não tão alardeante quanto as emissões atmosféricas geradas por termelétricas, e sua produção teoricamente vem suprimindo nossas necessidades. No entanto, os apagões ocorridos em 2001 provocaram mudanças significativas, (MEIRIÑO, 2004).

Em relação às edificações, os setores comercial, público e residencial, somados, são responsáveis pelo consumo de 47,35% da energia elétrica. (LAMBERTS, 1997). Em pesquisas de campo, conforme descrito por Mascaró (1992), evidenciou-se que:

- a) 20% a 30% da energia consumida seriam suficientes para o funcionamento da edificação;
- b) 30% a 50% da energia consumida são desperdiçados por falta de controles adequados da instalação, por falta de manutenção e também por mau uso;
- c) 25% a 45% da energia são consumidos indevidamente por má orientação da edificação e por desenho inadequado de suas fachadas.

Sabe-se hoje que uma construção projetada para ser energeticamente eficiente pode reduzir em até 50% o consumo de energia, comparada a uma construção convencional. Dentre as várias estratégias que podem ser empregadas, uma delas é usar ao máximo a luz natural disponível.

A abundância de luz no Brasil é fato, mas o maior consumo de energia em edifícios comerciais e públicos é exatamente com iluminação artificial - quase 50% do total. Em seguida vem o ar condicionado (35%). A enorme quantidade de calor, gerada pela excessiva quantidade de lâmpadas também contribui para o aumento da carga do ar condicionado, que passa a consumir mais energia para retirar esse calor, (MASCARÓ, 1992).

Os valores acima demonstram o papel dos arquitetos nesse processo. É necessário um projeto de arquitetura que interaja com o meio em que se insere, fazendo uso de iluminação e ventilação naturais, com orientação e forma planejada, proteções solares corretas e especificação criteriosa de materiais (especialmente no envelope da edificação), entre outros aspectos. Tirando o máximo proveito das condições climáticas da região é que se obtêm as maiores contribuições no uso eficiente e na racionalização da energia, sem deixar de garantir o conforto dos usuários.

O uso contínuo de energia é provavelmente o maior impacto ambiental específico de uma edificação, e por isso o projeto energeticamente eficiente é de tanta importância. Isto se relaciona com diversos aspectos, dentre eles a utilização de fontes energéticas renováveis,

a minimização das cargas de aquecimento e refrigeração, a otimização da luz natural, etc.

A utilização da iluminação natural nos ambientes de uma edificação traz grandes vantagens aos seus usuários, tais como a conservação de energia, o contato com o exterior, a variação de iluminação, a qualidade da luz e os benefícios psicológicos e fisiológicos de um ambiente mais agradável. Quando bem dimensionada, a iluminação natural pode diminuir sensivelmente o consumo de energia decorrente da utilização da iluminação artificial e nos dias/horas em que não for suficiente para a realização das tarefas pode ser complementada com a luz artificial, (AMORIM, 2002).

Segundo Amorim (2002), pode-se obter maior eficiência através do uso da luz natural controlada, basicamente de dois modos:

- a) Economia direta: através do uso otimizado da luz natural, há uma redução do uso da luz artificial. É necessário que haja um sistema de controle da luz artificial incorporando, de forma que quando há suficiente luz natural, a luz artificial seja desligada ou diminuída. Desta forma, é importante que o projeto de luz artificial seja integrado desde o início com o estudo do comportamento da luz natural.
- b) Economia indireta: através da redução da carga do ar condicionado. Quando existe um bom projeto de luz natural, proporcionando a entrada de luz natural difusa controlada, há menores ganhos de calor solar e reduzem-se os ganhos de calor gerados pela iluminação artificial. Isto diminui a carga de refrigeração do ar condicionado.

Em diversas cidades do país nos deparamos com numerosos exemplos de desperdício de energia elétrica, proporcionados por projetos inadequados. Em muitos casos, como por exemplo, de habitações de interesse social, as edificações tomaram como modelo padrões arquitetônicos de regiões climáticas completamente distintas do local onde estão inseridas. Existem também outros erros comuns seja pela má orientação da edificação, seja por desconsiderar a ventilação natural, a

iluminação natural ou integrada à artificial, ou até mesmo pela especificação de revestimentos do envelope da edificação com materiais inadequados ao clima (em relação à cor, por exemplo).

É importante adotar, entretanto, em conjunto com a legislação específica, instrumentos que incentivem a preocupação com a questão ambiental, sejam eles fiscais (redução de impostos), econômicos (linhas de financiamento) ou educacionais (conscientização e órgãos consultivos), bem como certificações e prêmios. A longa experiência internacional comprova a eficácia desses mecanismos e dessa política de busca da eficiência, em termos de retorno tanto econômico quanto ambiental, (MEIRIÑO, 2004).

Estudar e praticar a eficiência energética, respeitando as questões ambientais, faz parte da busca por uma sociedade sustentável, capaz de atender às necessidades atuais sem comprometer os direitos das futuras gerações. Alcançar a eficiência energética não significa abrir mão dos benefícios provenientes do uso da energia, mas sim, analisar de maneira racional com a finalidade de saber o quanto e quando a sua utilização se faz necessária.

## **2.14. EXIGÊNCIAS HUMANAS E FUNCIONAIS**

### **2.14.1. Determinação da Iluminação Natural para os Locais da Habitação**

A definição dos critérios gerais de desempenho a serem cumpridos para cada sub-área do conforto ambiental está em função de duas grandes variáveis:

- a) do uso do espaço – aspectos ligados à funcionalidade de cada ambiente, levando-se em consideração as condições mínimas para a realização de cada atividade, as superposições de funções etc. É a forma como o usuário recebe e usa o espaço;

- b) das exigências humanas e funcionais em relação ao conforto luminoso, térmico e acústico, que vai determinar os critérios de desempenho em si.

Assim, um fator essencial, como dado de projeto, em relação aos critérios de desempenho para todos os parâmetros de conforto ambiental, é a função da atividade a ser desenvolvida no ambiente. Nesse sentido, em relação à habitação, é necessário considerar cada dependência em separado: dormitório, sala, cozinha, banheiro e área de serviço, pois apresentam diferentes exigências de conforto.

Com relação à iluminação natural, três são os critérios gerais de desempenho:

- a) Níveis mínimos de iluminância para cada atividade (estabelecidos pela NBR 5413 (1992) da ABNT);
- b) Não incidência de Sol direto para as atividades visuais de acuidade média como leitura, escrita, costura etc.;
- c) Uniformidade máxima entre dois pontos quaisquer do local.

Como as medições realizadas neste estudo se limitaram ao espaço central da cozinha, nos limitaremos também a considerar somente esta localização na determinação da iluminação natural.

#### **2.14.2. Cozinha**

“O nível de iluminação geral é relativamente baixo, sendo necessário um nível maior em alguns pontos localizados (pia, mesa e fogão) que muitas vezes é resolvido com iluminação artificial”, (VIANNA & GONÇALVES, 2001).

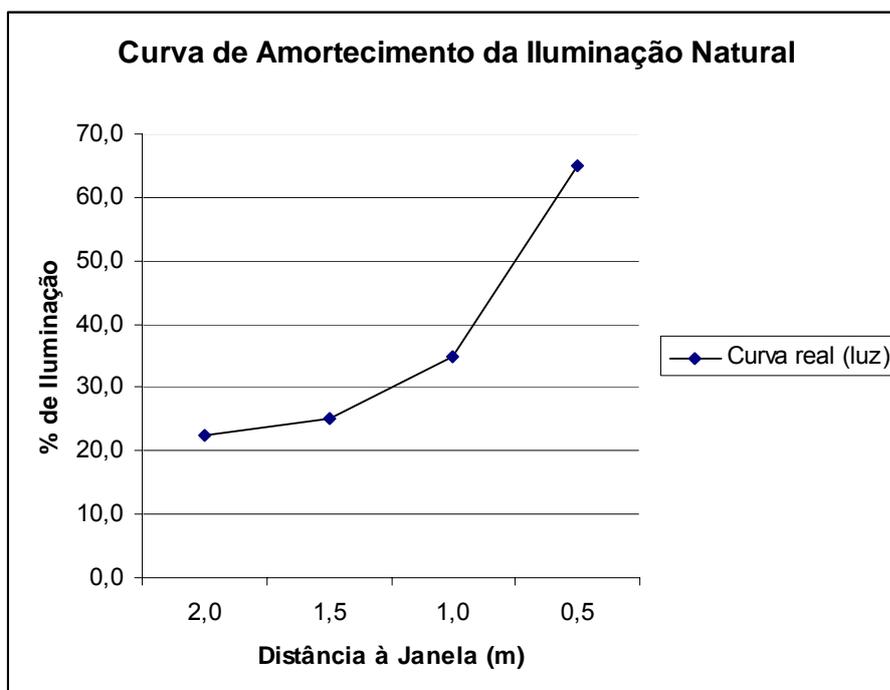
Os critérios específicos de acordo com a NBR 5413 (1992) da ABNT são:

- a) Nível de iluminância (NBR 5.413) = 150 lux.
- b) Nível de iluminância local: 200-500 lux (fogão, pia e mesa).
- c) Uniformidade: não necessária, porém recomendável.

- d) Incidência de Sol direto: não permitida no plano de trabalho de preparo de alimentação por causar contrastes excessivos e possíveis acidentes com instrumentos cortantes; permitida em outras áreas da cozinha, contanto que se cumpra os critérios de desempenho térmico e de insolação. Quando for utilizado para leitura/escrita/desenho/costura, esta incidência não é permitida por causar ofuscamento e cansaço visual.

## 2.15. LOCALIZAÇÃO E FORMA DAS JANELAS

Como a luz do Sol deve penetrar no ambiente por aberturas laterais ou zenitais, as janelas devem ser projetadas com disposição, altura e vão livre útil calculados em função das dimensões, da geometria e da profundidade do ambiente (HOPKINSON et al.,1975). O maior aproveitamento da luz natural, neste caso, ocorre perto das janelas, sendo comum um grande declínio à medida que nos afastamos dela, de acordo com a Figura 7.



**FIGURA 7** - Curva de amortecimento da iluminação natural no ambiente.  
Fonte: JORGENSEN, R. Fan Engineering, in QUEIROZ, T.

A função de uma janela e sua localização, como elemento de integração exterior–interior não pode ser esquecida, e na verdade é esta mistura de parâmetros que pode tornar fascinante o projeto das aberturas.

Além das aberturas que captam a luz solar, características do ambiente interno, tal como pé-direito, forma do teto e cores das superfícies, interferem no resultado obtido.

*“Muito do segredo de uma boa iluminação lateral se baseia na adequada localização das janelas em relação ao interior e nas características que cada tipo de fechamento tem, analisados do ponto de vista luminotécnico.”*  
(VIANNA & GONÇALVES, 2001).

Descrevemos a seguir alguns dos aspectos da iluminação oferecida por formas e disposições típicas de janelas:

- a) Janelas altas e baixas;
- b) Janelas altas e estreitas;
- c) Janelas largas e horizontais;
- d) Janelas em paredes opostas;
- e) Janelas em paredes adjacentes;
- f) Janelas em sacada;
- g) Proteções solares

### **2.15.1. Janelas Altas e Baixas**

Janelas baixas propiciam uma iluminação mais próxima delas.

