

## **AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO LUMÍNICO EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL NA CIDADE DE CUIABÁ-MT**

**Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira (1); Angela Santana de Oliveira (2);  
Carolina de Rezende Maciel (3); Flávia Maria de Moura Santos (4)  
Luciane Cleonice Durante (5); Carlos Eduardo Vilela Galvão (6)**

- (1) Doutora, Professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo e do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, e-mail: mcjan@ufmt.br
- (2) Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia/Cuiabá-MT, Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, e-mail: angela\_cefetmt@yahoo.com.br
- (3) Arquiteta, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, e-mail: carolmaciel\_arq@yahoo.com.br
- (4) Arquiteta, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, e-mail: flacba@terra.com.br
- (5) Professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, e-mail: lucianedurante@uol.com.br
- (6) Bolsista de Iniciação Científica CNPQ, Graduando do curso de Arquitetura e Urbanismo, e-mail: caduedu\_vilela@hotmail.com
- Universidade Federal de Mato Grosso, Departamento de Física, Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Cuiabá-MT, 78000-000, Tel.: (65) 3615 8739

### **RESUMO**

Nos últimos anos, as questões ambientais no Brasil e no mundo têm evidenciado a importância da utilização consciente da energia elétrica. O setor residencial corresponde a uma fatia considerável do consumo de energia no país. A iluminação é um dos grandes responsáveis pelo consumo de energia elétrica nas edificações e é um dos itens que permite maior facilidade de redução de consumo, se for utilizada de maneira racional. Com o objetivo de verificar o desempenho lumínico dos ambientes, assim como o aproveitamento da luz natural nos mesmos, foram realizadas medições em duas residências na cidade de Cuiabá-MT, denominadas Casa 01 e Casa 02. As coletas de dados foram realizadas nas quatro estações do ano e, posteriormente, as iluminâncias obtidas foram comparadas com as exigidas pela normatização específica. Através dos resultados, observou-se que a Casa 01 obteve um desempenho melhor em relação ao aproveitamento de luz natural, pois apresentou valores maiores de iluminância em quase todos os períodos analisados, e a Casa 02 apresentou iluminâncias aceitáveis, mas menores que os da Casa 01. Com base nos resultados desta avaliação, constata-se que é possível o aproveitamento da luz natural nos ambientes nas edificações favorecendo o uso racional da energia elétrica.

Palavras-chave: Luz natural, habitação de interesse social, conforto lumínico.

### **ABSTRACT**

In recent years, environmental issues in Brazil and world have shown the importance of the conscious use of energy. The residential sector corresponds to a sizeable section of energy consumption in the country. The lighting is a largely responsible for the consumption of electric energy in buildings and is one of the items that allows ease of reduction of consumption, if used in rational way. With the objective of verify the performance of light environments, and the use natural light, measurements were performed on two residences in the city of Cuiabá-MT, named "Casa 01" and "Casa 02". The data were collected in four seasons of the year and then the illuminances obtained were compared with those required by specific regulations. According to the results, it was observed that the house 01, named "Casa 01" obtained better performance in relation to use of natural light, because it showed higher values of illuminance in almost all periods analyzed. And the house 02, named "Casa 02" has levels acceptable of illuminance but lower than those of the "Casa 01". Based on the results of this evaluation, it is confirmed that is possible the use of natural light environments in the buildings, encouraging the rational use of energy.

Keywords: Natural light, housing of social interest, lighting comfort.

## 1. INTRODUÇÃO

A importância alcançada pela questão do uso racional de energia impulsionou a implantação de programas de redução de consumo de energia nos diversos setores da economia.

O setor residencial, que corresponde a uma fatia considerável do consumo de energia no País (22,2% em 2006, de acordo com o BEN – Balanço Energético Nacional (2006) tem sido alvo de algumas ações voltadas à redução do consumo energético, desenvolvidas, principalmente, pelas concessionárias de eletricidade estaduais.

Ao se considerar, contudo, que o consumo energético pelo setor residencial apresenta uma taxa de crescimento significativa – cerca de 5% em relação a 2005, de acordo com a mesma fonte, verifica-se que este setor demanda distinta atenção quanto à otimização na utilização de energia.

De acordo com LAMBERTS (1997), o consumo de energia elétrica no setor residencial foi o que mais cresceu nos últimos anos, sendo que o consumo total de energia no país quase triplicou nos últimos dezoito anos. Neste ritmo, o potencial elétrico instalado no Brasil se tornará insuficiente em breve.

A crise no sistema energético, iniciada na década de 70, é apenas um dos primeiros efeitos de uma situação que tende a se tornar mais grave com o decorrer dos anos, em virtude de ações antrópicas do homem. O uso racional de energia é um dos principais meios de evitar que as alterações no meio ambiente interfiram de modo impactante nas atividades cotidianas das pessoas (NOGUEIRA, 2002).

