

A INFLUÊNCIA DA ALTURA DO POÇO NA ILUMINAÇÃO DE CLARABÓIAS

Singoala dos Santos Miranda⁽¹⁾; Celina Britto Corrêa⁽²⁾

⁽¹⁾ Arquiteta, Mestranda PROGRAU – FAUrb, Universidade Federal de Pelotas

e-mail: arquiteta@singoalamiranda.com.br

⁽²⁾ Prof.^a Dr.^a Arq. PROGRAU – FAUrb, Universidade Federal de Pelotas

e-mail: celinab.sul@terra.com.br

Resumo

As clarabóias, principal objeto deste estudo, são elementos de captação de luz zenital e elementos de arquitetura que cumprem um importante papel, não só como modificadores do ambiente iluminado, mas também do ambiente térmico. Considerando-se a elevada radiação solar no verão, na região do estudo, Pelotas, no Rio Grande do Sul, a captação de luz pelas clarabóias também supõe grande ganho de calor. Neste trabalho, através de um experimento com modelos físicos reduzidos, buscava-se obter informações sobre o desempenho luminoso, bem como sobre o desempenho térmico produzido por duas clarabóias idênticas, porém com alturas de poços diferentes, numa representação em escala de uma situação arquitetônica real, para que se verificasse a influência dessa variável no nível de iluminação interno e na temperatura, durante um dia de verão típico da região. Para tanto, coletaram-se dados de iluminância e temperatura em dois modelos reduzidos (maquetes), que reproduziram fielmente as condições geométricas e aproximadamente as condições fotométricas do ambiente real e que foram expostas à luz diurna em condições de céu real. Para as condições do experimento, verificou-se que a clarabóia que apresentava o poço mais alto produziu um nível de iluminação mais elevado nas horas de radiação difusa, e principalmente, que durante as horas de radiação solar direta, essa mesma clarabóia, quando comparada com a clarabóia de poço mais baixo, permitiu uma redução de temperatura na ordem de aproximadamente 3,5°C no ambiente interno, embora também apresentasse redução no nível de iluminação, mas ainda assim, dentro dos parâmetros recomendados pela norma ABNT – NBR 5413, para as atividades previstas para o espaço considerado.

Palavras-chave: Iluminação natural, Clarabóia, Modelo físico reduzido.

Abstract

Skylights, the main object of this research, are daylighting and architecture components that play an important role, not only as modifiers of the lighting environment, but also of the thermal one. Considering the increased solar radiation during summer in the region of Pelotas/RS, daylighting capture by skylights assumes a great heat gain. In this paper, through an experiment with scale models, we sought to gather information about the daylighting and thermal performances produced by two identical skylights – although with different cavities heights – in a scaled representation of an actual architectural space. This experiment aimed to find the influence of this variable over the level of indoor daylighting and the temperature, during a typical summer day in the region. In order to do so, illuminance and temperature data were collected in two scale models, which faithfully reproduced the geometric conditions and approximately photometric conditions of the actual environment, and which were exposed to daylight in actual sky conditions. Concerning the experiment's conditions, we found that the skylight that had a higher cavity produced a higher level of daylighting during the period of diffuse solar radiation. Besides, and mainly, this same skylight, when compared to the skylight with a lower cavity, allowed a temperature reduction of about 3,5°C in indoor environment during the period of direct solar radiation. Although it also showed a decrease in the level of daylighting, it was still within the parameters recommended by ABNT – NBR 5413 for the expected activities in the considered space.

Keywords: Daylighting, Skylight, Scale Model.

1. INTRODUÇÃO

A luz natural é uma importante fonte de energia para o desenvolvimento das tarefas do ser humano. Além da importância nas funções fisiológicas a iluminação natural e sua intensidade influem sobremaneira nos aspectos psicológicos e nas relações inter-humanas, proporcionando efeitos mais ou menos estimulantes adequadas ao ambiente e sua função.