As janelas altas propiciam uma maior profundidade na distribuição da luz natural, em função da relação entre a altura do piso e o limite superior da janela, e também melhoram um pouco a uniformidade, pelo fato de se diminuir os níveis de iluminância mais próximos à abertura e aumentar a reflexão interna das paredes, uma vez que a luz é levada mais para o fundo do ambiente. Janelas altas e contínuas, recuadas ou não até o interior da fachada, permitem reduzir a área visível da abóbada celeste que pode provocar ofuscamento.

A localização da borda superior das janelas tão perto do forro quanto possível incrementa a superfície refletora do mesmo e diminui as áreas escuras que a rodeiam. A uniformidade da iluminação melhora notavelmente, quando a borda superior da janela está situada a uma altura igual a, pelo menos, metade da profundidade do local que contem a janela.

### **2.15.2. Janelas Altas e Estreitas**

Com uma mesma área de janela dividida em duas janelas em série podemos ter as seguintes situações:

- a) Se as janelas em série estiverem muito separadas uma da outra, a distribuição da luz, paralela à parede que contem a janela, será inadequada, e as áreas de piso e parede entre as janelas podem ficar bem mais escuras;
- b) Porém, se as janelas não estiverem muito separadas, a distribuição será melhor, mais uniforme, atingindo uma maior área útil do plano horizontal.

### **2.15.3. Janelas Largas e Horizontais**

As janelas deste tipo formando planos contínuos alargados são usadas em oficinas grandes e profundas e junto com uma iluminação artificial complementar, quando se deseja restringir a admissão da luz solar direta e obter um melhor balanceamento entre a luz diurna e a artificial complementar.

*“Janelas largas e horizontais situadas na parte superior da parede dão faixa de luz diurna paralela à parede que as compõem, porém bastante alargadas, até o fundo do local. Com semelhantes janelas em apenas um lado, a área logo abaixo das mesmas fica pobremente iluminada, criando-se ali um contraste desagradável de iluminâncias, com a visão da abóbada celeste luminosa através das janelas.”*  
(MASCARÒ, 1975)

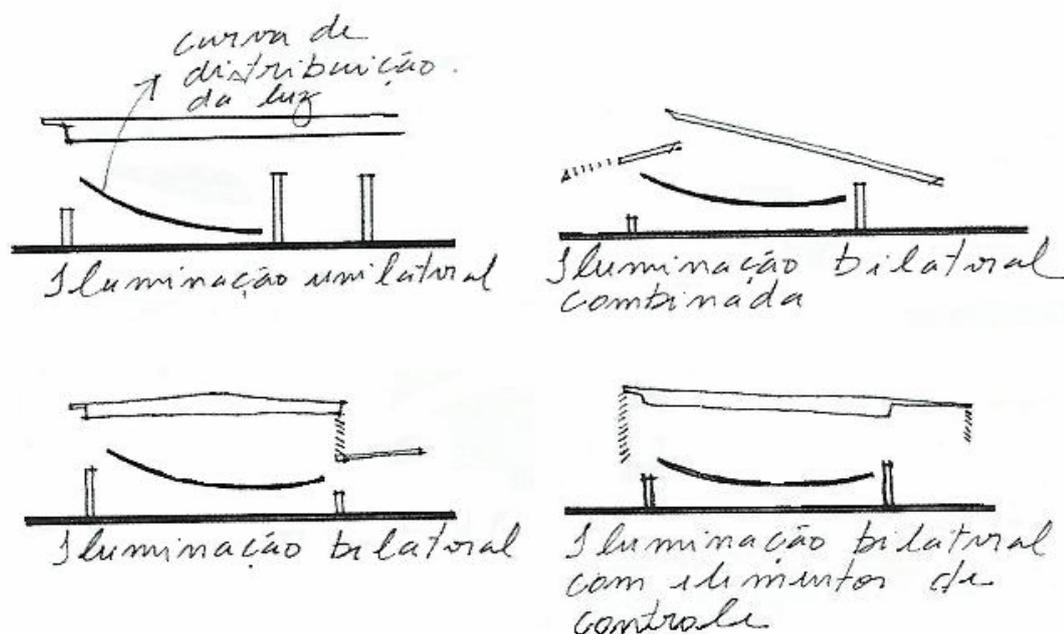
Como regra geral, as superfícies envidraçadas grandes e contínuas, estendidas ao longo do local, permitem uma distribuição mais uniforme da luz diurna do que as janelas separadas por áreas de parede.

Porém, este tipo de janela contínua, quando usada em climas tropicais, produz problemas de ofuscamento e excesso de ganhos térmicos, particularmente quando não se previu o fator sombra correspondente.

#### **2.15.4. Janelas em Paredes Opostas**

Vianna & Gonçalves (2001), afirmam que ambientes com duas ou mais janelas são melhor iluminados do que aqueles com apenas uma janela. Ambientes com janelas em paredes opostas podem ser melhor iluminados do que os ambientes com duas janelas dispostas em paredes adjacentes. Dependendo da forma, em ambientes com duas janelas, os efeitos são somados, aumentando o nível de iluminância e melhorando a uniformidade. Janelas opostas também reduzem o ofuscamento, pela diminuição do contraste entre janela e fundo, através da iluminação das paredes que as contem pela luz proveniente da janela oposta. Quando uma das duas janelas for alta, diminui o ofuscamento e se melhora também a uniformidade de distribuição da luz, sendo o benefício ainda maior com as duas altas.

Dependendo da profundidade do local, pode ser conveniente complementar a iluminação unilateral com bilateral por meio de janelas, geralmente localizadas na parte superior da parede, para melhorar a iluminação nas zonas menos favorecidas bem como melhorar a uniformidade e distribuição da iluminação. Esta complementação também pode ser feita com bastante eficácia com a iluminação zenital, que não deixa de ser “uma janela alta”, como mostra a Figura 8.



**FIGURA 8** - Exemplo de iluminação lateral e zenital complementar  
 Fonte: MASCARÓ, 1975

### 2.15.5. Janelas em Paredes Adjacentes

Em ambientes com duas janelas em paredes adjacentes, a segunda janela melhora a deficiência de nível de iluminância no fundo da sala e também a uniformidade. Mascaró (1975) diz que essas janelas, em locais quadrados, dão boa penetração de luz, a menos que sejam estreitas e estejam situadas perto de um mesmo canto do ambiente. Pode-se chegar a posição das duas janelas com resultados bastante satisfatórios, principalmente quando a janela da parede maior estiver posicionada mais para o fundo do ambiente.

Janelas adjacentes também reduzem o ofuscamento, pela diminuição do contraste entre janela e fundo, através da iluminação das paredes que as contêm pela luz proveniente da janela adjacente.

Em ambientes com duas janelas adjacentes, a conveniência de se ter uma delas ou as duas com peitoris maiores estará em função da maior das duas dimensões do ambiente. Como já foi dito, é interessante e conveniente

que as janelas da parede maior, tenha também peitoril maior, pois desta forma melhora-se a uniformidade e diminui-se o ofuscamento.

#### **2.15.6. Janelas em Sacada**

*“As janelas em sacada oferecem uma boa quantidade de luz na área da sacada, mas por outro lado, a penetração da luz diurna pode parecer inadequada, a menos que a janela seja muito alta, por causa do corte produzido pela parte superior da sacada.”(MASCARÓ, 1975).*

Elas também propiciam uma maior área iluminada e, portanto, melhoram os níveis de iluminância resultantes.

Em ambientes com três janelas, a terceira (a da parede maior) será mais ou menos interessante quanto mais comprido for o ambiente e deverá estar centralizada. Caso o ambiente, além de comprido seja largo, esta terceira janela poderá ser mais alta, melhorando, desta forma, a uniformidade.

#### **2.15.7. Proteções solares**

*“A distribuição da luz diurna, que chega através das janelas, está condicionada também pela natureza das obstruções externas, que reduzem a profundidade de penetração da luz nos ambientes. Quanto maiores e mais próximas das aberturas, mais elas reduzirão esta profundidade.”(VIANNA & GONÇALVES, 2001)*

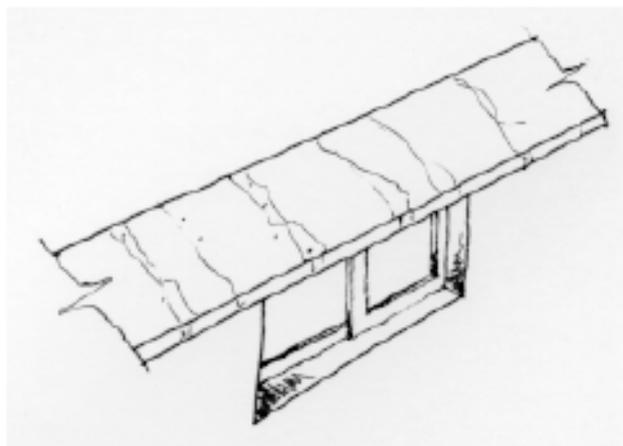
Entendido o movimento aparente do Sol percebido por um observador na Terra, pode-se utilizar este conhecimento para o traçado de proteções solares (brises) que impeçam a entrada de raios solares no interior do ambiente durante as horas do dia e os meses do ano em que se deseja esta proteção.

Os brises reduzem a profundidade de penetração da luz nos ambientes, e melhoram a uniformidade, pois ajudam a diminuir o ofuscamento, na medida em que diminuem os altos valores de iluminância próximos às aberturas.

Os tipos de brises e suas dimensões são funções da eficiência desejada. Um brise será considerado eficiente quando impedir a entrada de raios solares no período desejado.

#### *Brise horizontal infinito*

Os brises horizontais, como mostrado na Figura 9, impedem a entrada dos raios solares através da abertura a partir do ângulo de altitude solar,



**FIGURA 9** - Brise horizontal infinito  
Fonte: LAMBERTS,2006

#### Brise vertical infinito

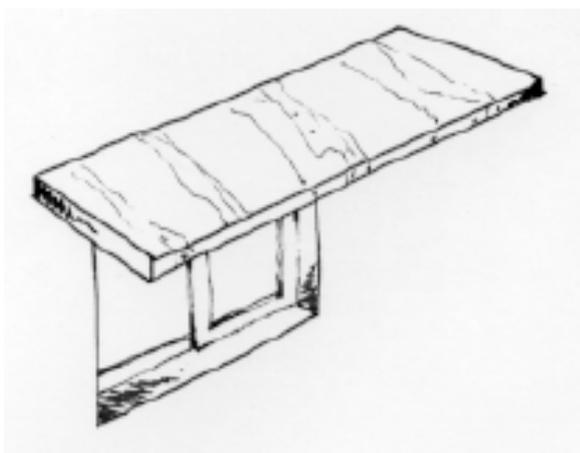
Os brises verticais, como apresentado na Figura 10, impedem a entrada dos raios solares através da abertura a partir do ângulo de azimute solar.



