



## **ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DE PRATELEIRAS DE LUZ EM EDIFÍCIO DE PESQUISAS DA UFAL, MACEIÓ-AL**

**Christhina Cândido (1); Simone Torres (2); Ricardo Cabús (3)**

(1) Bolsista CAPES, Mestrado em Dinâmicas do Espaço Habitado. [christhina@ctec.ufal.br](mailto:christhina@ctec.ufal.br)

(2) Bolsista FAPEAL, Mestrado em Dinâmicas do Espaço Habitado. [stc@ctec.ufal.br](mailto:stc@ctec.ufal.br)

(3) Prof. UFAL. Eng. Civil. Dr. em Arquitetura. [r.cabus@ctec.ufal.br](mailto:r.cabus@ctec.ufal.br)

Universidade Federal de Alagoas, CTEC/DEHA, Campus A C Simões, Cidade Universitária, Maceió-AL, CEP 57072-970, Fone: 82-214 1309.

### **RESUMO**

O presente trabalho apresenta os resultados de uma investigação comparativa dos níveis de iluminação entre modelos computacionais de ambientes arquitetônicos, cujo diferencial construtivo é a utilização do dispositivo prateleira de luz. O modelo, caracterizado pela presença do dispositivo, é baseado nas condições reais existentes em edifício que utiliza recursos de arquitetura bioclimática, o Núcleo de Pesquisa Multidisciplinar da Universidade Federal de Alagoas. O objetivo da pesquisa foi verificar o efeito da utilização de prateleiras de luz para a uniformização da iluminação natural no ambiente avaliado. O programa utilizado para as simulações foi o TropLux, baseado no método Monte Carlo e no raio traçado. Os resultados apontam para a eficácia da prateleira de luz como elemento arquitetônico capaz de otimizar a distribuição de luz natural nos ambientes de trabalho.

### **ABSTRACT**

This paper investigates the use of light shelves in a tropical building. It aims to evaluate the effect of light shelves for improving the light uniformity in the building. The work is based on computer simulation using TropLux, a ray tracing and Monte Carlo method based on daylighting software. A work building in Maceió-AL is modeled. Results show the efficacy of light shelves to optimize the distribution of natural light.

### **1. INTRODUÇÃO**

Com a crise de energia deflagrada em 2001, a discussão sobre a questão energética brasileira ultrapassou o meio acadêmico e técnico para atingir a população em geral. Nesse contexto, questões relacionadas ao uso eficiente de energia tomaram maior ênfase, possuindo, talvez, a maior consideração que já teve em nosso país (SIGNOR, 1994).

Com o agravamento da crise energética, começou a surgir uma maior preocupação com a utilização de energia em diversos níveis e setores, entre eles, e com grande enfoque, o da construção civil. Tornou-se evidente a utilização indiscriminada de energia nos edifícios, mostrando, entre outros aspectos, a ineficiência dos projetos executados.

Apesar das potencialidades encontradas no clima tropical brasileiro, a eficiência energética na grande maioria das construções brasileiras deixa muito a desejar (SAYEGH, 2001); (GONÇALVES e DUARTE, 2001). Tal fato se deve, em muitos casos, à inadequação das edificações ao clima regional, já que, ao não dispor do potencial de iluminação e ventilação naturais, as edificações requerem o uso de meios mecânicos de refrigeração e iluminação nos ambientes (GIVONI, 1981). As edificações que apresentam esses problemas necessitam de soluções alternativas que proporcionem conforto aos usuários, sem aumentar o consumo de energia (ASHLEY, 1984).

Para regiões tropicais quentes e úmidas, como é o caso de Maceió, as edificações devem primar pela proteção solar e contra a chuva, além de incrementar a ventilação natural (OLYGAY, 1998). Nesse tipo de clima, a iluminação dos ambientes deve se preocupar em permitir a visão do céu, sem permitir a entrada direta do sol (radiação direta). Para tal, artifícios arquitetônicos, como brises e beirais, são importantes para proteger da radiação solar excessiva. Já para captar a iluminação e distribuir mais uniformemente pode-se utilizar a iluminação lateral por meio de janelas e prateleiras de luz (KOENIGSBERGER et al, 1978).