A iluminação é um dos grandes responsáveis pelo consumo de energia elétrica em edificações, principalmente naquelas não condicionadas artificialmente, como o caso das habitações enfocadas neste estudo. Além do que, é, dentre os responsáveis pelo consumo do edifício, aquele item que permite maior facilidade de redução de consumo se for utilizada de maneira correta e racional (GHISI, 1997).

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

O conforto visual 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, pode-se dizer que, a ausência de uma situação mínima de conforto, traz fadiga e desgaste dos órgãos visuais, reduzindo a acuidade visual e trazendo o mau desempenho das tarefas propostas.

Para Lamberts (1997), o conforto visual é entendido como a existência de um conjunto de condições de determinado ambiente, no qual o homem pode desenvolver suas tarefas visuais com o máximo de acuidade e precisão visual, com o menor esforço, com menor risco de prejuízos à vista e com reduzidos riscos de acidentes. A iluminação insuficiente pode causar fadiga, dor de cabeça e irritabilidade, além de provocar erros e acidentes.

Estas condições, que estão relacionadas aos requisitos necessários para a ocorrência tranqüila do processo visual, são iluminação suficiente, boa distribuição de iluminâncias, ausência de ofuscamento e contrastes adequados (proporção de luminâncias), bem como bom padrão e direção de sombras.

Torna-se difícil, no entanto, estimar as preferências humanas com relação 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.

Segundo Corbella e Yannas (2003), além do nível de iluminação, é importante ressaltar que a função do local determina a distribuição da luz. Deve-se balancear a qualidade e a quantidade de iluminação em um ambiente, bem como escolher adequadamente a fonte de luz - natural ou artificial.

O emprego preferencial da luz natural permite às pessoas maior tolerância à variação do nível de iluminação. A solução mais apropriada, buscando a 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).

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é realizar uma avaliação do desempenho lumínico de duas habitações unifamiliares de interesse social em Cuiabá-MT.

### 3. MATERIAL E MÉTODO

#### 3.1. Material

Foram escolhidas duas edificações de uso residencial unifamiliar, denominadas de Casa 01 e Casa 02, localizadas na região norte do município, em área densamente urbanizada. As residências foram escolhidas em virtude das diferenças quanto ao tipo de construção e concepção do projeto arquitetônico.

##### 3.1.1. Casa 01

A Casa 01 está implantada em um terreno de 10x22m, com área construída de 108,00m<sup>2</sup>, onde se distribuem uma varanda frontal estreita, uma sala de estar/jantar, cozinha, três quartos, sendo uma suíte, banheiro e nos fundos uma varanda juntamente com a área de serviço, estando a fachada principal voltada perpendicularmente para oeste (Figura 1).

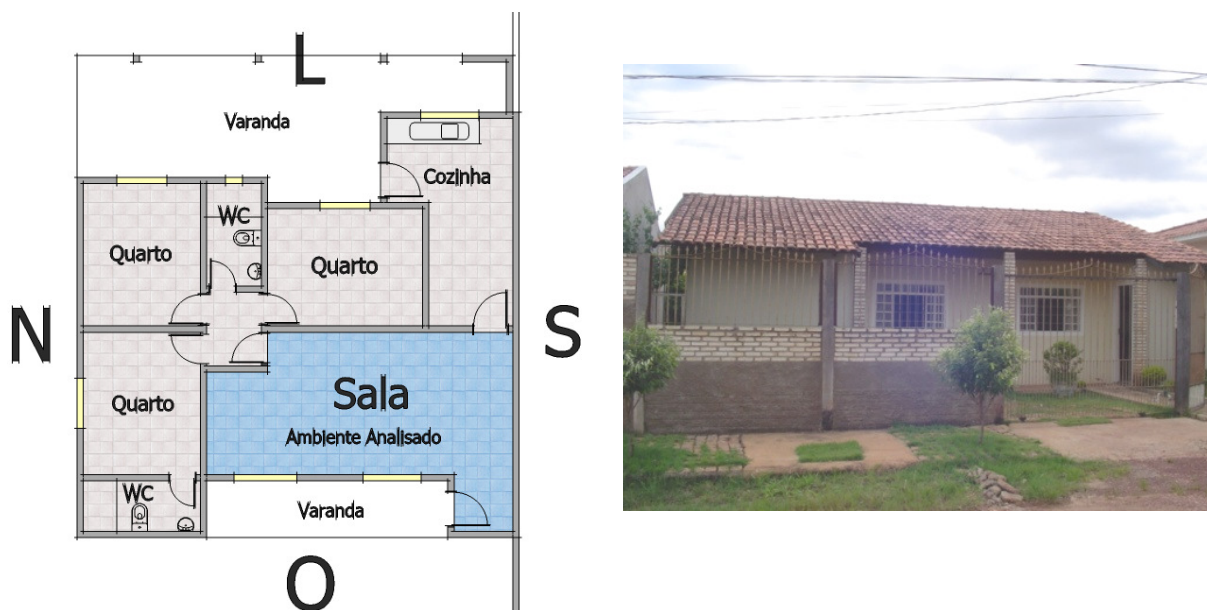


Figura 1 – Localização do ambiente analisado e fachada da Casa 01

Como caracterização do envelope, as paredes são em tijolos cerâmicos de oito furos, rebocados e pintados na cor amarelo claro externamente e branco, internamente. A cobertura é em telhas de barro em duas águas com inclinação de 25% no sentido frente/fundos, com cumeeira central. As esquadrias são metálicas e os vidros lisos de 4mm de espessura..