**FIGURA 10** - Brise vertical infinito  
Fonte: LAMBERTS,2006

*Brise horizontal finito*

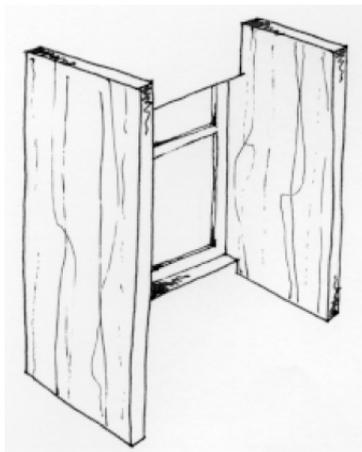
Este tipo de brise, como mostra a Figura11, tem a sua eficiência limitada,pois a sua projeção lateral é limitada pelos ângulos de altitude solar e de azimute solar.



**FIGURA 11** - Brise horizontal finito  
Fonte: LAMBERTS 2006

### Brise vertical finito

Para o brise vertical, como mostra a Figura 12, o sombreamento produzido pelos ângulos de azimute solar será limitado pelos ângulos de altitude solar e pelos ângulos de azimute solar.

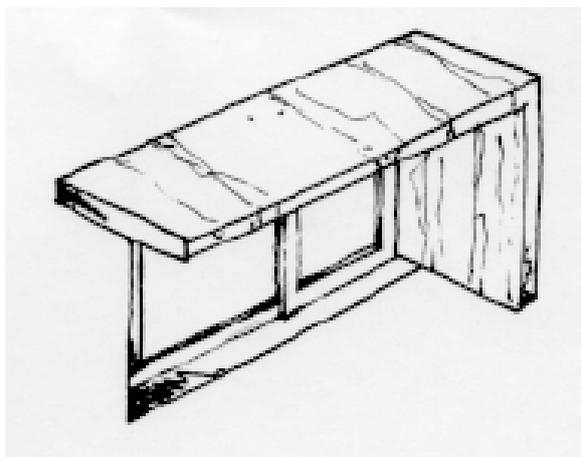


**FIGURA 12 – Brise vertical finito**

Fonte: LAMBERTS,2006

### Brises mistos

Através do sombreamento produzido pelos quatro tipos básicos de brises apresentados anteriormente pode-se determinar o sombreamento para qualquer tipo de brise com diferentes combinações de brises horizontais e verticais, conforme mostra a Figura 13.



**FIGURA 13 – Brises mistos**

Fonte: LAMBERTS,2006

### **3. ÁREA DE ESTUDO**

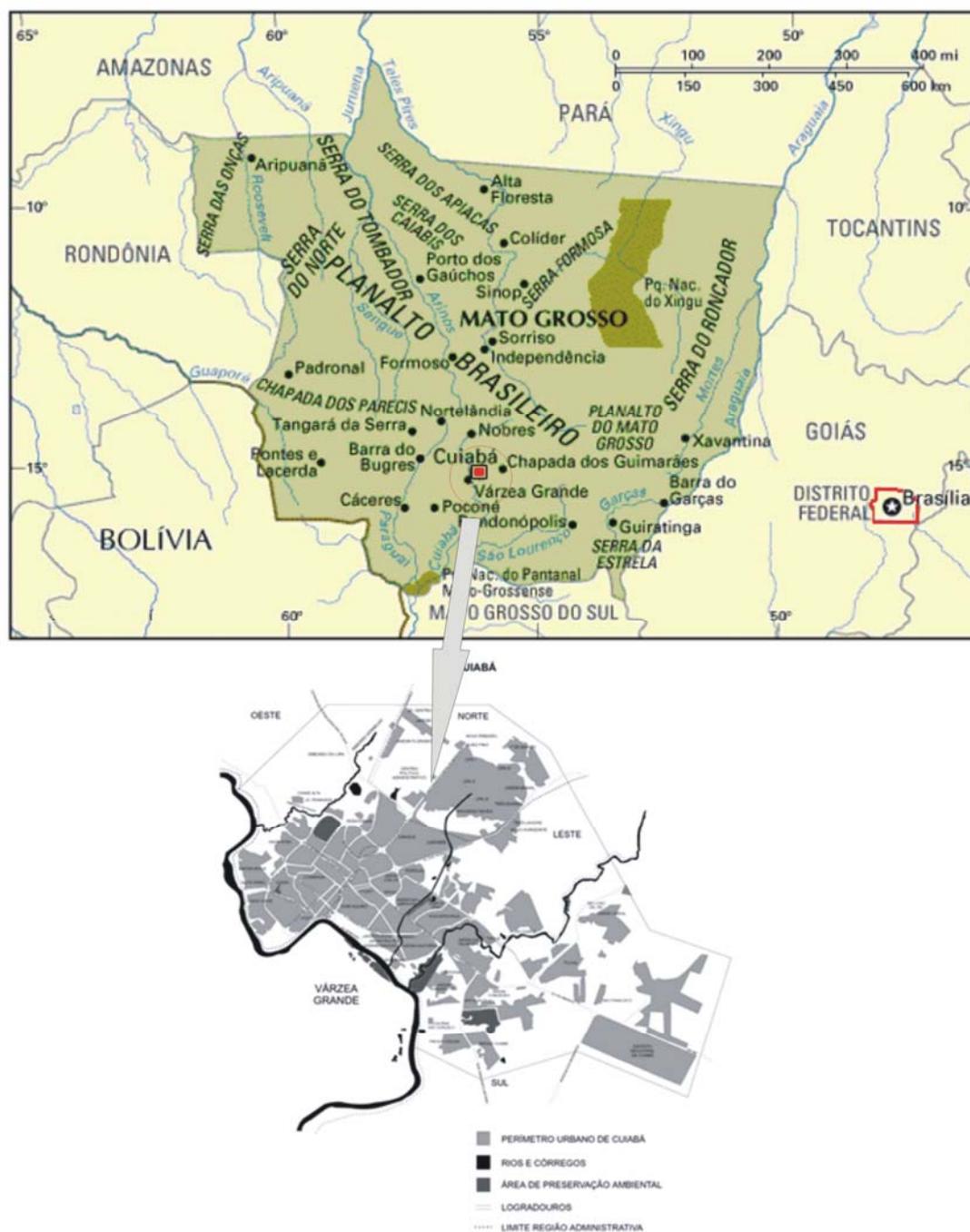
#### **3.1. MUNICÍPIO DE CUIABÁ**

O município de Cuiabá está localizado geograficamente na região centro sul do estado de Mato Grosso e apresentado na Figura 14 com uma área de 3.224,37 km<sup>2</sup>. Seu território urbano está situado nas coordenadas geográficas de 15°35'56" de latitude sul e 56°06'01" de longitude oeste, e é o Centro Geodésico da América do Sul, com uma altitude média de 200 metros.

A cidade de Cuiabá, capital do estado de Mato Grosso, situa-se à margem esquerda do rio Cuiabá, afluente do Rio Paraguai, encaixada na depressão paraguaia e circundada por chapadões ao norte e oeste e, ao sul, pelo pantanal matogrossense (MAITELLI, 1994).

Ainda segundo Maitelli (1994), as maiores velocidades médias de vento são observadas por volta das 14 horas, com medidas até 2,3m/s no início da estação chuvosa. Na estação seca, sob condições de tempo estável, céu limpo e calmaria, a densidade média da ilha de calor é de 3,8°C, no período noturno.

Conforme estudos desenvolvidos por Maitelli (1994) e Duarte (1995), mais que 70% do total de chuvas acumuladas durante o ano precipitam-se no período de novembro a março. A estação seca vai de abril a outubro. O mês mais frio e seco é o de julho com temperatura média mínima inferior a 18°C e o mês mais quente, o de outubro, com média máxima ligeiramente superior a 34°C.



**FIGURA 14** – Localização da cidade de Cuiabá  
**FONTE:** GuiaNet Brasil – [www.guianet.com.br](http://www.guianet.com.br)

A medida anual da umidade relativa do ar é de 69,9%. Durante a estação seca chega a 12 %. Todos os dados correspondem à série histórica, do Ministério da Aeronáutica, foram coletados na estação meteorológica localizada no Aeroporto Marechal Rondon em Várzea Grande (DUARTE, 1995).

Segundo a classificação proposta por Köppen (IBGE, 1960), Cuiabá é localizada numa região de clima AW, do tipo Tropical, com verão úmido e inverno seco.

A vegetação é típica do cerrado, constituída por um estrato arbóreo com indivíduos muito espaçados entre si e um extrato herbáceo, formado geralmente por gramíneas e ervas rasteiras. Apresenta enorme variação, ora surgindo floresta de 8 a 12 metros de altura, em geral, próximas de cursos d'água, ora arbustos de estratos menos elevados entremeados por campos. A grande maioria das árvores possui tronco e galhos retorcidos, recobertos por cascas espessas que lhes asseguram certa resistência ao fogo. As folhas, em geral, são grandes e coriáceas, caducas no período mais intenso da seca (IBGE, 1960).

Durante a estação seca, o conjunto da paisagem vai ficando cada vez mais ocre e ressecado em toda a região. Nos meses de agosto a outubro, o céu de Cuiabá fica muito escuro e o ar muito pesado, com uma densa camada de fumaça que apresenta uma grande concentração de gases e partículas provenientes das queimadas em todo o estado, reforçado pelo fogo no lixo dos terrenos baldios e nas áreas verdes remanescentes em torno da cidade.

Cuiabá forma, com o município vizinho de Várzea Grande, um único complexo urbano, conhecido como a Grande Cuiabá, com uma população de 626.756 ( Censo IBGE, 1996).

Conforme descrição de Maitelli (1994), Cuiabá, nos anos 70, experimentou um acentuado crescimento vertical da cidade, na parte noroeste e nordeste do seu núcleo central.

Nos novos bairros, em especial, os de casas populares a cobertura vegetal é mínima, atribuindo esse fato ao tamanho pequeno dos lotes, bem como aos aspectos sócio-econômicos e culturais dos novos moradores, geralmente, oriundos de outras regiões do país e de baixo poder aquisitivo.