Em edificações de atividades de trabalho, com permanência apenas diurna, como é o caso dos edifícios de pesquisa, escolas, escritórios, as tipologias arquitetônicas deveriam favorecer o aproveitamento da iluminação natural e dos ventos regionais, minimizando os gastos com energia. Considerando as potencialidades climáticas, chega a ser inconcebível realizar um projeto sem considerar a iluminação natural como primeira alternativa entre outras soluções. A iluminação artificial, nesses ambientes, deve aparecer no período diurno apenas como complementar à luz natural (VIANNA e GONÇALVES, 2001). Outro fator de importância relaciona-se aos custos operacionais desses ambientes, pois quando tratam-se de edifícios públicos, são dotados de poucos recursos financeiros. O projeto, se por um lado deve atender às condições de conforto térmico e luminoso, por outro, pode contribuir para minimizar os gastos excessivos com energia elétrica.

Este trabalho utiliza como edifício base o Núcleo de Pesquisa Multidisciplinar da Universidade Federal de Alagoas, Maceió/AL (Figura 1), projetado pelo Arq. Leonardo Bittencourt. Neste prédio a variável climática, somada às preocupações relacionadas ao conforto ambiental e eficiência energética, foi incorporada no processo projetual. Foram adotados artifícios arquitetônicos, tais como captadores de vento, brises, beirais, prateleiras de luz e peitoris ventilados, como forma de otimizar-se a ventilação e iluminação natural dos ambientes e minimizar a dependência de meios mecânicos de refrigeração e iluminação.



**Figura 1** – Vistas do Núcleo de Pesquisa Multidisciplinar da Universidade Federal de Alagoas, Maceió/AL. Projeto: Arq. Leonardo Bittencourt. Foto: Pedriane Dantas, 2004.

(a) Fachada leste; (b) Fachada oeste

As prateleiras de luz são dispositivos arquitetônicos utilizados na parte superior de aberturas, sendo formadas por planos horizontais ou inclinados. Estes elementos são capazes de promover uma melhor distribuição da luz natural ao longo da profundidade dos ambientes, contribuindo, assim, para a uniformização da iluminância em espaços internos. O seu funcionamento é baseado na captação de radiação luminosa que é refletida para o teto dos ambientes, redirecionando a radiação para os espaços mais distantes da abertura. A capacidade de reflexão deste dispositivo, portanto, varia em função das propriedades físicas de suas superfícies.

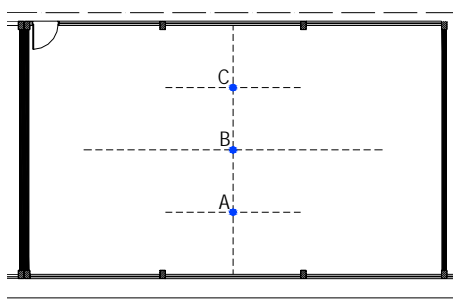
## 2. OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é investigar o desempenho de prateleiras de luz em um ambiente de trabalho. De forma específica é analisada a capacidade destes elementos em uniformizar os níveis de iluminância no ambiente, mantendo um nível adequado de iluminação.

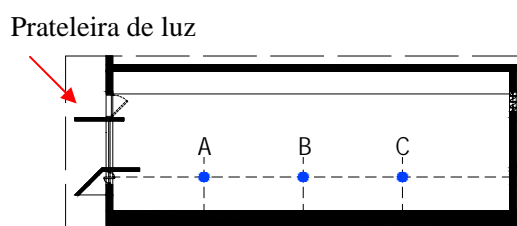
## 3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada nesse trabalho baseia-se em comparações, em relação à iluminação natural, de modelos computacionais. Para tal foram realizadas simulações com o auxílio do programa TropLux v2.06 (CABÚS, 2005). Essa ferramenta, que se baseia no método do raio traçado e no método Monte Carlo, simula os modelos em ambiente tridimensional. O programa permite geometria complexa, distribuições de iluminância de céu configuráveis pelo usuário, bem como padronizadas pela CIE e IES, subdivisão do solo, cálculo da iluminância separado para contribuição solar e de céu em até 12 componentes, em função da trajetória da luz entre a fonte e o alvo. O TropLux está disponível em [www.grilu.ufal.br](http://www.grilu.ufal.br).