As coletas de dados da habitação foram realizadas no ambiente de maior utilização pelos moradores, a sala, com área de 25,33m<sup>2</sup> e que possui suas paredes externas voltadas para o oeste recebendo durante quase todo o ano a radiação solar do período vespertino, com aberturas de duas janelas com tamanho de 1,50x1,00m e uma porta de 0,80x2,10m.

Os moradores fazem pleno uso da residência, em horários intercalados, durante todo o dia e fins de semana e para obterem conforto térmico interno, nos horários mais quentes, utilizam ventiladores. Pode-se observar durante o dia, que nos horários em que um determinado ambiente fica mais desconfortável, os ocupantes vão para os outros cômodos da casa ou para o quintal e, também, são abertas as janelas e porta dos fundos.

##### 3.1.2. Casa 02

A Casa 02 está implantada em um terreno de 10x20m, tem área construída de 77,00m<sup>2</sup>, onde se distribuem garagem, sala de estar, cozinha, quarto, sala de estudos e banheiro, estando a fachada principal voltada perpendicularmente para sudeste (Figura 2).

As paredes são em tijolos cerâmicos de oito furos, rebocados e pintados na cor branca, em ambas as faces. A cobertura é em telhas de barro em duas águas com inclinação de 25% no sentido frente/fundos, com cumeeira central. As esquadrias são metálicas e os vidros lisos de 4mm de espessura.

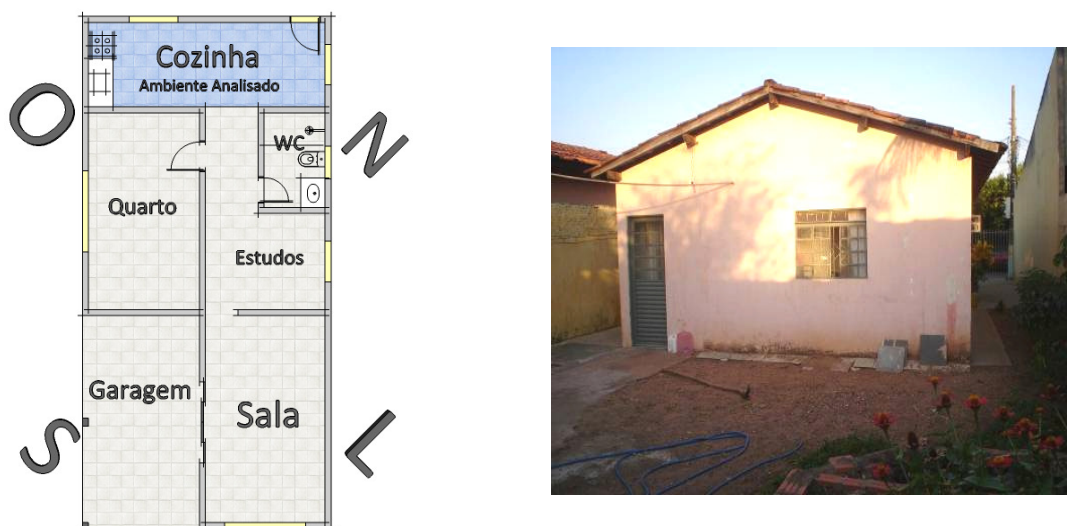


Figura 2 – Localização do ambiente analisado e fachada da Casa 02

O uso pleno da residência pelo morador é apenas no período noturno, durante todo o dia a casa permanece fechada. Nos fins de semana a permanência é maior e para obter conforto térmico interno nos horários mais quentes são utilizados ventiladores.

### 3.2. Método

Os dados foram coletados de forma direta nas duas residências, sendo registrados manualmente pelos pesquisadores a cada hora do dia, no período das 8h às 17h, durante 15 dias consecutivos, nos anos de 2006 e 2007, contemplando todas as estações do ano (Quadro 1).

Quadro 1– Períodos de coleta de dados

Ordem	Estação do ano	Período de coleta
1ª medição	Primavera	30/11/06 à 14/12/06
2ª medição	Verão	02/02/07 à 16/02/07
3ª medição	Outono	14/05/07 à 28/05/07
4ª medição	Inverno	25/06/07 à 10/07/07

De acordo com ABNT (2003), a definição de “condições de céu” é dada como sendo a aparência da abóbada celeste quando vista por um observador situado na superfície terrestre, que está relacionada à distribuição espacial de sua emissão de luz.