Um bom projeto de iluminação natural usufrui e controla a luz disponível maximizando suas vantagens e reduzindo suas desvantagens. O uso da luz diurna é a maneira mais simples de se obter grandes reduções tanto no consumo de energia operacional como nos ganhos térmicos internos (KEELER e BURKE, 2010). A luz natural também apresenta inconvenientes como a direcionalidade, a variação de intensidade e a sua imprevisibilidade. Para reduzir os inconvenientes da luz natural, direcionalidade e altíssima intensidade, é necessário utilizar sistemas de controle/difusão da radiação solar que interceptem uma parte da radiação direta, refletindo-a e difundindo-a (AMORIM, 2002 apud GARROCHO, 2005, p.1). Saber monitorar a iluminação natural em uma edificação não é uma tarefa fácil e as decisões mais críticas a este respeito devem ser tomadas nas etapas iniciais do projeto (GARROCHO, 2005, p.37).

A iluminação zenithal, classificada como iluminação horizontal, tem como uma de suas principais características a de proporcionar uma maior uniformidade na distribuição da luz. Existem diferentes configurações de aberturas zenitais: os lanternins, os sheds e os domos ou clarabóias. Alguns projetos arquitetônicos, especialmente edifícios comerciais e públicos, onde a necessidade de luz natural é grande, têm utilizado os sistemas de clarabóias, com bons resultados em níveis de iluminação. Também nas edificações residenciais, embora menos freqüentes, encontram-se soluções arquitetônicas que se valem dos dispositivos de iluminação zenithal para introduzir a luz natural em ambientes sem conexão com o perímetro da edificação ou para servir de complemento à iluminação lateral.

Por outro lado, na região sul do Brasil, a quantidade de radiação solar e a temperatura diferem muito em função das diferentes épocas estivais. No verão, para que se consigam boas condições de conforto interno, é necessário que se evite o superaquecimento, e uma clarabóia pode se transformar em um elemento vulnerável ao ingresso da radiação solar direta que incide de forma intensa, sobre os planos de cobertura, naquela estação. Logo, parece ser de extrema importância que se conheça o nível de iluminação e a temperatura interna proporcionada em espaços internos iluminados por clarabóias.

Assim, o objetivo deste trabalho foi obter informações sobre o desempenho luminoso, bem como sobre o desempenho térmico produzido por duas clarabóias idênticas, porém com alturas de poços diferentes, numa representação em escala de uma situação arquitetônica real, para que se verifique a influência dessa variável no nível de iluminação interno e na temperatura, durante um dia de verão típico da região, Pelotas, no Rio Grande do Sul.

2. METODOLOGIA

Para alcançar o objetivo deste trabalho utilizou-se como metodologia a coleta de dados provenientes de medições dos níveis de iluminância e temperatura em dois modelos reduzidos (maquetes) que reproduziram fielmente as condições geométricas e aproximadamente as características fotométricas de um ambiente real, e que foram expostos a luz diurna em condições de céu aberto num dia típico de verão na região do estudo, e a posterior análise comparativa entre os resultados obtidos.

2.1. Escolha do modelo de estudo: antecedentes

Selecionou-se como modelo para este estudo, uma clarabóia localizada no estar íntimo de uma residência do ano de 1966, do arquiteto Érico Wedle, com grande influência modernista. Por seus detalhes e características formais e funcionais, que a diferenciam das demais

residências da época, na cidade, esta residência foi publicada no livro *100 imagens da Arquitetura Pelotense* (MOURA e SCHLEE, 1998, p.190). A residência em questão conta, desde o seu projeto original, com três clarabóias sendo a primeira localizada no estar íntimo, a segunda na copa cozinha e a terceira no escritório.