Para a análise dos resultados foram considerados três pontos (A, B e C) para cálculo da iluminância no ambiente, dispostos linearmente no centro do ambiente, conforme as Figuras 2 e 3. Estes pontos foram estabelecidos visando investigar a contribuição para a uniformização nos níveis de iluminação no ambiente, a partir do distanciamento da janela. O primeiro ponto está localizado próximo à janela, ponto A (com 2,21m de distância em relação à janela), o segundo, ponto B, no centro da sala, (com 4,42m de distância em relação à janela), e o terceiro no fundo, ponto C (com 6,63m de distância em relação à janela). A altura do plano de trabalho é de 0,75m.



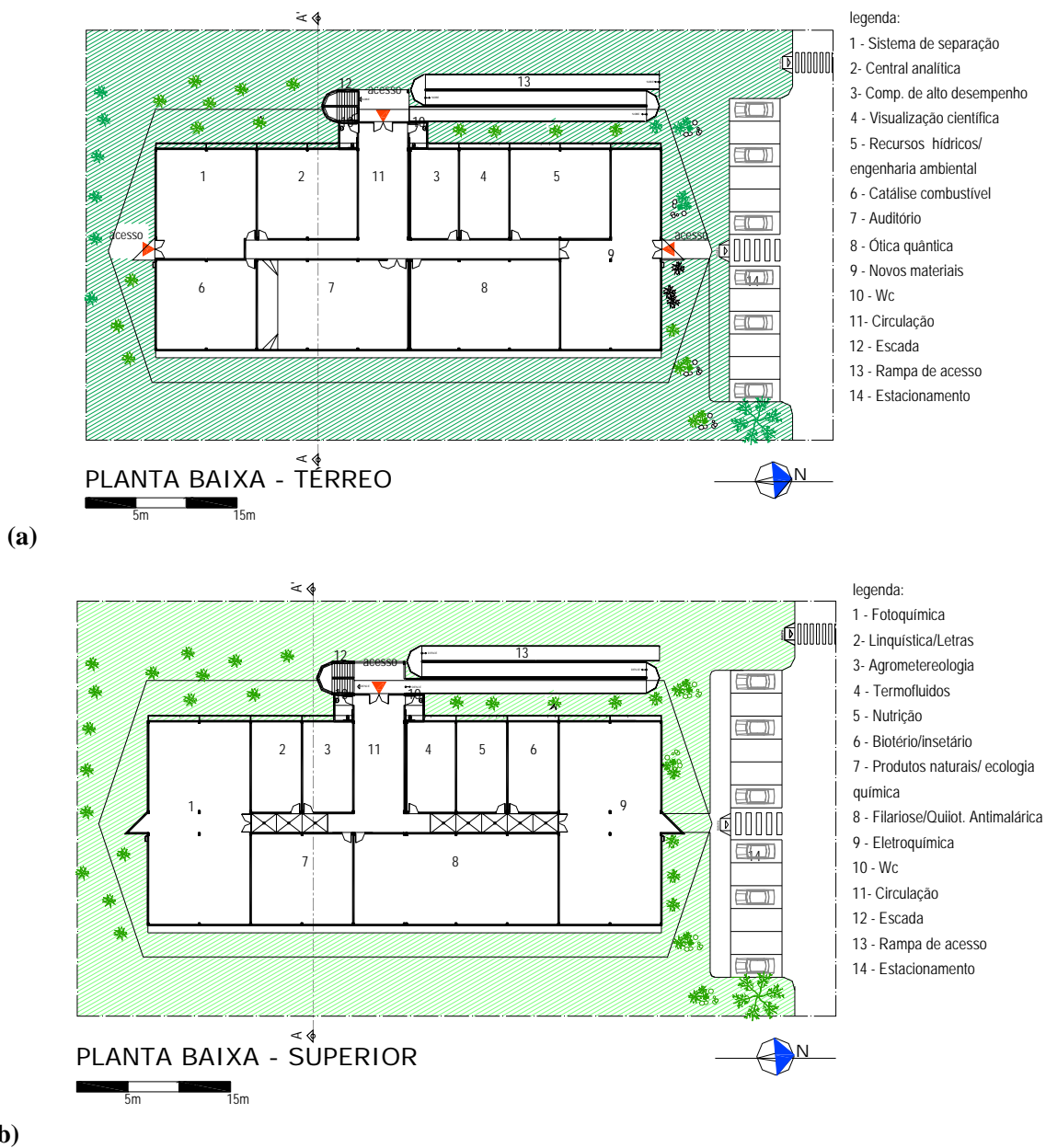
**Figura 2** – Planta baixa modelo de análise: pontos de cálculo da iluminância