As condições climáticas regionais exercem ação direta na determinação da configuração básica dos tipos de céu. Em regiões de clima quente como no caso de Cuiabá, o céu tem aparência predominantemente azulada e com muita luminosidade, em decorrência, principalmente, da ocorrência de vapor d’água na atmosfera.

Para este trabalho, as condições de céu do total de 60 dias de medição foram observadas visualmente e registradas de hora em hora nas seguintes categorias, estabelecidas por ABNT<sup>1</sup>:

**1. Céu claro:** Condição na qual dada à inexistência de nuvens e baixa luminosidade, as reduzidas dimensões das partículas de água fazem com que apenas os baixos comprimentos de onda, ou seja, a porção azul do espectro emirjam em direção à superfície da Terra, conferindo a cor azul, característica do céu.

**2. Céu encoberto:** Condição de céu na qual as nuvens preenchem toda a superfície da abóbada celeste. Este tipo de céu resulta da reflexão/refração da luz direta do sol, para todos os comprimentos de onda, em grandes partículas de água em suspensão na atmosfera, resultando em uma abóbada cinza-claro.

<sup>1</sup> ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas - Projeto 02:135.02-002 – Iluminação Natural – Parte 2: Procedimentos de cálculo para a estimativa da disponibilidade de luz natural.

3. Céu parcialmente encoberto: ou intermediário: Condição de céu na qual a luminância de um dado elemento será definida para uma dada posição do sol sob uma condição climática intermediária que ocorre entre os céus padronizados como céu claro e totalmente encoberto.

O registro das condições de céu auxiliou na interpretação dos dados obtidos nas medições de iluminância no interior das residências, corroborando os resultados das variações de intensidade devido às características arquitetônicas dos ambientes analisados.

Para a realização das medições utilizou-se o Luxímetro Digital Portátil, modelo LD-220, marca INSTRUTHERM (figura 3), que permite medir em lux (lúmen/m<sup>2</sup>), a iluminância dos ambientes.



Figura 3 – Luxímetro Digital Portátil

Para a avaliação do desempenho lumínico na Casa 01, foram feitas coletas de dados em um ponto na área externa, dois pontos em frente as esquadrias e um ponto na área de trabalho (Figura 4).

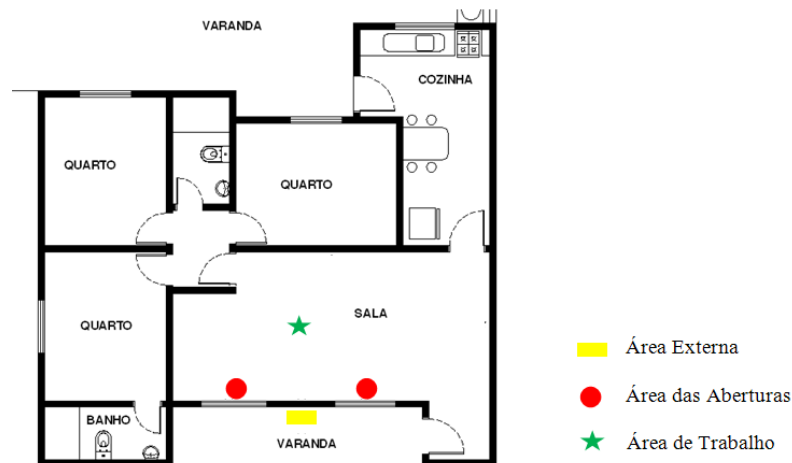


Figura 4 – Localização dos pontos de coleta na Casa 01

Na Casa 02, foram feitas coletas de dados em dois pontos na área externa, um ponto em frente a esquadria e um em frente a porta, e um ponto na área de trabalho (Figura 5).

A cozinha, com área de 13,69m<sup>2</sup>, fica em posição mais desprivilegiada, com orientação noroeste e sem qualquer proteção solar. O ambiente possui como aberturas: uma janela com tamanho de 1,20x1,00m e uma porta de 0,80x2,10m.



Figura 5 – Localização dos pontos de coleta na Casa 02

Os valores encontrados foram comparados com os valores mínimos de iluminância recomendados para os ambientes de acordo com a ABNT (1992), cujos níveis de iluminância mínimos e médios para as diferentes tarefas visuais encontram-se no Quadro 2.

Quadro 2– Níveis de Iluminação Natural

Níveis de iluminação natural para os locais de habitação
Nível de iluminância – Sala = Geral: 100-200 lux. Quando utilizado para local de estudo e trabalho, no mínimo 300 lux (ideal 500 lux).
Nível de iluminância – Cozinha = Geral: 100 -200 lux. Quando utilizado como local de tarefas específicas (mesa, pia), no mínimo 200 lux (ideal 300 lux).
Uniformidade: não necessária e não recomendável.
Incidência de sol direto: permitida, contanto que se cumpram 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.