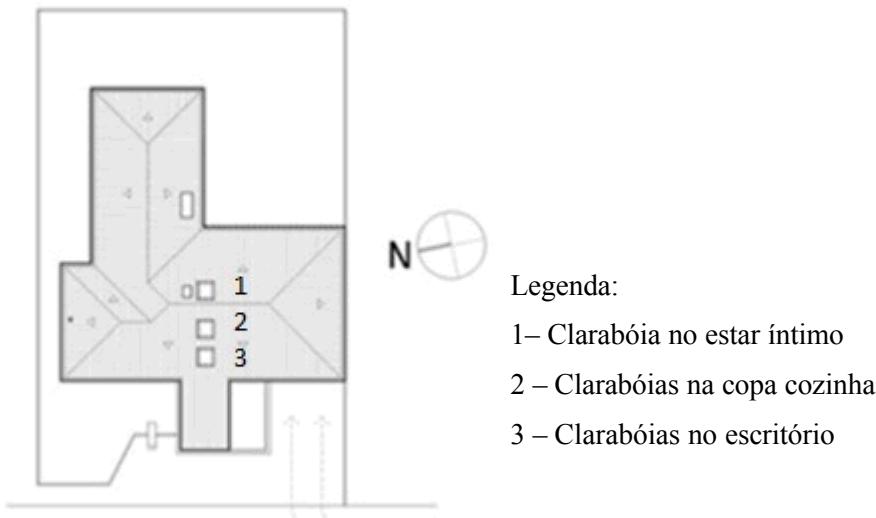


Figura 1- Planta de cobertura da edificação real, com a localização das três clarabóias

Em 2010 a residência mudou de proprietário e passou por um processo de reforma. A nova proposta arquitetônica implicou em revisões nas instalações, na cobertura e nas esquadrias. Quanto às clarabóias, optou-se em dar-lhes um aspecto de atualidade, modificando seus materiais de cobertura originais. Também se aumentou a altura do poço da clarabóia original do estar íntimo no intuito de melhorar a distribuição da luz, minorar o ofuscamento e reduzir a carga térmica. Este estudo experimental utilizou-se de modelos reduzidos, que simularam o espaço real que contém a clarabóia 1, representado na figura abaixo.

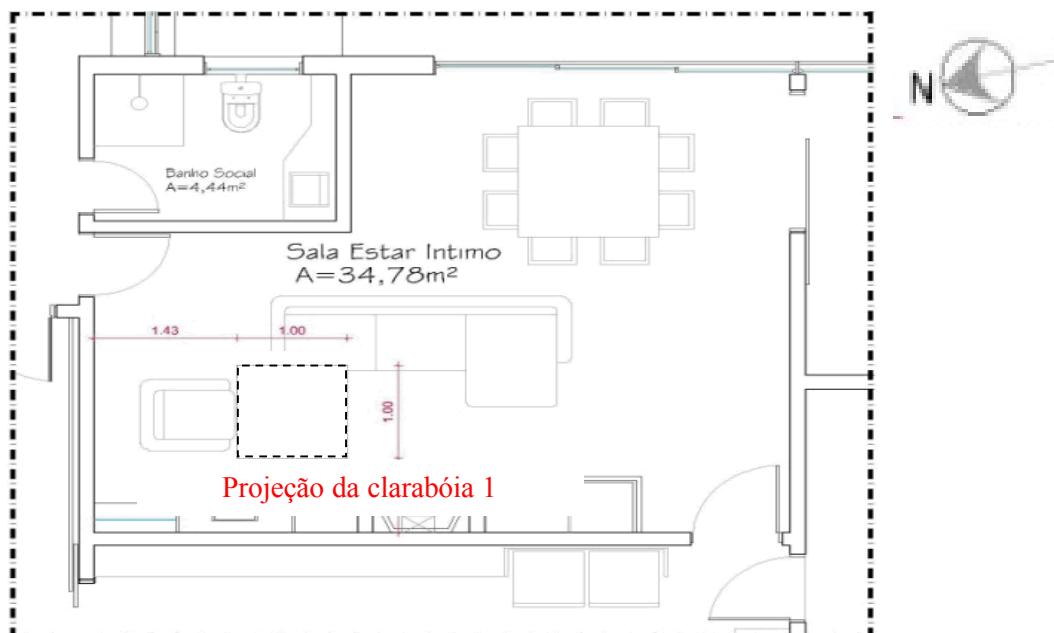


Figura 2- Planta baixa do estar íntimo (espaço real).

A clarabóia original, de dimensões 1,00 x 1,00 m, apresentava pela parte superior uma cobertura em telha translúcida incolor de fibra de vidro e pela face interna um forro falso de acrílico leitoso branco guardando um afastamento de 0,48 m entre eles. Esta câmara interna também servia como suporte para a iluminação artificial do compartimento, feita com lâmpadas fluorescentes ali alojadas.