É o caso do Bairro Morada da Serra – CPA IV - situado na região nordeste de Cuiabá, criado e construído pela extinta COHAB-MT (Companhia de Habitação Popular do Estado de Mato Grosso) na segunda

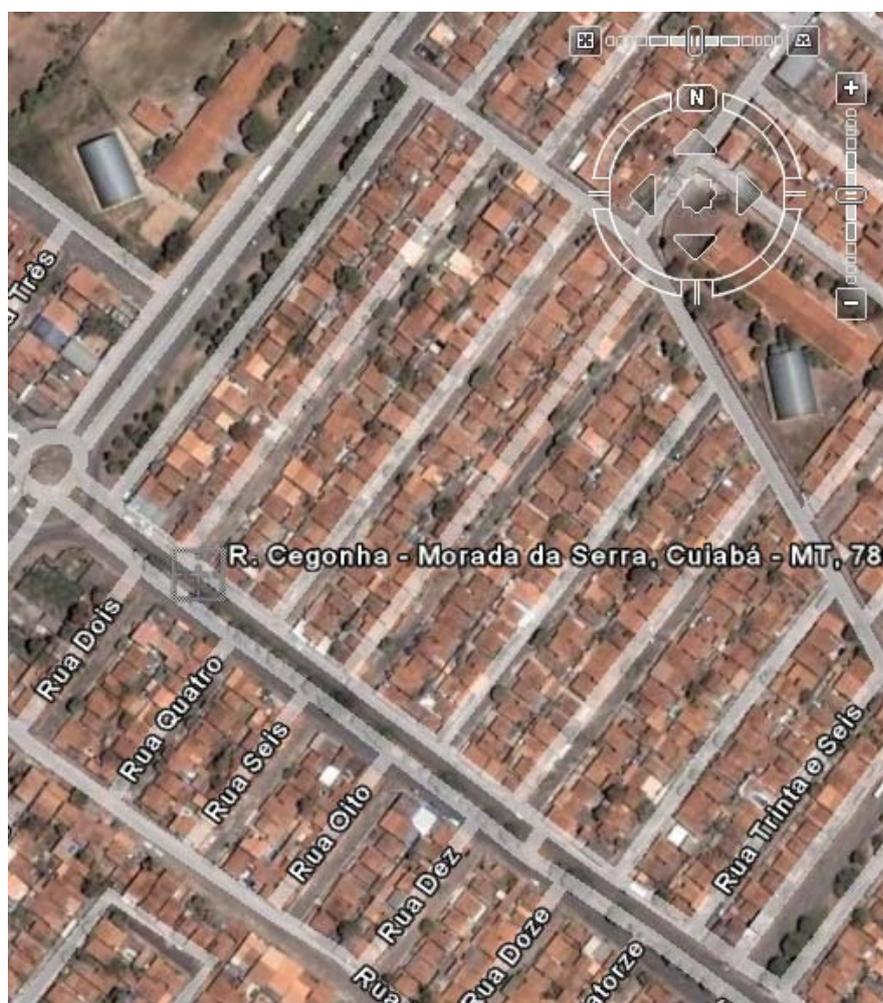
metade da década de 1970, e caracterizado como um loteamento popular, com alta densidade populacional.

Atualmente em Cuiabá, a Prefeitura conta com a Agência Municipal de Habitação Popular, com o objetivo de fazer o planejamento dos futuros projetos com base no perfil sócio econômico dos cidadãos que necessitam de moradia.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. LOCAIS, HORÁRIOS E EQUIPAMENTOS

Foi realizada uma análise estatística para avaliar a compatibilidade com o clima local das medidas de iluminância realizadas *in loco* com os valores simulados obtidos com o programa *Desktop Radiance*, em duas residências localizadas na Rua Cegonha - Bairro Morada da Serra – CPA IV, em Cuiabá, como mostra a Figura 15.



**FIGURA 15** – Localização do Objeto de Estudo  
Fonte: Google Earth

O intervalo temporal escolhido foi das 08 às 17 horas, pois corresponde a um período do dia com grande fornecimento de luz natural. As medições de iluminância nos ambientes foram realizadas de uma em uma hora, de forma a conseguir um acompanhamento da evolução da iluminação natural durante todo o período de estudo, e foram efetuadas nas duas casas simultaneamente. O processo foi repetido em duas estações do ano, a primeira foi realizada na estação chuvosa no dia 20 de março de 2006 e a segunda na estação seca no dia 15 de maio de 2006, para podermos analisar o comportamento da iluminação natural quando submetidas à dois períodos climáticos distintos.

As medições foram feitas com um luxímetro portátil da marca Minipa, modelo MLM 1332, mantendo o globo fotossensível voltado para cima de forma a captar a luz proveniente das superfícies superiores ao plano de trabalho.

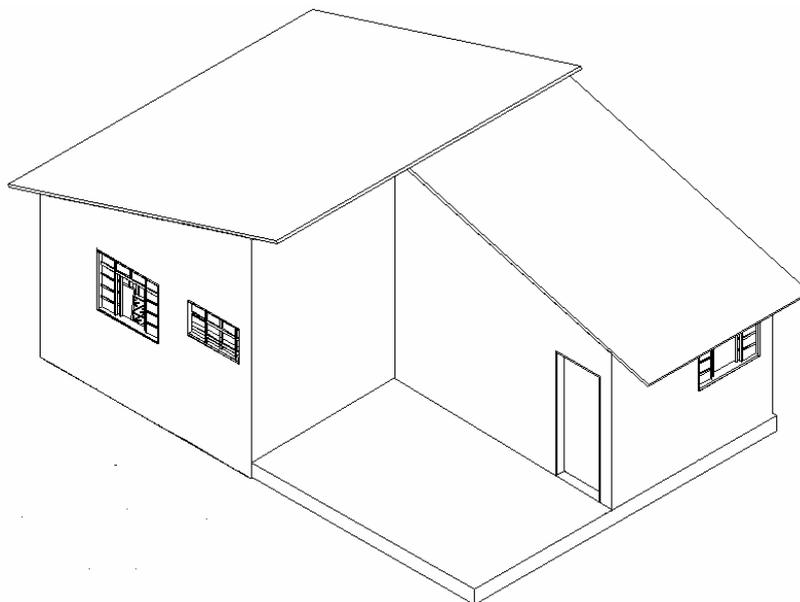
Foram utilizados ainda uma trena de 5,00 metros para o levantamento das dimensões das casas e uma máquina fotográfica digital, para registrar as características do céu nos momentos das medições e assim facilitar a escolha do céu na simulação computacional.

O ambiente escolhido foi a cozinha, por apresentar maior complexidade com relação a configuração do mobiliário e também por representar um espaço coletivo da casa, preservando os ambientes de maior privacidade, visto que estava ocupada.

O número mínimo de pontos necessários para uma verificação adequada do nível de iluminação natural foi obtido através da metodologia proposta pela norma NBR-15220 (2005).

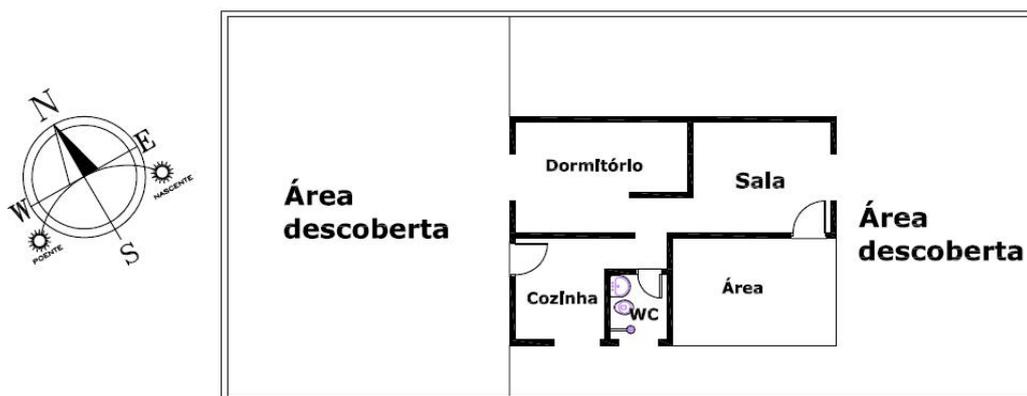
O fechamento vertical das casas é feito em alvenaria de tijolo cerâmico, a cobertura em telha cerâmica e as esquadrias são metálicas. Na casa 2 foram feitas modificações com relação ao projeto inicial, como pode ser visto nas Figuras 18 e 19. Nesta casa foi criada uma edícula nos fundos com cobertura em telha de fibrocimento que se prolonga até encontrar a cobertura original da casa. Também foi acrescido um cômodo na região frontal que originalmente constituía-se de um espaço aberto sem cobertura,

como poderá ser visto na casa 1, nas Figuras 16 e 17, onde não houve, nenhuma alteração em seu projeto original.



**FIGURA 16** – Perspectiva Isométrica - Casa 1 (Projeto original)  
Fonte: ROSSETI, (2006)

#### Casa 01

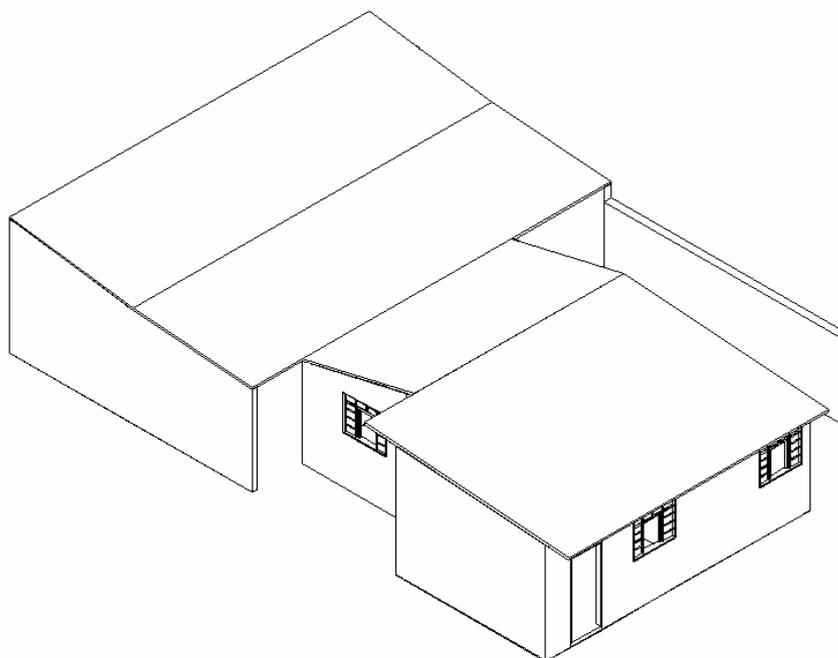


**FIGURA 17** – Planta Baixa Casa 01  
Fonte: ROSSETI, (2006)

Características da Casa 01:

- Área Total: 43,85 m<sup>2</sup>
- Área do cômodo em estudo: 6,02 m<sup>2</sup> (2,30m x 2,62m)
- Número de aberturas e dimensão:
  - Porta: 0,80m x 2,10m
  - Janela: 1,20m x 1,00m
- Orientação da fachada: Sudeste

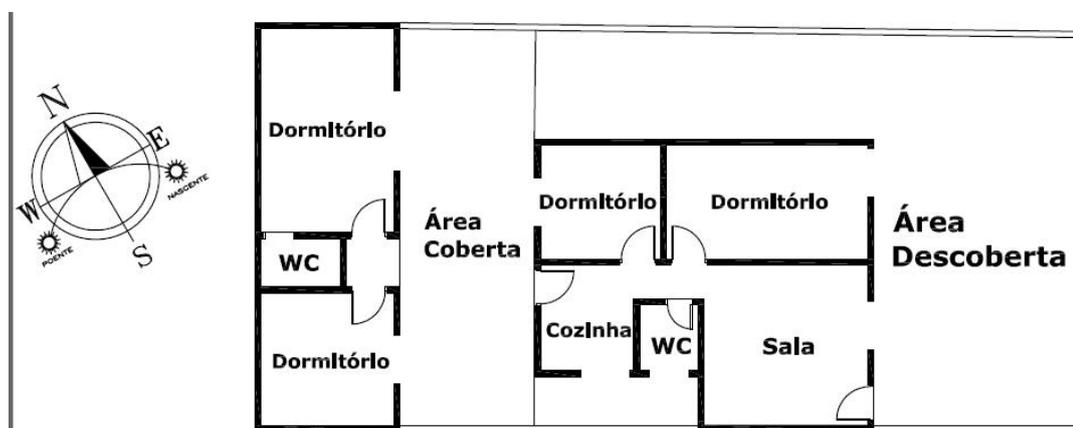
Observações: Das duas casas em estudo, a casa 1 é a que possui o projeto original. Sua tipologia não sofreu alterações na estrutura.