Fonte: NBR 5413 (1992)

## 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Os resultados foram apresentados graficamente e analisados por área: área externa, área das aberturas e área de trabalho.

### 4.1. Área Externa

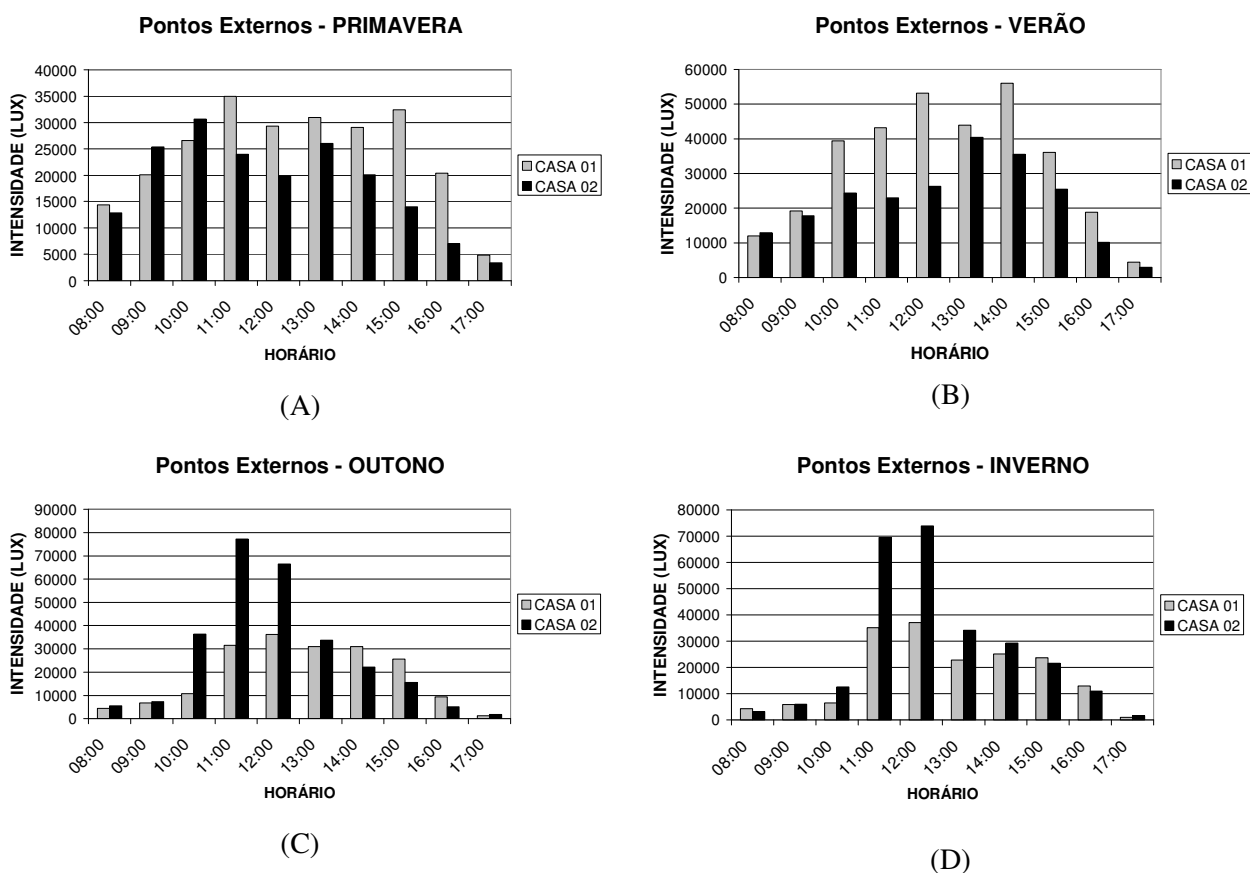


Figura 6 – Intensidade Luminosa Externa na estação do verão (A), outono (B), inverno (C) e primavera (D)

Pode-se observar nos gráficos apresentados, durante as estações estudadas – primavera, verão, outono e inverno – que os pontos externos às casas apresentam valores altos de iluminância disponível pela abóbada celeste, em todos os períodos, constatando-se a grande disponibilidade de luz natural local, em função da localização geográfica.

Os maiores valores de iluminância foram encontrados nas estações outono e inverno (Figuras 6C e 6D), com picos entre 70.000 e 75.000lux. Nas estações de primavera e verão (Figuras 6A e 6B), também foram registrados valores significativos de iluminância da abóbada celeste, com picos entre 35.000 e 55.000lux.