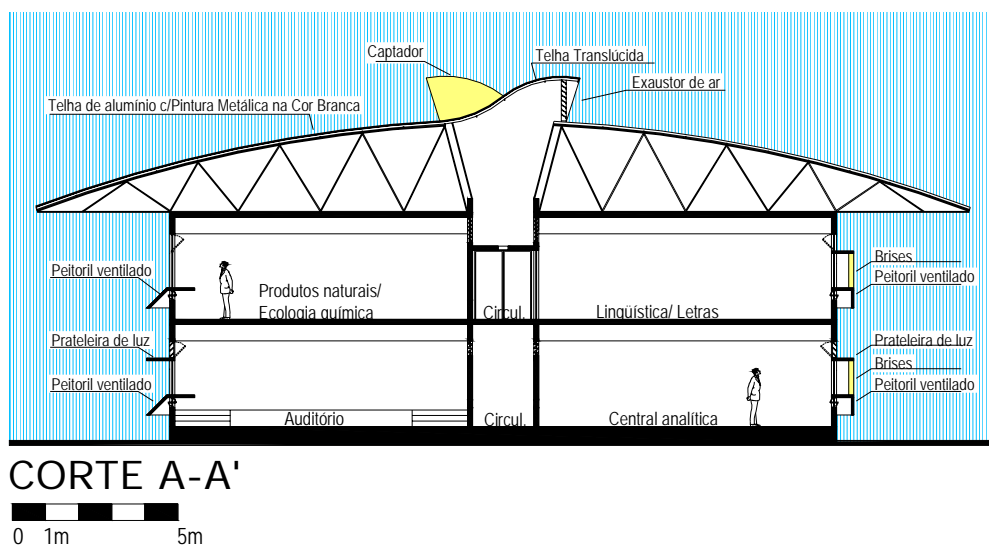
**Figura 3** – Corte AA' modelo de análise: pontos de cálculo da iluminância

Foram analisados dois tipos de modelos. O primeiro considera a sala sem a utilização das prateleiras de luz, adotado como modelo de referência. Nesse modelo observou-se o comportamento da distribuição da luz no ambiente proveniente, principalmente, das aberturas laterais - janelas. No segundo modelo adotou-se a prateleira de luz existente no ambiente, pintada de branco, com refletância de 0,90.

Além da abertura lateral, a sala estudada apresenta aberturas inferiores (peitoris ventilados) para favorecer a ventilação (não consideradas neste trabalho) e bandeiras de 14,70m x 0,53m x 1,58m. O tipo de janela é de correr com vidro comum e caixilhos de alumínio. A sala possui prateleiras de luz acompanhando a abertura das janelas em toda a parede e volta-se para o exterior (Figuras 4 e 5).



**Figura 4** – Plantas baixas do edifício do Núcleo de Pesquisa Multidisciplinar da UFAL; (a) Pavimento térreo; (b) Pavimento superior



**Figura 5** – Corte A-A' do edifício do Núcleo de Pesquisa Multidisciplinar da UFAL

Em ambos os modelos adotou-se paredes e teto pintados de branco e piso de granilite, com valores de refletâncias de 0,73 e 0,42, respectivamente. O céu foi considerado encoberto uniformemente, tipo 5, padrão CIE (a variação de tipo de céu e orientação não foram objetos desta pesquisa). Os modelos foram simulados para o dia 22 de dezembro (solstício de verão) e as horas consideradas foram das 6 da manhã às 6 da tarde (hora solar). Considerou-se o nível iluminância no período de 8h da manhã às 16h da tarde (horários de ocupação do edifício), utilizando a componente global nos três pontos estudados (A, B e C).

Para investigar a eficiência do dispositivo avaliado em relação à capacidade de promover a uniformização em ambientes de trabalho, foram utilizados os seguintes procedimentos:

- O primeiro passo foi baseado no cálculo da perda de iluminância a partir da avaliação da uniformidade em relação à profundidade de cada sala. Para isso, utilizou-se a Equação 1.

$$TRE_{P1-P2}^S = \frac{E_{P1} - E_{P2}}{E_{P1}} \times 100\% \quad [Eq.01]$$

Onde:

$TRE_{P1-P2}^S$  = taxa de redução de iluminância entre dois pontos, para a sala S.