**FIGURA 18** – Perspectiva Isométrica - Casa 2  
(Com modificações no projeto original)

Fonte: ROSSETI, (2006)

## Casa 02



**FIGURA 19** – Planta Baixa Casa 02

Fonte: ROSSETI, (2006)

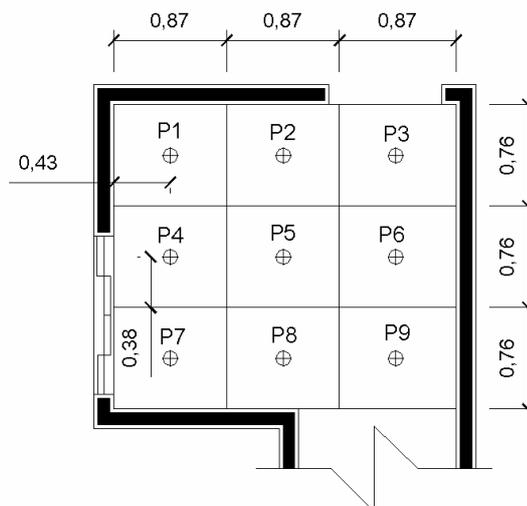
Características da Casa 02:

- Área Total: 82,91 m<sup>2</sup>
- Área do cômodo em estudo: 6,02 m<sup>2</sup> (2,30m x 2,62m)
- Número de aberturas e dimensão:
- Porta: 0,80m x 2,10m
- Janela: 1,20m x 1,00m
- Orientação da fachada: Sudeste

Observações: O projeto da casa número 2 sofreu alterações. Ao fundo do lote foi construído um anexo composto por 2 dormitórios e um banheiro.

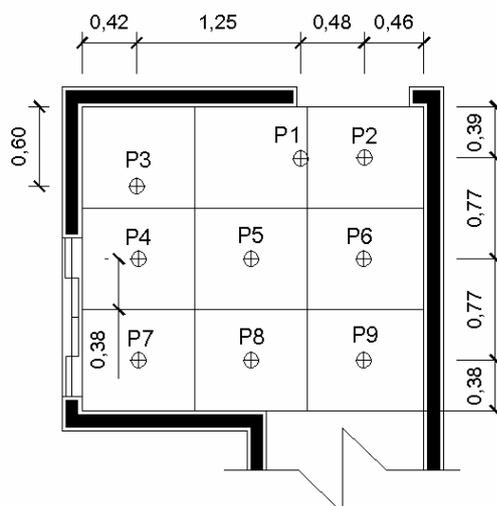
Entre a edificação já existente e a construída posteriormente, foi criada uma área de ligação coberta, utilizada como varanda.

Para se conseguir uma boa caracterização das medidas de iluminância, a área total do ambiente foi dividida em 9 áreas de dimensões iguais, no centro das quais se encontraria cada ponto de captura dos dados como mostra a Figura 20.



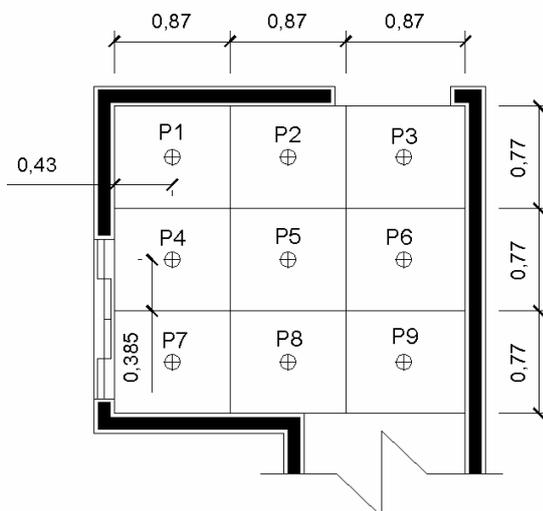
**FIGURA 20** – Posicionamento dos pontos na casa 1  
 Fonte: ROSSETI, (2006)

No entanto, devido ao fato do ambiente representar o espaço de uma cozinha, constatou-se a presença de móveis, geladeira e outros aparelhos domésticos, sendo necessária uma modificação no posicionamento inicial desses pontos, para que não coincidisse com o posicionamento de nenhum móvel presente no ambiente, como mostrado na Figura 21.

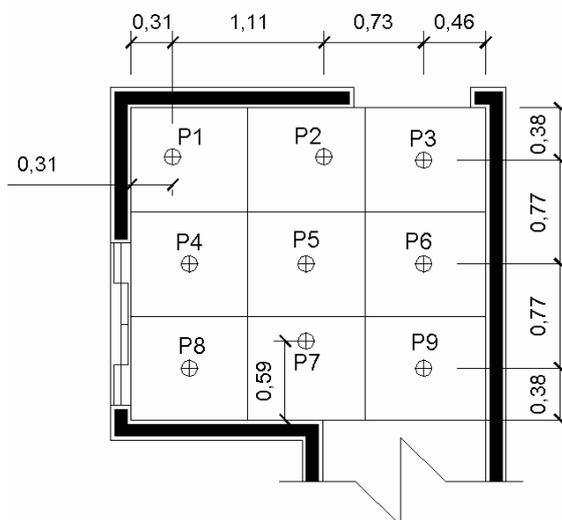


**FIGURA 21** – Posicionamento dos pontos na casa 1 após adaptações necessárias devido ao mobiliário da cozinha  
 Fonte: ROSSETI, (2006)

Os mesmos procedimentos foram realizados na casa 2 onde foi feita também a modificação do posicionamento dos pontos de captura dos dados de iluminação natural, como mostram as Figuras 22 e 23.



**FIGURA 22** – Posicionamento dos pontos na casa 2  
Fonte: ROSSETI, (2006)



**FIGURA 23** – Posicionamento dos pontos na casa 2 após adaptações necessárias devido ao mobiliário da cozinha  
Fonte: ROSSETI, (2006)

## 4.2. ANÁLISE ESTATÍSTICA

O objeto de estudo deste trabalho pode ser decomposto nos seguintes itens:

- a) Comparação das medidas de iluminância nas cozinhas de duas casas com mesma matriz arquitetônica, mas que sofreram diferentes desdobramentos construtivos e que possuem uma localização espacial diferenciada;
- b) Validação de um modelo de simulação para iluminação natural frente às medidas realizadas *in loco*;
- c) Comparação dos padrões de iluminação natural para data e hora;
- d) Interação de segunda e terceira ordem dos fatores fixos supracitados.

O modelo estatístico adotado foi uma análise de variância (Anova) que visa verificar se existe uma diferença significativa entre as médias das medidas e quais os fatores que exercem influência nas variáveis dependentes. Portanto a principal aplicação da Anova é a comparação de médias de medidas oriundas de grupos diferentes. A análise de variância permite que vários grupos sejam comparados a um só tempo, utilizando variáveis contínuas com distribuição normal. Assim, os grupos diferentes são compostos de duas variáveis dependentes, as medidas de iluminância obtidas *in loco* e as obtidas por simulação, dadas em lux. Os fatores são as variáveis independentes: as datas de 20 de março de 2006 (estação chuvosa) e 15 de maio de 2006 (estação seca); os períodos do dia das 8 às 17 horas; as casas 1 e 2 e as interações duplas e triplas entre data, hora, ponto e fonte.

## 5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os dados das medições, *in loco* e das simulações, foram obtidos por Rosseti (2006), e organizados nas Tabelas 3 a 6, e utilizados para se realizar a análise estatística, com o objetivo de se obter uma melhor compreensão da relação entre valores da iluminância obtidos *in loco* e os resultantes da simulação pelo programa *Desktop Radiance*.

**TABELA 3** - Valores de iluminância medidos e simulados:  
Casa 1 – Dia 20 de março de 2006

8h			9h		
PONTO	LUX - SIMUL	LUX - IN LOCO	PONTO	LUX	LUX - IN LOCO
P1	481,12	1.529,00	P1	629,95	1.944,00
P2	584,59	2.778,00	P2	637,33	3.906,00
P3	50,75	106,10	P3	61,46	131,20
P4	149,58	678,20	P4	170,43	555,50
P5	192,40	801,80	P5	205,80	1.008,00
P6	312,58	1.219,00	P6	334,76	1.841,00
P7	185,32	509,70	P7	220,21	743,60
P8	228,33	510,70	P8	222,62	577,30
P9	173,18	537,70	P9	207,81	865,20
<b>Média</b>	<b>273,08</b>	<b>1016,56</b>	<b>Média</b>	<b>310,32</b>	<b>1338,33</b>
10h			11h		
PONTO	LUX	LUX - IN LOCO	PONTO	LUX	LUX - IN LOCO
P1	766,67	3.329,00	P1	914,36	8.181,00
P2	715,97	6.679,00	P2	814,08	11.390,00
P3	70,31	149,20	P3	91,55	248,80
P4	212,41	979,20	P4	252,12	1.550,00
P5	271,42	1.065,00	P5	313,16	3.041,00
P6	380,47	2.819,00	P6	421,91	5.028,00
P7	253,69	1.216,00	P7	309,22	1.806,00
P8	264,79	629,00	P8	314,67	1.507,00
P9	213,69	1.172,00	P9	272,18	2.539,00
<b>Média</b>	<b>366,97</b>	<b>2108,18</b>	<b>Média</b>	<b>428,88</b>	<b>4093,98</b>

Continuação da Tabela 3

## Casa 1 – Dia 20 de março de 2006

12h			13h		
PONTO	LUX	LUX - IN LOCO	PONTO	LUX	LUX - IN LOCO
P1	1233,44	8.620,00	P1	1376,92	4.701,00
P2	1097,86	15.230,00	P2	1351,21	10.680,00
P3	100,96	277,90	P3	83,13	195,10
P4	274,02	1.440,00	P4	247,22	424,70
P5	387,70	3.189,00	P5	385,12	1.081,00
P6	501,31	5.387,00	P6	556,35	2.361,00
P7	370,82	2.476,00	P7	413,65	1.824,00
P8	338,29	1.161,00	P8	330,55	665,60
P9	288,90	2.348,00	P9	279,77	988,80
<b>Média</b>	<b>538,05</b>	<b>4722,61</b>	<b>Média</b>	<b>593,02</b>	<b>2741,55</b>
14h			15h		
PONTO	LUX	LUX - IN LOCO	PONTO	LUX	LUX - IN LOCO
P1	1563,70	3.018,00	P1	1746,85	4.930,00
P2	1627,06	54.080,00	P2	57411,87	73.750,00
P3	87,12	202,40	P3	97,73	608,30
P4	255,55	564,70	P4	305,16	1.280,00
P5	377,99	905,10	P5	411,48	1.911,00
P6	677,06	3.320,00	P6	884,55	16.580,00
P7	509,73	1.980,00	P7	832,73	2.544,00
P8	370,30	534,40	P8	463,37	1.491,00
P9	347,19	876,00	P9	441,29	2.294,00
<b>Média</b>	<b>683,57</b>	<b>8075,58</b>	<b>Média</b>	<b>7769,22</b>	<b>12886,79</b>
16h			17h - intermitate		
PONTO	LUX	LUX - IN LOCO	PONTO	LUX	LUX - IN LOCO
P1	1849,90	3.971,00	P1	1.158,30	9.500,00
P2	41888,35	59.620,00	P2	4.804,09	2.507,00
P3	116,91	579,10	P3	60,06	83,34
P4	423,10	1.068,00	P4	349,00	218,60
P5	492,11	1.663,00	P5	420,13	382,50
P6	1173,87	6.615,00	P6	805,14	974,00
P7	8913,02	1.593,00	P7	940,54	532,00
P8	523,64	2.083,00	P8	396,48	211,10
P9	473,32	2.800,00	P9	359,92	435,20
<b>Média</b>	<b>6922,61</b>	<b>9649,01</b>	<b>Média</b>	<b>1116,72</b>	<b>1801,07</b>