Observa-se que no ponto externo à Casa 01, durante as estações da primavera e do verão, a disponibilidade de luz natural foi superior a da Casa 02. Nas estações do outono e inverno, com a menor disponibilidade de radiação solar no pólo sul terrestre, a Casa 02 apresentou índices maiores de disponibilidade de luz natural exterior.

A diferença de luminosidade entre as estações é explicada pelo movimento de translação da Terra e pela inclinação no eixo do planeta, fazendo com que a disponibilidade de luz solar seja diferenciada durante os meses do ano, tornando os dias mais longos que as noites durante a estação do verão e as noites mais longas que o dia no inverno, sendo as estações da primavera e outono períodos de transição.

Ressalta-se, no entanto, que a medição foi feita nas proximidades das paredes externas, de forma que a varanda da Casa 01 influencia nos valores obtidos, já que obstrui a incidência solar.

## 4.2. Área das Aberturas

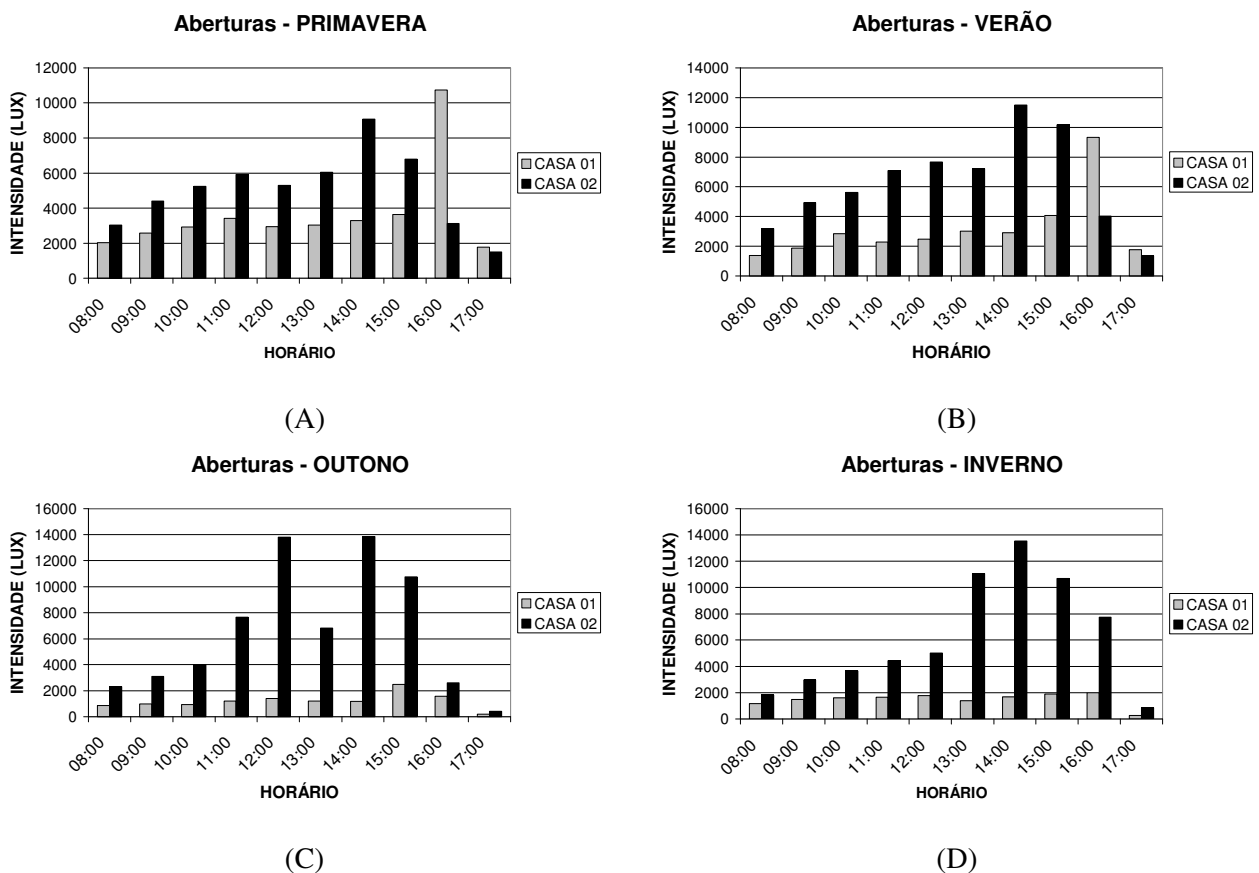


Figura 7 – Intensidade Luminosa nas Aberturas na estação do verão (A), outono (B), inverno (C) e primavera (D)

Os pontos apresentados foram coletados no interior da edificação, próximos às aberturas dos ambientes. Na Casa 01, estes pontos referem-se às duas janelas existentes. Na Casa 02, referem-se à janela e à porta do ambiente.