$E_{P1}$  = iluminância no ponto P1

$E_{P2}$  = iluminância no ponto P2

- O segundo passo foi baseado no cálculo da perda de iluminância relativa em relação a cada ponto, para verificar a diferença e a tendência à uniformização nos diferentes modelos estudados (com prateleira de luz e sem o dispositivo). Para isso, utilizou-se a Equação 2.

$$PER = \frac{TRE^{S1} - TRE^{S2}}{TRE^{S1}} \quad [Eq.02]$$

Onde:

**PER** = perda de iluminância relativa no ponto avaliado;

**TRE<sup>S1</sup>** = taxa de redução de iluminância pela profundidade na sala 1 (modelo desprovido da prateleira de luz);

**TRE<sup>S2</sup>** = taxa de redução de iluminância pela profundidade na sala 2 (modelo dotado de prateleira de luz).

#### 4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

- **Modelo de referência sem prateleiras de luz**

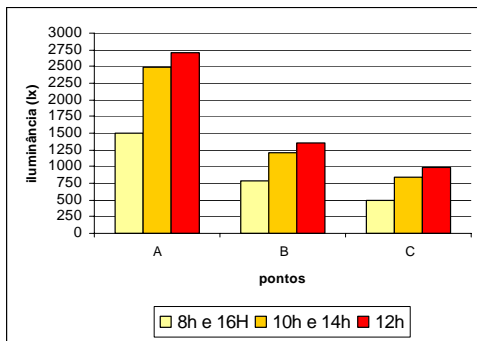
A simulação para o modelo de referência demonstrou altos valores de iluminância no ambiente. Entretanto, em relação à distribuição de tais valores, constata-se uma distribuição não uniforme entre o valor obtido próximo às janelas, no ponto A, e o valor no fundo do ambiente, no ponto C (Tabela 1).

**Tabela 1.** Valores da Iluminância para a sala desprovida de prateleiras de luz.

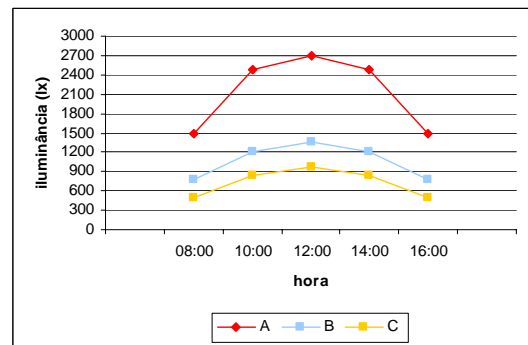
Ponto	Iluminância (lx)				
	8h	10h	12h	14h	16h
A	1500	2480	2700	2480	1500
B	780	1200	1350	1200	780
C	500	850	980	850	500

Para o ponto de medição C, localizado no fundo do ambiente, os valores da iluminância variaram entre 980 lx (meio dia) e 500 lx (16h). Ao longo do dia, nota-se uma diferença de até 1720 lx, em relação ao ponto A, próximo às janelas. Pode-se constatar o mesmo fato em relação ao ponto A e ponto B, onde a diferença entre os valores foi de 1350 lx. Tais discrepâncias podem contribuir para o ofuscamento dos usuários, influenciando, negativamente, no desenvolvimento das atividades. Tratando-se de uma sala de uso múltiplo (estudo e trabalho), uma distribuição mais uniforme dos níveis de iluminação seria desejável, permitindo a execução das atividades com maior conforto luminoso. Segundo (PEREIRA, 2000) até 1000 lx o rendimento visual cresce enquanto a fadiga visual decresce. A partir deste ponto até 2000 lx o rendimento visual tende a permanecer constante com um aumento da fadiga. Por isso, recomenda-se que somente em situações especiais utilizam-se níveis de iluminação maiores que 2000 lx.

Outro fator que deve ser considerado é a possibilidade de ocasionar contraste desconfortável entre a área próxima às janelas e o fundo do ambiente, pontos A e C, respectivamente. Esse fato decorre da excessiva luminosidade proveniente do exterior que penetra pelas fachadas, ocasionando fortes contrastes entre as áreas atingidas e seu entorno (VIANNA e GONÇALVES, 2001). Tal fato é ilustrado nos gráficos de distribuição da iluminância (Figuras 6 e 7). A diferença entre os valores registrados próximo às janelas decresce, significativamente, à medida que avançam para o fundo do ambiente, favorecido, fortemente, pela dimensão e tipologia de esquadria adotada.