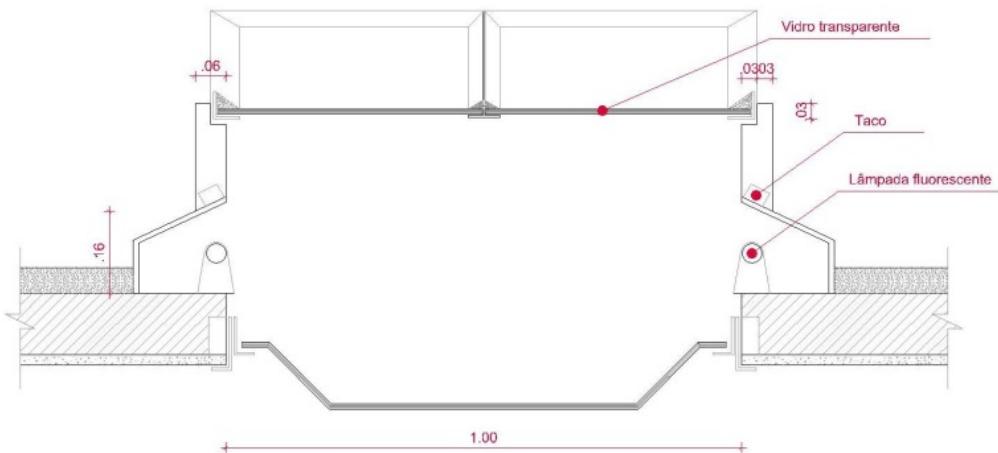


Figura 3 - Corte transversal da clarabóia original



Figura 4 - Vista interna da clarabóia original

A nova proposta, após a reforma, levou em consideração o aproveitamento máximo da iluminação natural. A preocupação do projeto arquitetônico atual foi a de utilizar a altura do poço para melhorar a iluminação natural interna, aliada ao aspecto estético de luz e sombra resultante deste novo desenho da clarabóia. Foram substituídas as telhas de fibra de vidro da cobertura da clarabóia, por vidro laminado incolor 10+10 mm, com lâmina de butiral (PVB) branca. Foram eliminadas as lâmpadas fluorescentes do interior da câmara, e as paredes do poço foram pintadas com tinta PVA branco fosco. Com o objetivo de minimizar a carga térmica optou-se por aumentar a altura do poço para 0,80 m. Estas medidas foram tomadas de maneira intuitiva no sentido de aumentar o nível de iluminação pela reflexão da luz natural

nas paredes do poço e minimizar a carga térmica no interior da edificação pela maior distância à superfície translúcida. Sob o ponto de vista da iluminação do espaço interno, essa solução buscava a melhoria na quantidade e na qualidade da luz. Entretanto, persistia a indagação: qual a seria a real influência da altura do poço no desempenho da clarabóia?



Figura 5: Interior do estar íntimo

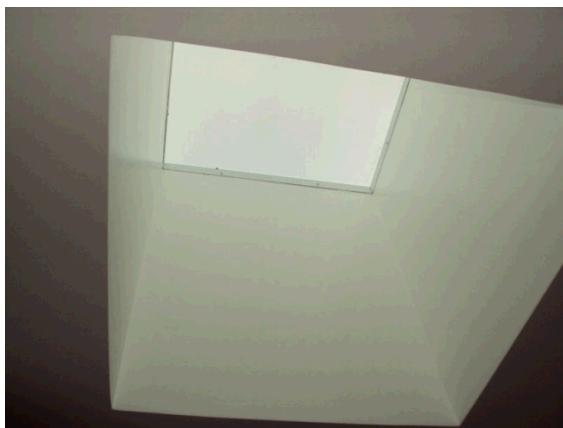


Figura 6 – Vista da clarabóia atual, com poço alto

A partir destes antecedentes, surge a idéia de verificar-se experimentalmente o comportamento das clarabóias original e modificada, utilizando-se para esse fim, modelos físicos reduzidos. Construíram-se duas maquetes do espaço já descrito, idênticas, salvo na altura dos poços das clarabóias, uma de poço baixo e outra de poço alto.