Constata-se que as duas casas possuem um adequado projeto de aberturas, pois apresentam um desempenho eficiente do ponto de vista de proporcionar iluminação natural no interior da edificação. Em todas as estações registraram-se valores de iluminância superiores a 1.000lux (Figura 7).

A Casa 02, no entanto, apresenta valores superiores aos coletados na Casa 01. Enquanto que, a casa 01 registra valores da ordem de 2.000lux durante as estações, a Casa 02 apresenta valores da ordem de 6.000lux, com picos de até 14.000lux. Neste ponto – projeto de aberturas – a Casa 2 mostra-se mais eficiente por apresentar valores maiores de iluminância.

Constatou-se, também, que o horário de medição de 17 h, registrou-se os valores mais baixos de iluminância, especialmente nas estações de outono e inverno, cujos valores foram abaixo dos 500lux, em ambas as casa.

## 4.2. Área de Trabalho

Para a Casa 01, o nível de iluminância recomendado pela ABNT (1992) para ambientes como a sala em estudo é de 300 a 700lux. Durante as estações climáticas primavera e verão, observa-se um excelente aproveitamento da luz natural, com valores acima de 300lux em todos os períodos do dia (Figura 8). Isto significa que, durante esta estação, o usuário não necessita de complementação de luminosidade para realizar as tarefas.

Na estação climática do outono, observa-se o registro de valores acima dos recomendados pela norma, no intervalo temporal entre 13 e 16h. Esta é a estação em que o usuário necessitaria de complemento na iluminação durante maior período.

Na estação climática do inverno, observa-se o registro de valores altos de iluminância em quase todos os períodos em que há luz natural disponível, exceto no horário das 17h. Isto significa que, até este horário, o usuário pode dispensar o uso de energia elétrica, pois somente a luz natural proporciona iluminância adequada para a realização de tarefas, sem prejudicar o conforto visual.

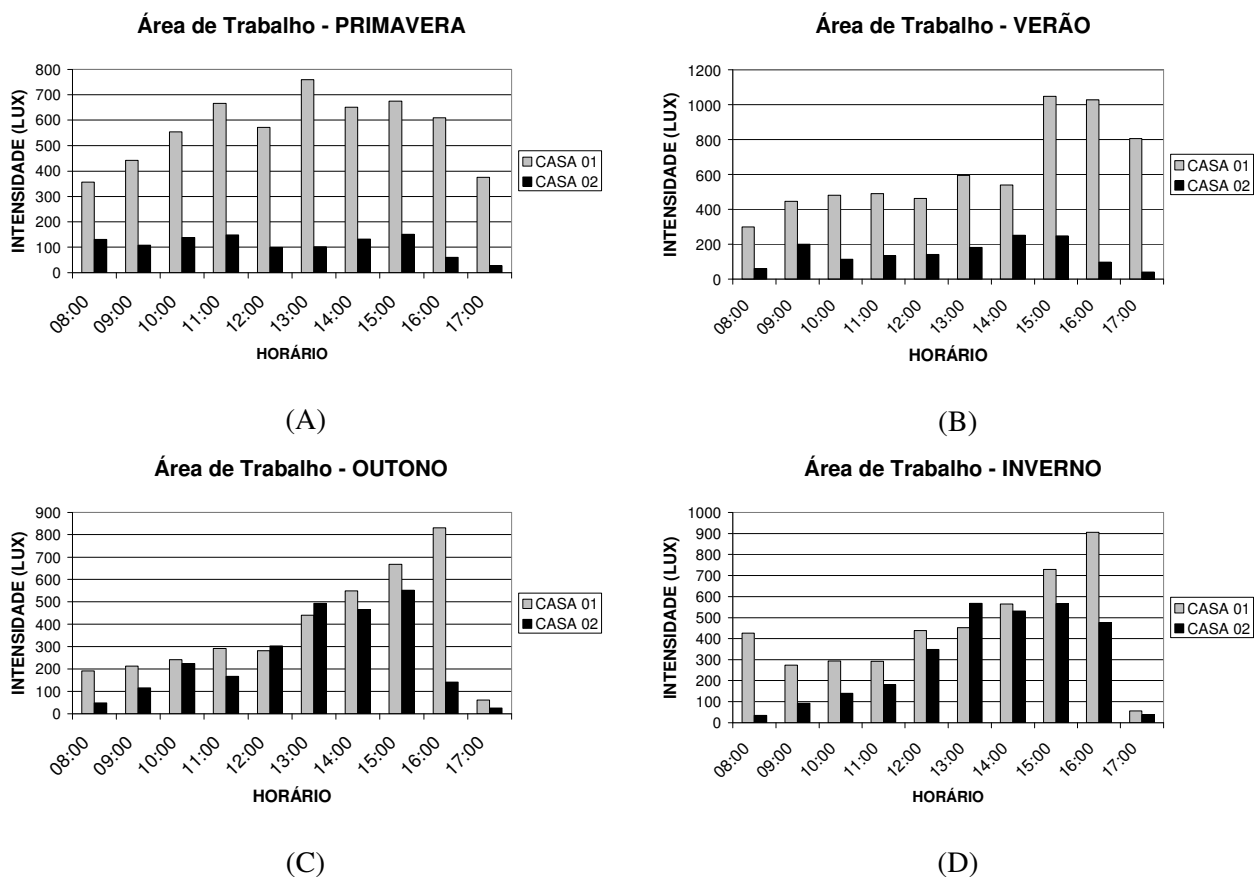


Figura 8 – Intensidade Luminosa nas Áreas de Trabalho na estação do verão (A), outono (B), inverno (C) e primavera (D)