**Figura 6** - Gráfico da distribuição da iluminância na sala sem prateleiras de luz, variação por ponto de medição



**Figura 7** - Gráfico da distribuição da iluminância na sala sem prateleiras de luz, variação ao longo do dia.

- **Modelo com prateleiras de luz**

Analisando o modelo caracterizado pela presença da prateleira de luz, houve um decréscimo nos valores da iluminância para todo o ambiente (Tabela 2). Esse fato se deve ao bloqueio da parcela do céu visível e, conseqüentemente, da iluminação natural que penetra no ambiente.

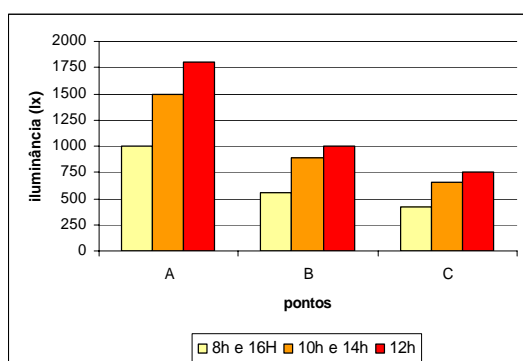
Entretanto, ao analisar-se a distribuição dos valores da iluminância no ambiente, constatou-se uma maior uniformização do nível de iluminância no ambiente em relação à sala desprovida de prateleira de luz. A diferença entre os valores registrados no ponto A e no ponto C ao meio dia foi de 1050 lx. Já no ponto B, a diferença em relação ao ponto A foi de 800 lx.

Ao analisar a iluminância entre 8h e 16h, constata-se uma distribuição mais uniforme dos valores obtidos entre os pontos de medição, em relação ao modelo sem prateleiras de luz. Tal fato pode ser bastante positivo para a execução das atividades, pois podem minimizar os efeitos de ofuscamento, conseqüência possível do modelo sem as prateleiras de luz.

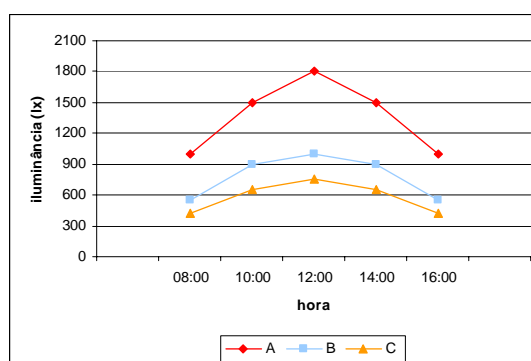
**Tabela 2.** Valores da Iluminância para a sala onde foram adotadas as prateleiras de luz.

Ponto	Valores de Iluminância (lx)				
	8h	10h	12h	14h	16h
A	1000	1500	1800	1500	1000
B	550	890	1000	890	550
C	420	650	750	650	420

Os valores obtidos no ponto C, apesar de apresentarem-se inferiores aos registrados no modelo sem prateleiras de luz, permaneceram no valor mínimo exigido pela norma NBR 5413. Esta determina que para tarefas de estudo e trabalho os ambientes devem apresentar valores de iluminância de, no mínimo 300 lx. Desta forma, em relação à diferença no nível de iluminância entre a parcela do ambiente próxima à janela e o restante foi minimizado, em parte, o contraste, como foi detalhado anteriormente. Entretanto, contata-se que o impacto na uniformização entre os pontos A e C foi discreto, em relação ao modelo sem prateleiras de luz (Figuras 8 e 9).



**Figura 8** - Gráfico da distribuição da iluminância na sala com prateleiras de luz, variação por ponto de medição.



**Figura 9** - Gráfico da distribuição da iluminância na sala com prateleiras de luz, variação ao longo do dia.

Quanto à avaliação da eficiência do dispositivo em relação à capacidade de promover a uniformização em ambientes de trabalho, foram calculadas a taxa de redução de iluminância (TRE) e a perda de iluminância relativa (PER) em dois horários: 10h e 12h. Os valores são apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3:** Resultado comparativo da perda de iluminância relativa entre os modelos estudados.