2.2. Do modelo reduzido

As maquetes foram executadas em compensado de madeira de 3mm com pintura pva branca pelo exterior e pelo interior. No lugar das esquadrias e revestimentos, se usou um revestimento de papel com a imagem impressa dos revestimentos originais da edificação real, reproduzidos por fotografia, na tentativa de aproximação dos coeficientes de reflexão internos.

O ambiente interno real apresenta as seguintes características físicas reproduzidas no modelo reduzido: área útil de 33,50 m²; pé direito de 2,78 m; piso em taco de canela; teto rebaixado em gesso com pintura PVA branco-fosco; parede divisória formada por um armário de madeira clara e as demais alvenarias revestidas com massa fina e pintura PVA branca; as esquadrias internas e a externa são de louro freijó, em madeira aparente. A esquadria externa se configura como uma porta-janela com venezianas 100% retráteis, que mede 4,00 x 2,30 m, orientada para o sudeste. A iluminação proporcionada por essa esquadria não foi considerada nesse estudo, e, portanto, a porta-janela do modelo físico permaneceu fechada durante o experimento.

2.3. Métodos de medição

Para a obtenção de dados quantitativos que pudessem atestar o comportamento das clarabóias de poço baixo e de poço alto foram realizadas medições das variáveis ambientais de temperatura e iluminância nos dois modelos físicos reduzidos, acima descritos. Foram utilizados sensores do tipo HOBO H8 Family, da Computer Corporation, assim posicionados: os sensores 10 e 17 foram localizados no centro do ambiente do modelo com clarabóia de poço baixo e no centro do modelo com clarabóia de poço alto respectivamente. Sobre a cobertura posicionou-se também um sensor, o de número 11, para que se conhecesse a iluminância e a temperatura sobre o plano horizontal de cobertura.

Foi escolhido um dia típico de verão para a cidade de Pelotas; a coleta de dados ocorreu no

dia 28 de janeiro de 2012, em Pelotas, no RS, no período diurno. Foram computados e armazenados dados referentes a intervalos de 15 minutos.



Figura 7 – Modelos reduzidos expostos à situação de céu real

3. RESULTADOS

3.1. Dados de temperatura

Ao longo do dia 28 de janeiro de 2012, verificou-se que as temperaturas externas sobre a cobertura variaram de uma máxima de 46,4°C às 14h00 a uma temperatura mínima de 20,57°C às 21h00, numa amplitude térmica de 25,83°C. Conforme apresentado na figura abaixo, as temperaturas registradas pelo sensor 17, localizado no ambiente que continha a clarabóia de poço alto, são a partir das 11h45, inferiores ou no mínimo iguais às temperaturas registradas pelo sensor 10, localizado no ambiente com clarabóia de poço baixo. Coincidindo com os horários de radiação solar direta, das 11h45 às 14h00, este sensor 10 registra temperaturas superiores em até 3,5°C ao espaço com a clarabóia de poço alto, onde foi localizado o sensor 17. As médias de temperaturas registradas pelos sensores são de 33,94°C para a temperatura externa sobre a cobertura; de 20,19 °C para o sensor 17, no ambiente com clarabóia de poço alto e de 27,54°C para o sensor 10, no ambiente com clarabóia de poço baixo. Esta leitura demonstra uma diferença nas médias de temperatura de 7,3°C, bem mais baixas para o ambiente com clarabóia de poço alto.

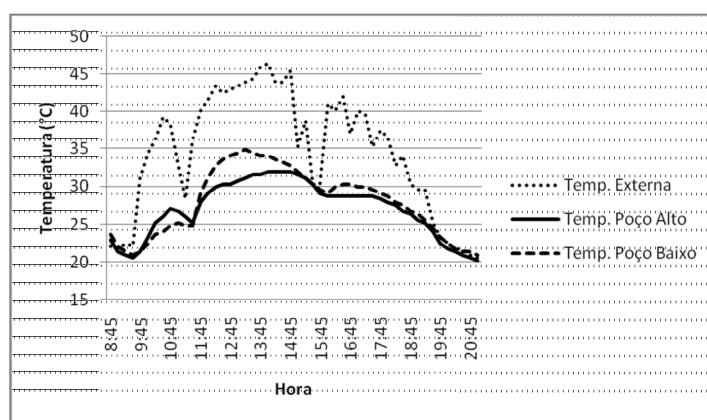


Figura 8 – Gráfico com os dados de temperatura coletados no dia 28 de janeiro de 2012