Para a Casa 02, o nível de iluminância recomendado pela ABNT (1992) para a área de trabalho da cozinha (fogão, pia e mesa) é de 200lux.

Pode-se observar nos gráficos apresentados que, durante a estação climática da primavera, em todos os períodos do dia registraram-se valores em torno de 150lux, inferiores ao mínimo exigido (Figura 8A).

Em relação à estação climática do verão, observa-se que os valores de iluminância na área de trabalho diminuem significativamente. Registrou-se níveis compatíveis com a norma somente às 14 e 15h. Nos demais horários existe a necessidade de complementação com luz artificial.



Durante a estação climática do outono e do inverno, foram registrados valores de acordo com o mínimo exigido pela norma somente no intervalo das 12 às 16h. Isto significa que, também, se faz necessária a complementação de luz para buscarem-se valores que atendam à sensação de conforto lumínico.

## 5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados apresentados, pode-se constatar que as moradias avaliadas nesta pesquisa apresentam satisfatório comportamento lumínico, observando-se a ocorrência de valores acima do estabelecido pela norma na maioria dos horários. Ambas as casas possuem um bom projeto de aberturas.

Com relação ao comportamento lumínico, a Casa 01 obteve um desempenho melhor em relação ao aproveitamento de luz natural, pois obteve valores de iluminância maiores que os recomendados pela ABNT(1992) em 82,5% dos períodos medidos.

Já a Casa 02, registrou índices baixos de iluminância em seu interior. Os valores recomendados pela ABNT (1992) são atendidos em somente 30% dos períodos avaliados nas medições. Isto indica que se faz necessária a complementação de luz durante períodos maiores, fato este que vai se refletir diretamente no consumo energético da edificação.

Estes resultados devem-se principalmente às diferenças arquitetônicas apresentadas pelas residências. Observa-se que a Casa 01, apesar de possuir uma varanda à frente das aberturas (que serve como barreira à entrada direta de luz em determinados horários), obteve melhor desempenho lumínico. O projeto da residência e a disposição dos cômodos em relação à orientação solar foram trabalhados de maneira a favorecer o conforto do usuário, dispensando o uso de energia elétrica em grande parte do dia. Além destes fatores, é importante ressaltar também o uso adequado da pintura, neste caso, a escolha da cor branca que torna o ambiente mais claro.

Já o projeto da Casa 02 não possui barreiras à entrada de luz direta (varanda no ambiente estudado), no entanto, não tirou partido, por exemplo, da orientação solar do cômodo e das aberturas ao exterior, o que torna necessária, como já foi dito, a complementação de luz elétrica para a realização de tarefas em determinados períodos do dia.

É necessário acima de tudo o comprometimento do profissional da área em relação à criação de edificações que tenham como objetivo o aumento da qualidade de vida, integrado às características da vida e do clima locais, tirando partido arquitetônico as próprias especificidades regionais.

## 6. REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413 - Iluminância de interiores**. Rio de Janeiro, 1992.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto 02:135.02-002 – Iluminação Natural – Parte 2: Procedimentos de cálculo para a estimativa da disponibilidade de luz natural**.
- AMORIM, C.N.D. *"Illuminazione Naturale, Comfort Visivo ed Efficienza Energetica in Edifici Commerciali: Proposte Progettuali e Tecnologiche in contesto di clima Tropicale"*. Tese de Doutorado. Università degli Studi di Roma "La Sapienza". Dezembro 2002.
- BEN. BALANÇO ENERGETICO NACIONAL. Sumário executivo. Brasil, 2006. Disponível em: [www.ben.epe.gov.br](http://www.ben.epe.gov.br)
- CORBELLA, O; YANNAS,S. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos – conforto ambiental**. Rio de Janeiro: Ed. Revan, 2003. 288p.
- GHISI, E. **Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação**: estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina. Dissertação (mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1997.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW, 1997.
- NOGUEIRA, Y. S. **Sistema habitacional orientado para utilização de fontes de energia alternativa**. Trabalho Final de Graduação. Cuiabá, MT. 2002, p.2.

## 7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à ELETROBRAS/PROCEL pelos recursos financeiros aplicados no financiamento do projeto.