Fonte: ROSSETI, (2006)

**TABELA 4 - Valores de iluminância medidos e simulados:  
Casa 2 – Dia 20 de março de 2006**

8h			9h		
PONTO	LUX	LUX - IN LOCO	PONTO	LUX	LUX - IN LOCO
P1	6,16	3,62	P1	15,04	5,87
P2	11,56	6,05	P2	20,70	8,59
P3	23,15	4,49	P3	44,17	6,59
P4	71,15	168,90	P4	171,10	240,80
P5	44,85	22,63	P5	109,45	42,08
P6	33,34	7,24	P6	86,03	12,67
P7	50,58	35,64	P7	117,60	104,10
P8	145,26	165,40	P8	374,97	331,80
P9	34,03	8,26	P9	63,27	19,67
<b>Média</b>	<b>48,26</b>	<b>51,75</b>	<b>Média</b>	<b>117,38</b>	<b>94,06</b>
10h			11h		
PONTO	LUX	LUX - IN LOCO	PONTO	LUX	LUX - IN LOCO
P1	22,69	12,40	P1	28,48	30,98
P2	38,34	12,54	P2	42,47	37,24
P3	76,49	16,78	P3	82,49	32,26
P4	279,48	431,20	P4	263,93	916,10
P5	183,22	74,70	P5	174,59	158,30
P6	139,81	26,85	P6	118,71	82,32
P7	166,10	102,80	P7	157,63	218,80
P8	510,95	704,00	P8	447,76	1.016,00
P9	66,56	25,41	P9	69,01	53,58
<b>Média</b>	<b>177,13</b>	<b>172,66</b>	<b>Média</b>	<b>164,51</b>	<b>311,50</b>
12h			13h		
PONTO	LUX	LUX - IN LOCO	PONTO	LUX	LUX - IN LOCO
P1	25,01	37,06	P1	15,80	13,62
P2	31,65	40,03	P2	11,81	24,89
P3	62,00	51,08	P3	22,89	44,12
P4	207,73	912,10	P4	126,00	370,70
P5	136,21	241,50	P5	77,40	73,84
P6	98,81	116,20	P6	37,61	30,01
P7	119,20	273,00	P7	73,32	127,00
P8	344,98	1.578,00	P8	210,05	1.245,00
P9	58,83	113,90	P9	26,38	37,54
<b>Média</b>	<b>128,20</b>	<b>406,12</b>	<b>Média</b>	<b>71,86</b>	<b>241,15</b>

Continuação da Tabela 4

## Casa 2 – Dia 20 de março de 2006

14h			15h		
PONTO	LUX	LUX - IN LOCO	PONTO	LUX	LUX - IN LOCO
P1	16,94	13,81	P1	30,90	42,57
P2	7,95	19,52	P2	13,85	71,40
P3	18,75	30,78	P3	26,73	154,80
P4	10,77	171,70	P4	135,55	473,20
P5	69,36	53,52	P5	90,67	189,50
P6	17,10	22,75	P6	41,45	95,70
P7	53,52	103,50	P7	90,43	224,90
P8	205,46	1.241,00	P8	288,26	2.334,00
P9	12,33	24,96	P9	26,63	58,13
<b>Média</b>	<b>49,98</b>	<b>207,07</b>	<b>Média</b>	<b>89,73</b>	<b>448,26</b>
16h			17h (Overcast)		
PONTO	LUX	LUX - IN LOCO	PONTO	LUX	LUX - IN LOCO
P1	36,09	52,31	P1	3,59	7,67
P2	6,30	9,55	P2	1,12	2,61
P3	11,86	7,89	P3	2,74	1,54
P4	94,22	74,19	P4	73,16	39,31
P5	51,35	15,00	P5	32,93	3,59
P6	32,49	6,32	P6	14,51	1,57
P7	61,45	15,94	P7	30,46	5,23
P8	412,66	98,10	P8	105,75	40,79
P9	18,55	6,61	P9	8,09	2,73
<b>Média</b>	<b>80,55</b>	<b>31,77</b>	<b>Média</b>	<b>40,02</b>	<b>11,67</b>

Fonte: ROSSETI, (2006)

**TABELA 5 - Valores de iluminância medidos e simulados:  
Casa 1 – Dia 15 de maio de 2006**

8h			9h		
PONTO	LUX	LUX - IN LOCO	PONTO	LUX	LUX - IN LOCO
P1	512,03	191,60	P1	766,82	462,10
P2	517,95	605,40	P2	667,38	836,80
P3	33,82	77,60	P3	50,69	117,60
P4	123,02	225,20	P4	153,06	265,40
P5	197,64	114,20	P5	276,22	293,90
P6	266,54	167,80	P6	322,57	284,10
P7	176,16	333,60	P7	204,58	385,10
P8	188,41	133,20	P8	225,34	216,90
P9	147,39	95,40	P9	173,45	268,20
<b>Média</b>	<b>251,94</b>	<b>231,08</b>	<b>Média</b>	<b>333,33</b>	<b>357,74</b>
10h			11h		
PONTO	LUX	LUX - IN LOCO	PONTO	LUX	LUX - IN LOCO
P1	969,90	513,80	P1	1292,58	859,00
P2	799,43	681,90	P2	1004,26	851,00
P3	55,24	153,10	P3	79,99	150,20
P4	175,36	459,20	P4	251,42	567,40
P5	306,47	287,20	P5	382,09	325,90
P6	346,61	312,90	P6	479,36	268,90
P7	215,02	607,50	P7	293,74	473,60
P8	241,17	309,20	P8	313,12	282,60
P9	178,66	246,60	P9	266,78	229,90
<b>Média</b>	<b>388,65</b>	<b>415,60</b>	<b>Média</b>	<b>512,07</b>	<b>472,33</b>
12h			13h		
PONTO	LUX	LUX - IN LOCO	PONTO	LUX	LUX - IN LOCO
P1	1819,18	413,90	P1	2284,95	626,50
P2	1358,52	932,00	P2	1870,58	524,90
P3	109,82	175,40	P3	117,25	134,00
P4	287,54	467,80	P4	310,67	288,00
P5	465,55	303,60	P5	539,81	297,40
P6	602,63	229,20	P6	835,47	272,80
P7	354,78	404,60	P7	431,84	374,30
P8	392,88	317,80	P8	484,43	182,70
P9	346,27	201,30	P9	455,86	172,40
<b>Média</b>	<b>673,86</b>	<b>405,54</b>	<b>Média</b>	<b>859,37</b>	<b>337,58</b>

Continuação da Tabela 5

## Casa 1 – Dia 15 de maio de 2006

14h			15h		
PONTO	LUX	LUX - IN LOCO	PONTO	LUX	LUX - IN LOCO
P1	5560,23	435,00	P1	2246,64	384,20
P2	5546,33	653,80	P2	43817,85	461,50
P3	159,56	77,08	P3	151,41	38,05
P4	347,76	208,20	P4	349,80	105,10
P5	754,94	230,70	P5	691,36	153,40
P6	1292,01	209,40	P6	42681,36	144,30
P7	496,18	257,00	P7	537,42	209,20
P8	618,87	130,30	P8	701,67	88,14
P9	727,11	144,40	P9	924,44	92,30
<b>Média</b>	<b>1846,98</b>	<b>275,19</b>	<b>Média</b>	<b>11397,19</b>	<b>197,99</b>
16h			17h		
PONTO	LUX	LUX - IN LOCO	PONTO	LUX	LUX - IN LOCO
P1	1883,99	333,70	P1	1209,29	96,11
P2	27582,27	256,50	P2	1821,42	101,80
P3	148,68	60,28	P3	153,23	13,14
P4	357,54	152,80	P4	376,47	34,25
P5	649,98	98,90	P5	672,01	26,16
P6	27016,88	125,40	P6	7951,43	19,14
P7	626,00	283,50	P7	717,32	94,10
P8	606,43	39,69	P8	758,32	13,39
P9	1849,45	76,88	P9	2370,08	11,43
<b>Média</b>	<b>7358,97</b>	<b>168,85</b>	<b>Média</b>	<b>1707,44</b>	<b>49,76</b>

Fonte: ROSSETI, (2006)

**TABELA 6 - Valores de iluminância medidos e simulados:  
Casa 2 – Dia 15 de maio de 2006**

8h			9h		
PONTO	LUX	LUX - IN LOCO	PONTO	LUX	LUX - IN LOCO
P1	4,54	18,48	P1	10,04	75,36
P2	5,85	25,72	P2	11,13	51,62
P3	18,43	29,27	P3	27,90	33,56
P4	54,90	183,60	P4	139,85	281,90
P5	36,90	46,34	P5	95,41	88,25
P6	10,15	24,00	P6	47,00	28,57
P7	39,29	102,30	P7	102,05	114,70
P8	112,09	181,00	P8	320,67	213,90
P9	15,25	25,76	P9	56,26	38,91
<b>Média</b>	<b>33,05</b>	<b>70,72</b>	<b>Média</b>	<b>90,03</b>	<b>102,97</b>
10h			11h		
PONTO	LUX	LUX - IN LOCO	PONTO	LUX	LUX - IN LOCO
P1	19,00	135,30	P1	30,60	187,50
P2	19,46	81,74	P2	36,10	116,60
P3	55,74	49,94	P3	80,24	61,02
P4	273,86	350,80	P4	317,14	422,70
P5	172,53	140,30	P5	212,19	44,18
P6	127,07	56,59	P6	140,53	67,35
P7	169,08	160,90	P7	188,14	152,80
P8	503,86	332,90	P8	543,14	368,40
P9	60,34	69,31	P9	91,47	88,97
<b>Média</b>	<b>155,66</b>	<b>153,09</b>	<b>Média</b>	<b>182,17</b>	<b>167,72</b>
12h			13h		
PONTO	LUX	LUX - IN LOCO	PONTO	LUX	LUX - IN LOCO
P1	31,30	51,10	P1	36,07	60,54
P2	45,73	98,90	P2	27,73	50,29
P3	69,95	54,44	P3	54,35	38,56
P4	274,02	335,70	P4	196,73	274,00
P5	188,49	113,20	P5	126,83	108,20
P6	139,13	68,72	P6	89,34	53,20
P7	155,80	148,80	P7	123,94	117,80
P8	443,88	369,10	P8	315,39	247,20
P9	85,43	72,64	P9	58,63	45,47
<b>Média</b>	<b>159,30</b>	<b>145,84</b>	<b>Média</b>	<b>114,33</b>	<b>110,58</b>