3.2. Dados de iluminância

As leituras dos sensores localizados nos ambientes internos, sensor 17, ambiente com clarabóia de poço alto e sensor 10, ambiente com clarabóia de poço baixo, demonstram que até as 9h30 as iluminâncias internas dos dois ambientes mantiveram-se semelhantes. No intervalo compreendido entre 9h45 e 11h15 a iluminância no ambiente com clarabóia de poço alto foi maior que a iluminância no ambiente com clarabóia de poço baixo. No entanto, tal situação inverte-se a partir das 11h30 quando a iluminância no ambiente de clarabóia com poço baixo é bem superior, fato que se mantém até as 14h00, quando as leituras dos sensores voltam a se inverter de maneira bem acentuada; ou seja, das 16h30 até as 19h15 o ambiente com clarabóia de poço alto apresenta iluminâncias superiores ao ambiente com clarabóia de poço baixo. A partir das 19h00 os ambientes internos passam a ter níveis de iluminância similares.

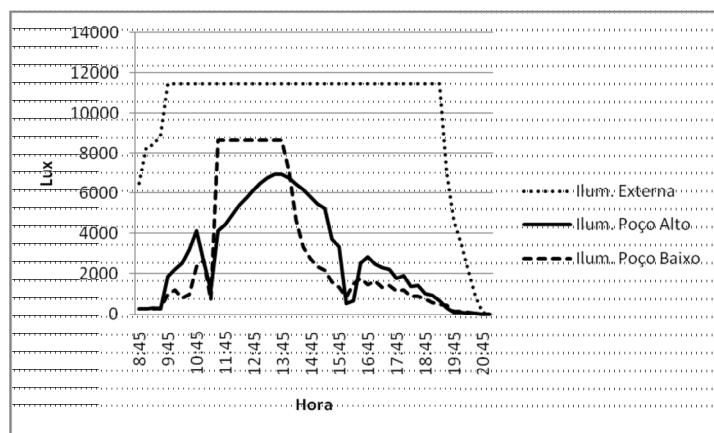


Figura 9 – Gráfico com os dados de iluminação coletados no dia 28 de janeiro de 2012

3.3. Fator de Luz Diurna

Para analisar um sistema e sua contribuição da iluminação natural recebida no interior de um ambiente pode-se utilizar o conceito de Fator de Luz Diurna (FLD). Segundo a Norma Brasileira de Iluminação Natural (NBR 15215-2004), o FDL é expresso pela seguinte fórmula:

$$\text{FLD} = \frac{\text{Ep}}{\text{Ee}} \times 100 \quad [\text{Eq. 01}]$$

onde Ep é a iluminância num ponto interno e Ee é a iluminância num ponto externo desobstruído. Neste trabalho o FLD só pode ser computado nos momentos em que a iluminância externa foi inferior a 10 000 lux, por limitação dos equipamentos de medição (os sensores utilizados tinham como limite superior na leitura de iluminância, o valor de 10 000 lux).

Horário	Clarabóia de poço alto (%)	Clarabóia de poço baixo(%)
8h 45min	4	> 4
9h 00min	4	4
9h 15min	> 4	4
9h 30min	4	4
9h 45 min	16	8
19h 30min	5	6
19h 45min	2	3
20h 00min	3	4
20h 15min	3	4
20h 30min	7	6
20h 45min	2	2

Tabela 1 – Fator de Luz Diurna (FLD) calculado

Como se pode observar na tabela acima, em valores percentuais, ora o ambiente com clarabóia de poço alto ora o ambiente com clarabóia de poço baixo apresentou valores de Fator de Luz Diurna superior em relação ao outro. Por outro lado, valores de 4 a 7% de FLD abaixo de dispositivos de iluminação zenital, segundo a bibliografia, são considerados como de médio nível de iluminação; valores entre o 7 e o 12%, como de elevado nível de iluminação e acima dos 12%, de muito elevado nível de iluminação. Tomando-se por base os valores mais freqüentes do FLD apresentados na tabela acima, por tanto, excluindo-se os valores muito altos ocorridos em apenas alguns momentos, computa-se, para o ambiente com a clarabóia de poço alto um FLD médio de 4% e para o ambiente com a clarabóia de poço baixo, também um FLD médio de 4%, portanto, de médio nível de iluminação.