Ponto	Sala sem de prateleira de luz		Sala com prateleira de luz		Perda de Iluminância Relativa (%)
	Valores da Iluminância para 10h (lx)	Taxa de redução de iluminância no ponto A	Valores da Iluminância para 10h (lx)	Taxa de redução de iluminância no ponto A	
A	2480	-	1500	-	-
B	1200	52	890	41	<b>21</b>
C	850	66	650	57	<b>14</b>
Ponto	Sala sem prateleira de luz		Sala com prateleira de luz		Perda de Iluminância Relativa (%)
	Valores da Iluminância para 12h (lx)	Taxa de redução de iluminância no ponto A	Valores da Iluminância para 12h (lx)	Taxa de redução de iluminância no ponto A	
A	2700	-	1800	-	-
B	1350	50	1000	44	<b>11</b>
C	980	64	750	58	<b>8</b>

Os resultados da investigação comparativa indicam que a aplicação da prateleira de luz proporcionou a redução da diferença entre os valores de iluminância obtidos nos pontos analisados. Esta diminuição em relação ao modelo desprovido de prateleira de luz correspondeu aos valores de aproximadamente 21% , às 10h no ponto B, e 8% , às 12h no ponto C. Desta forma, pode-se afirmar que os resultados apontam para



uma tendência de uniformização da iluminância no modelo correspondente à utilização da prateleira de luz.

## 5. CONCLUSÃO

Sob as condições investigadas, os resultados demonstraram a eficiência da prateleira de luz na uniformização dos níveis de iluminância no ambiente. Aspectos relacionados à forma e à configuração deste dispositivo devem ser observados para otimizar o seu uso.

Em relação à obstrução da parcela de céu visível, comprovou-se a interferência da prateleira de luz nas proximidades das aberturas, diminuindo a iluminação nessa porção do ambiente. Sugerem-se estudos complementares para a influência da orientação da abertura, variação nos tipos de céu – sobretudo com a possibilidade de reflexão da luz solar na prateleira – e variação nos dias do ano.

Os resultados da avaliação comparativa permitiram atentar para a importância da otimização da iluminação natural, através da utilização de dispositivos arquitetônicos que permitam potencializar os recursos climáticos locais. Em Maceió, o aproveitamento da iluminação natural é favorecido pela abundância deste recurso.

Desta forma, pode-se afirmar que o conhecimento climático aliado à criatividade e as considerações das potencialidades locais podem contribuir para o desenvolvimento de espaços arquitetônicos mais confortáveis. Assim, os custos com energia elétrica podem ser minimizados a partir da utilização integrada e eficiente dos meios artificiais e naturais de iluminação.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHLEY, S., SHERMAN, M. The Calculation of Natural Ventilation and Comfort. In: *ASHRAE Transactions*; vol. 90; n°. 1B; pp. 253-271. Atlanta: ASHRAE, 1984.

CABÚS, R., *TropLux – Manual do usuário*. Maceió: GRILU, 2005.

SAYEGH, S. *Força domada: quilowatts de economia*. Tèchne. São Paulo, n. 53, ago. 2001.

SIGNOR, Régis, *Análise de regressão do consumo de energia elétrica frente a variáveis arquitetônicas para edifícios comerciais climatizados em 14 cidades brasileiras*. Dissertação de mestrado, UFSC, Florianópolis, 1999.

GONÇALVES, J., DUARTE, D. Como melhorar a eficiência energética nos edifícios. *Projeto/Design*. [www.arcoweb.com.br](http://www.arcoweb.com.br), 2001.

VIANNA, N., GONÇALVES, J. *Iluminação e Arquitetura*. Ed. Gerus: São Paulo, 2001

KOENIGSBERGER, O., T. G. INGERSOL, A. MAYHEW, S. V. SZOKOLAY. *Manual of Tropical Housing and Building. Part I: Climatic Design.*, Longman: London, 1974.

PEREIRA, F. R., SOUZA, M. B. *Iluminação*. Apostila da disciplina de conforto ambiental – Iluminação. UFSC: Florianópolis, 2000

OLGYAY, Vitor, *Arquitectura y clima Manual de Diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Editorais Gustavo Gili: Barcelona, 1998.