Continuação da Tabela 6

## Casa 2 – Dia 15 de maio de 2006

14h			15h		
PONTO	LUX	LUX - IN LOCO	PONTO	LUX	LUX - IN LOCO
P1	36,08	35,19	P1	38,15	55,81
P2	10,97	32,88	P2	6,62	19,64
P3	22,83	30,10	P3	16,14	12,72
P4	114,00	155,70	P4	86,48	138,70
P5	74,34	59,24	P5	58,56	20,27
P6	46,22	32,67	P6	30,62	10,47
P7	58,35	67,09	P7	48,68	24,17
P8	194,97	203,30	P8	174,07	131,00
P9	29,23	28,81	P9	18,26	13,72
<i>Média</i>	<b>65,22</b>	<b>71,66</b>	<i>Média</i>	<b>53,06</b>	<b>47,39</b>
16h			17h		
PONTO	LUX	LUX - IN LOCO	PONTO	LUX	LUX - IN LOCO
P1	36,09	52,31	P1	12,24	7,67
P2	6,30	9,55	P2	2,89	2,61
P3	11,86	7,89	P3	8,58	1,54
P4	94,22	74,19	P4	57,03	39,31
P5	51,35	15,00	P5	38,18	3,59
P6	32,49	6,32	P6	22,27	1,57
P7	61,45	15,94	P7	54,85	5,23
P8	412,66	98,10	P8	147,02	40,79
P9	18,55	6,61	P9	17,09	2,73
<i>Média</i>	<b>80,55</b>	<b>31,77</b>	<i>Média</i>	<b>40,02</b>	<b>11,67</b>

Fonte: ROSSETI, (2006)

Os resultados obtidos pela Anova podem ser observados no Quadro 2, que em síntese mostra os seguintes resultados:

- a) Não se observou diferença significativa(sig baixo) entre os valores de iluminância medidos e o simulado, o que evidencia um bom desempenho do modelo de simulação utilizado;
- b) Existe uma diferença significativa(sig alto) associada à interação entre fonte e data, o que leva a inferir que a simulação possui desempenhos diferenciados conforme a estação do ano;
- c) Observou-se diferença significativa(sig alto) nas medidas de iluminância entre as casas e para as interações hora\*casa, data\*casa e ponto\*casa, o que salienta a influência dos aspectos construtivos e de localização;
- d) As medidas de iluminância diferem conforme as datas (estações do ano) e hora, mas não se observou diferença significativa para a interação entre estes fatores.

**QUADRO 2 – Teste de interação - Variável dependente: Lux**

Fonte	Soma dos quadrados	df	Média dos quadrados	F	Sig.
Modelo Corrigido	18918176023.270(a)	414	45696077.351	3.440	0.000
Interceptação	962003184.628	1	962003184.628	72.410	0.000
Data	149849546.862	1	149849546.862	11.279	0.001
Hora	871148562.700	9	96794284.744	7.286	0.000
Ponto	1891552091.605	8	236444011.451	17.797	0.000
Casa	786199313.895	1	786199313.895	59.178	0.000
Fonte	6452298.241	1	6452298.241	0.486	0.486
data * hora	92626117.481	9	10291790.831	0.775	0.640
data * ponto	738936827.687	8	92367103.461	6.953	0.000
data * casa	139141400.733	1	139141400.733	10.473	0.001
data * Fonte	268560236.042	1	268560236.042	20.215	0.000
hora * ponto	3654104795.996	72	50751455.500	3.820	0.000
hora * casa	868089808.786	9	96454423.198	7.260	0.000
hora * fonte	111975385.778	9	12441709.531	0.936	0.494
ponto * casa	1987021410.824	8	248377676.353	18.696	0.000
ponto * fonte	56471459.077	8	7058932.385	0.531	0.833
casa * fonte	4331511.940	1	4331511.940	0.326	0.568
data * hora * ponto	1200214110.563	72	16669640.424	1.255	0.099
data * hora * casa	82498786.089	9	9166531.788	0.690	0.718
data * hora * fonte	217242864.138	9	24138096.015	1.817	0.065
data * ponto * casa	751655919.835	8	93956989.979	7.072	0.000
data * ponto * fonte	498388512.352	8	62298564.044	4.689	0.000
data * casa * fonte	251172731.339	1	251172731.339	18.906	0.000
hora * ponto * casa	3661264677.745	72	50850898.302	3.828	0.000
hora * ponto * fonte	463828742.838	72	6442065.873	0.485	1.000
hora * casa * fonte	110533114.827	9	12281457.203	0.924	0.504
ponto * casa * fonte	54915795.898	8	6864474.487	0.517	0.844
Erro	4052051258.942	305	13285413.964		
Total	23932230466.839	720			
Total Corrigido	22970227282.212	719			

a R Quadrado = 0.824 ( R Quadrado Estimado = 0.584)

Sig- nível de significância

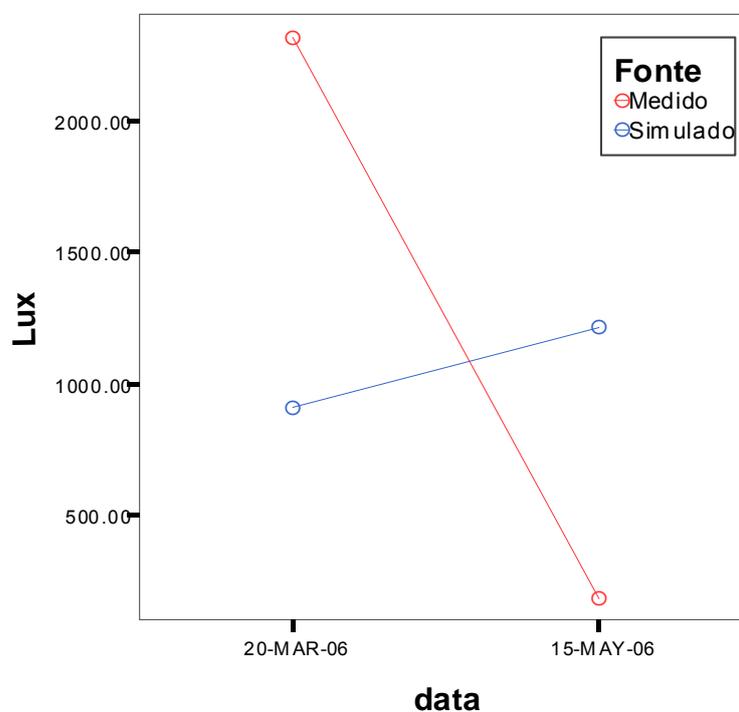
**QUADRO 3 – Fonte - Variável dependente : Lux**

Fonte	Erro médio padrão		95% Intervalo de confiança	
	Limite inferior	Limite superior	Limite inferior	Limite superior
Medido	1250.570	192.104	872.553	1628.587
Simulado	1061.239	192.104	683.222	1439.256

Observa-se no Quadro 3, que as médias dos valores de iluminância medidos e simulados obtidos pela análise estatística ficaram bem próximos.

**QUADRO 4 – Fonte \* Data – Variável dependente: Lux**

Fonte	Data	Erro médio padrão		95% Intervalo de confiança	
		Limite inferior	Limite superior	Limite inferior	Limite superior
Medido	20-MAR-06	2317.514	271.676	1782.917	2852.111
	15-MAI-06	183.626	271.676	-350.971	718.222
Simulado	20-MAR-06	906.708	271.676	372.112	1441.305
	15-MAI-06	1215.770	271.676	681.174	1750.367

**FIGURA 24 – Iluminância medida e simulada**

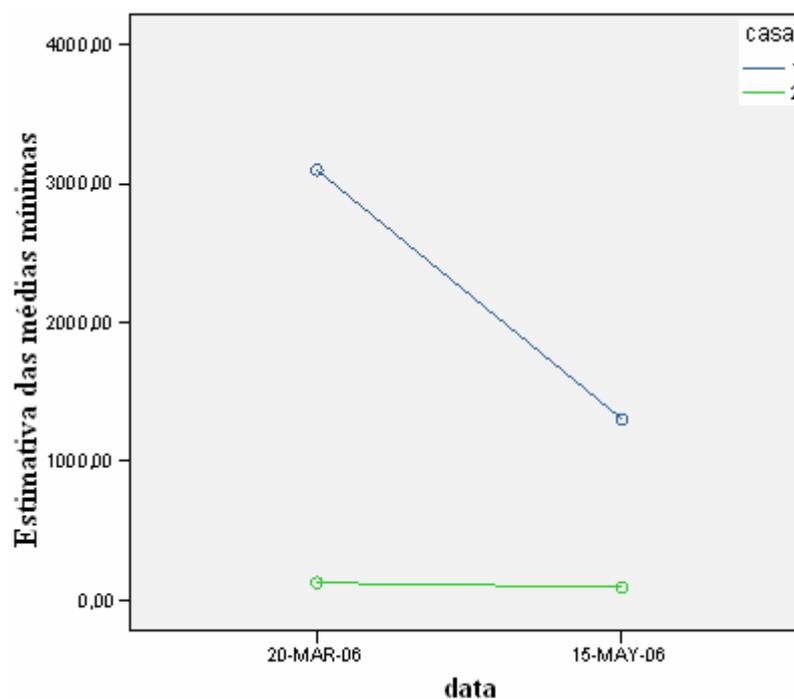
O Quadro 4 e a Figura 24, mostram que o modelo de simulação subestima valores de iluminância em março e superestima em maio, o que pode indicar a presença de nuvens na estação chuvosa e céu mais limpo na estação seca.