Segundo a NBR 5413-1992, para um ambiente residencial de sala de estar, como o ambiente em estudo, sugerem-se níveis de iluminância entre 100 e 200 lux. Dentro dos limites desse estudo, através dos dados numéricos coletados observa-se que nos dois ambientes estudados, ou seja, no ambiente com clarabóia de poço alto e no ambiente com clarabóia de poço baixo esse requisito de iluminação se cumpre integralmente, com valores muito superiores aos valores estipulados por normativa. As duas clarabóias apresentam condições de iluminação compatíveis com as atividades e tarefas previstas para o espaço considerado.

4. CONCLUSÃO

Para as condições do experimento, constatou-se que as temperaturas registradas no ambiente interno com a clarabóia de poço alto foram, nos horários de radiação solar direta, inferiores às temperaturas do ambiente com clarabóia de poço baixo, em diferenças que chegaram aos 3,5°C. Se considerarmos as médias das temperaturas internas, essa diferença é ainda mais acentuada: o ambiente com a clarabóia de poço alto tem a média de suas temperaturas mais baixa em 7,3°C quando comparada com as médias do ambiente com clarabóia de poço baixo.

Verificou-se que nos horários de radiação solar direta, o ambiente com clarabóia de poço baixo apresentou uma maior iluminância. Entretanto, nas horas de iluminação predominantemente difusa, quando a luz solar é refletida nas paredes do poço, verificaram-se maiores iluminâncias no ambiente com clarabóia de poço alto. Coerentemente, quanto mais

radiação solar direta, maior nível de iluminação e maior temperatura interna.

Concluiu-se através deste estudo que realmente a altura do poço da clarabóia exerce influência no desempenho térmico-luminoso desse dispositivo de passagem de iluminação natural e que as soluções de projeto tomadas de forma intuitiva neste estudo de caso foram acertadas no sentido de aumentar o nível de iluminação pela reflexão da luz natural nas paredes do poço e minimizar a carga térmica no interior da edificação pela maior distância entre o plano de trabalho e a superfície translúcida. Sob o ponto de vista da iluminação do espaço interno, essa solução sem dúvida promove a melhoria na quantidade e na qualidade da luz.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, C. N. D. Iluminação Natural e Eficiência Energética - parte I. Estratégias de Projeto para uma Arquitetura Sustentável. Disponível em http://www.rodrigomindlinloeb.arq.br/eficiencia_energetica.pdf, acessado em 15/07/2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5413:** Iluminância de Interiores. Rio de Janeiro: 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15.215-4:** Iluminação natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição. Rio de Janeiro, 2004.
- GARROCHO, J.S. Luz Natural e Projeto de Arquitetura. Estratégias para Iluminação Zenital em um Centro de Compras. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, Brasília, 2005.
- KEELER, M.; BURKE, B. Projeto de Edificações Sustentáveis. Porto Alegre: Bookman, 2010.
- OTEIZA, P.; BRITTO, C. Lucernarios y protección solar. In Tecnología y Construcción nº 15. Venezuela: IDEC, 1999.
- PEREIRA, Daniela Cardoso. Modelos Físicos Reduzidos: Uma Ferramenta para a Avaliação da Iluminação. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP, São Paulo, 2006. Disponível em www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde.../dissertacao.pdf, acessado em 12/03/2012.
- ROCHA, Eunice B. Desenvolvimento e aplicação de uma metodologia de confecção de modelos físicos para medição e avaliação da iluminação natural. ENTAC – XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído. Florianópolis, SC. 2006