**QUADRO 5 - Casa – Variável Dependente: Lux**

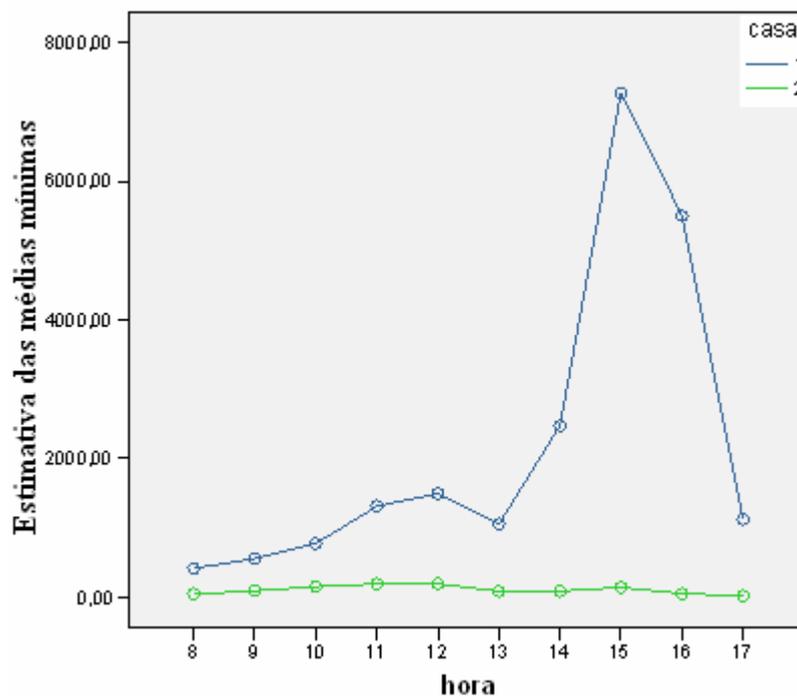
Casa	Erro médio padrão		95% Intervalo Confiança	
	Limite inferior	Limite superior	Limite inferior	Limite superior
1	2200.866	192.104	1822.849	2578.882
2	110.944	192.104	-267.073	488.960

**QUADRO 6 - Casa \* Data - Variável dependente: Lux**

Casa	Data	Erro médio padrão		95% Intervalo de confiança	
		Limite inferior	Limite superior	Limite inferior	Limite superior
1	20-MAR-06	3096.676	271.676	2562.080	3631.273
	15-MAI-06	1305.055	271.676	770.458	1839.651
2	20-MAR-06	127.546	271.676	-407.051	662.142
	15-MAI-06	94.341	271.676	-440.255	628.938

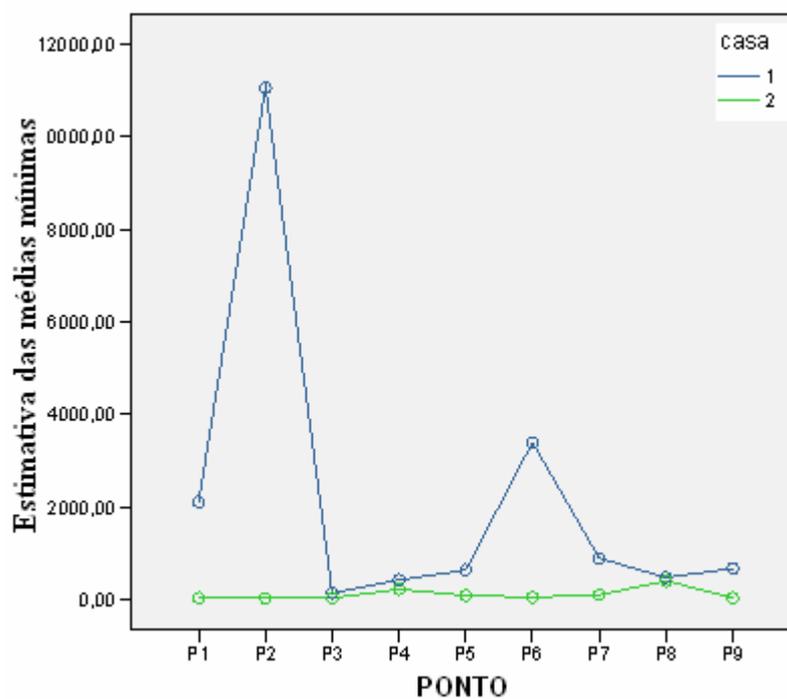
**FIGURA 25 – Estimativa das médias mínimas**

Quando se leva em conta o fator Casa \* Data, os Quadros 5 e 6 e a Figura 25 mostram maior regularidade no comportamento da média das medidas de iluminância da casa 2 em relação à casa 1, o que leva a admitir que o padrão construtivo e a localização da casa 2 são melhores.



**FIGURA 26** – Estimativa das médias mínimas

Quando se leva em conta o fator “hora”, observa-se na Figura 26 maior regularidade no comportamento da média das medidas de iluminância da casa 2 em relação à casa 1, o que leva a admitir que o padrão construtivo e a localização da casa 2 são melhores.



**FIGURA 27** – Estimativa das médias mínimas

Quando se leva em conta o fator “ponto”, observa-se na Figura 27 que devido a localização, por estarem próximos a janela, os pontos 2 e 6 na casa 1 possuem valores mais elevados de iluminação.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Pelos resultados da análise estatística, podemos concluir:

- a) Houve um bom desempenho do modelo de simulação
- b) A simulação possui desempenhos diferenciados conforme a estação do ano
- c) Existe influência dos aspectos construtivos e de localização
- d) As medidas de iluminância diferem conforme as datas e horas, mas não se observou diferença significativa para a interação entre estes fatores.

### **6.1. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS**

Analisar o comportamento de outras tipologias construtivas, por exemplo, com pé-direito mais alto, com localização no centro da cidade.

## 7. BIBLIOGRAFIAS

### 7.1. BIBLIOGRAFIAS CITADAS

AMORIM, C.N.D. - **"Illuminazione Naturale, Comfort Visivo ed Efficienza Energetica in Edifici Commerciali: Proposte Progettuali e Tecnologiche in contesto di clima Tropicale."** 2002. Tese (Doutorado) – Università degli Studi di Roma "La Sapienza".

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **NBR 15220 - Iluminação natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição.** Rio de Janeiro, 15p, 2005.

\_\_\_\_\_ - **NBR 5413 – Iluminância de Interiores.** Rio de Janeiro, 1992.13p.

BRUNA, P.J. V. **Arquitetura, industrialização e desenvolvimento.** São Paulo: Perspectiva, 1983.

CENTRO DE MEMÓRIA DA ELETRICIDADE, Disponível em:  
<<http://www.memoria.eletronbras.gov.br/historia.asp>>. Acesso em: 20 mai 2007.

CORBELLA, O. - **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos – conforto ambiental.** Rio de Janeiro: Ed. Revan, 2003.

DUARTE, D.H.S. - **O clima como parâmetro de projeto para a região de Cuiabá.** São Carlos, 1995. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.

DUMKE, E.M.S. **Avaliação do desempenho térmico em sistemas construtivos da vila tecnológica de Curitiba como subsídio para a escolha de tecnologias apropriadas em habitação de interesse social.** Curitiba, 2002. 227 f. Dissertação (Mestrado) – Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná.

FATHY, H. **Natural Energy and Vernacular Architecture: Principles and Examples with Reference to Hot Arid Climates.** The University of Chicago Press, Chicago, 1986.

HOPKINSON,R.G; PETHERBRIDGE,P; LONGMORE,J - **Iluminação natural.** Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1975.

IANNI, O. **A era do globalismo.** Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1997.

IBGE - **Geografia do Brasil. Grande Região Centro-Oeste**. Vol. II. Biblioteca Geográfica Brasileira. Publicação nº16. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Conselho Nacional de Geografia. Rio de Janeiro: IBGE. 1960.

\_\_\_\_\_ - Censo Demográfico 1996. Disponível em:  
<<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em 10/05/2007

IPEA -Déficit Habitacional Brasileiro: um Mapeamento. Disponível em:  
<<http://www.ipea.gov.br/pub/td/td0559.pdf/>>. Acesso em 10/05/2007

KOWALTOWSKI, D.C.K.; PINA, S.A.M.G; RUSCHEL, R.C. Relatório Científico: **Elementos Sociais e Culturais da Casa Popular, Campinas-SP**. Campinas, 1995. Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP.

KRAUSE, C.B.; SANTOS, M.J.; NIEMEYER, M.L.; PORTO, M.M.; GOMES, A.M.R.C., TEIXEIRA, K.C. & GOMES, J.C.P. - **Bioclimatismo no projeto da arquitetura : dicas de projeto** PROARQ DTC / FAU UFRJ, 2004.

KRÜGER, E. L. **Tecnologias apropriadas em habitação de interesse social**. 231 f. Curitiba, 2002. Dissertação (Mestrado) – Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná,

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. - **Eficiência Energética na Arquitetura** .Ed. PW. 188 p.. São Paulo, 1997

MAITELLI, G. T. – **Uma abordagem tridimensional de clima urbano em área tropical continental: o exemplo de Cuiabá-MT**. São Paulo, 1994. 220 f. Tese(Doutorado). (Programa de Pós Graduação em Geografia) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

MASCARÓ, L.E. - **Iluminação Natural dos Edifícios**, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Usp, São Paulo, 1975.

\_\_\_\_\_. - **Luz, Clima e Arquitetura**,. Editora Nobel 3ª edição, São Paulo, 1983.

MASCARÓ, J.L.; MASCARÓ, L.R. - **Incidência das variáveis projetivas e de construção no consumo energético dos edifícios**. 2ª.ed. Porto Alegre. Ed. Luzzatto, 1992.

MEIRIÑO, M. - **Projeto arquitetônico deve incorporar elementos de eficiência energética**. Projeto Design. Edição 291. 2004.

NIMER, E. - **Climatologia do Brasil**. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Série Recursos Naturais e Meio Ambiente, Nº 4. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.

OSRAM - Manual Luminotécnico Prático. Disponível em: <<http://www.osram.com.br/download/manual/manual.pdf>>. acesso em: 12 set 2007.

PEREIRA, F. O. R.; SOUZA, M. B. - **Iluminação**. Apostila do curso de Especialização de Engenharia de Segurança do Trabalho, disciplina Higiene do Trabalho II. Florianópolis, 2000. 114p.

REIS FILHO, N. G. - **Quadro da Arquitetura no Brasil**, Ed. Perspectiva, São Paulo, 1970.

ROMERO, M. A B. - **A arquitetura bioclimática do espaço público**. Editora Universidade de Brasília, 226p. Brasília, 2001.

ROSSETI, K. A. C. - **Uso de ferramenta computacional para análise do desempenho lumínico em edificações: estudo de caso em habitações populares de Cuiabá**. Cuiabá, 2006. 100 f. Monografia – Curso de Arquitetura – Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso.

SANTOS, M. **Técnica, espaço, tempo: globalização e meio técnico-científico informacional**. São Paulo: Hucitec, 1998.

VIANNA, N. S; GONÇALVES, J. C. S. - **Iluminação e Arquitetura**, Universidade do Grande ABC. São Paulo: Virtus, 2001.

## 7.2. BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS

BORMANN, O.R. - **Iluminação natural em salas de aula e escritórios com uso de prateleiras de luz**. Curitiba, 2003. 140 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Programa de Pós Graduação em Tecnologia – CEFET.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. - **Manual de conforto térmico**. Arquitetura, Urbanismo. 3.ed. São Paulo: Nobel, 1999.

GHISI, E.; LAMBERTS, R. - Avaliação das condições de iluminação natural nas salas de aula da UFSC. Artigo. Disponível em:

<[http://www.labeee.ufsc.br/arquivos/publicacoes/enecs97\\_ghisi.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/arquivos/publicacoes/enecs97_ghisi.pdf)>. Acesso em: 12 set 2007

LBNL (2002). - **Desktop Radiance: User Manual**. Lawrence Berkeley National Laboratory, Environmental Energy Technologies Division, Building Technologies Department. Disponível em:  
<<http://radsite.lbl.gov/deskrad/intro.html>>

LEÃO, M. - **Desempenho Térmico em Habitações Populares para Regiões de Clima Tropical: Estudo de Caso em Cuiabá-MT**. Cuiabá. 2006. 102 f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente), Departamento de Física, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso.

MATOS, M. - **Uso de ferramenta computacional para análise de sistemas de iluminação natural: Estudo de caso no prédio da Engenharia Civil – UFSC**. Florianópolis, 2004 - Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina.

PIETROBON, C. E. - **Luz e Calor no Ambiente Construído Escolar e o Sombreamento Arbóreo: Conflito ou Compromisso com a Conservação de Energia?** Florianópolis, 1999.554 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – Universidade Federal de Santa Catarina.