

# Iluminação natural e artificial

Por Larissa Rodrigues

## A integração em ambientes de trabalho

**A IMPORTÂNCIA DA ILUMINAÇÃO, ALÉM DA RELAÇÃO COM O consumo energético e o problema ambiental, também está relacionada com a influência na qualidade do espaço de trabalho (AMORIM). É fato que as características dos diferentes locais para realização de atividades continuam carentes em relação ao bem-estar do trabalhador e à preservação das suas condições de saúde, fatores de grande importância na qualidade do produto e na quantidade da produção.**

Este trabalho tem o objetivo de avaliar os resultados de um estudo de caso de iluminação natural e artificial integradas, visando identificar oportunidades e barreiras na implementação desse tipo de projeto.

### Luz natural e artificial em espaços de trabalho

A iluminação é o efeito produzido no olho humano pela emissão de ondas eletromagnéticas no campo visível e interpretado pelo cérebro. Figueiro et al. (2008) relatam que a luz

interfere em nosso ciclo biológico e é responsável por separar os horários de atividade e descanso. Os autores explicam que o ciclo circadiano é regulado pelos efeitos químicos e biológicos que se repetem a cada 24 horas, estimulados pela produção do hormônio melatonina, o qual é inversamente proporcional à temperatura do corpo. O comprimento de onda da luz inibe a produção de melatonina e retarda o ciclo circadiano.

DiLaura et al. (2011) explicam que a iluminação natural nos possibilita vantagens psicofisiológicas, como a luz dinâmica, estimulante, produtiva, e também o reconhecimento cromático do ambiente. Porém, aumentar a disponibilidade desta, não significa maximizar os benefícios fornecidos. Dessa forma, faz-se necessário sistema de controle, resfriamento, e também difusão da luz através de um método de iluminação natural.

A qualidade da iluminação artificial está associada aos atributos das fontes de luz. A tecnologia tem avançado de forma a aprimorá-los e reduzir o consumo energético, além dos gastos com manutenção associados à iluminação de instalações

industriais. Os sistemas de iluminação normalmente consomem, em média, 35% da energia utilizada pela construção (HAUBER et al., 2007).

Segundo DiLaura et al., (2011), projetos que integram a iluminação natural e artificial envolvem estudos específicos sobre o local e a edificação, tais como: comportamento da luz natural e sombreamentos internos e externos na edificação, durante o dia e o ano. Os autores explicam que o sistema de iluminação artificial é concebido para reduzir gradientes de luz do dia e para equilibrar luminâncias no espaço.

Os sombreamentos excessivos devem ser tratados, e esse equilíbrio pode ser obtido com sistemas de controle. Segundo Rundquist, McDougall e Benya (1996), controles de iluminação são dispositivos que desligam as luzes quando estas não são necessárias. Os autores explicam que estes incluem interruptores simples e dimmers (dispositivos que aumentam ou diminuem a intensidade luminosa), sensores de ocupação mais sofisticados e fotossensores, que podem ser mais complexos, controlados por computador, através de sistemas de automação para edificações.

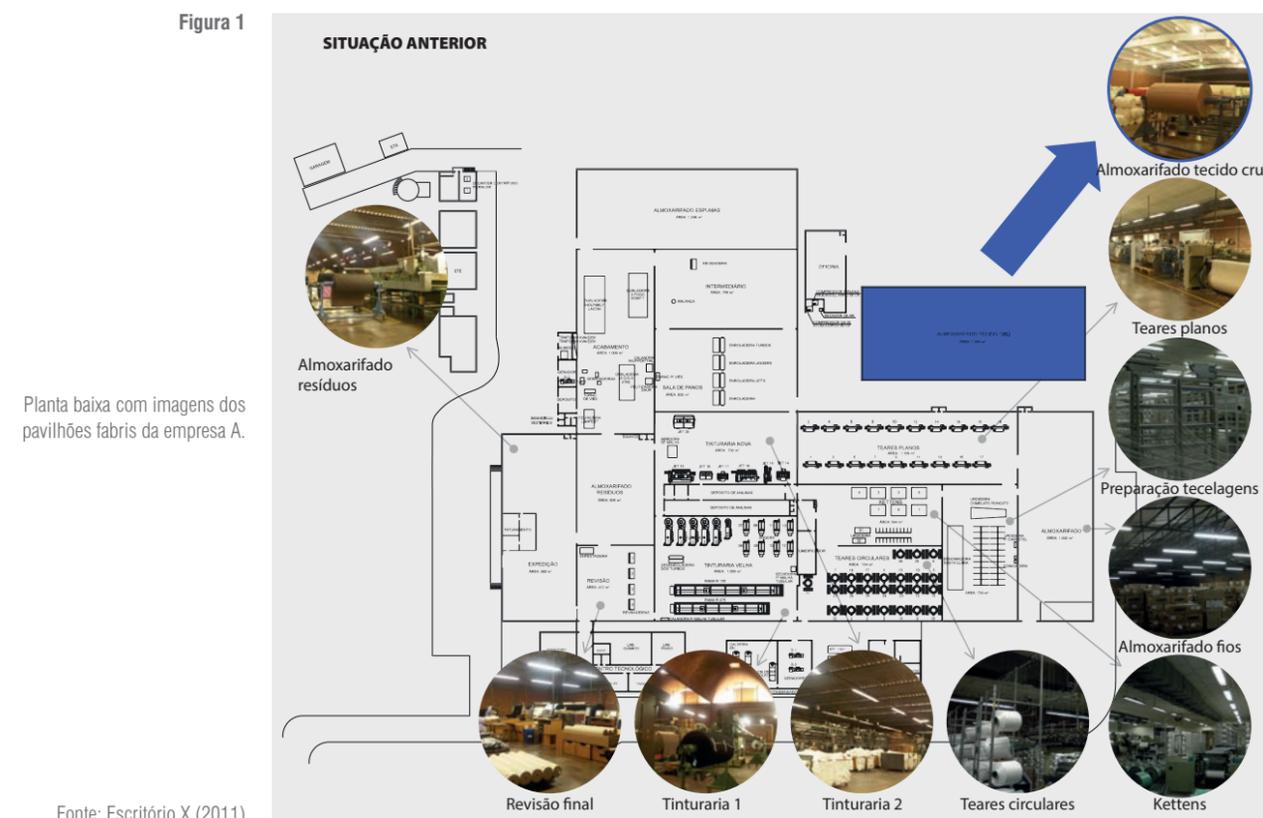
### Metodologia e objeto de estudo

O objeto de estudo foi o piloto implementado por um escritório de iluminação situado em Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Este escritório, denominado "X", desenvolve projetos em iluminação de arquitetura há 25 anos.

Esleveu-se o projeto de iluminação desenvolvido na indústria, nomeada de "A", com sede em Farrou-pilha, Rio Grande do Sul. A empresa do setor têxtil tem uma área construída de 20.000 m<sup>2</sup> e pertence ao segmento de mercado calçadista, moveleiro e automotivo. Para o desenvolvimento da pesquisa, dois critérios são utilizados no estudo de caso deste projeto: a análise quantitativa, que se refere à questão energética e psicológica, e a análise qualitativa, que trata da qualidade visual do espaço.

O escritório X realizou o projeto de iluminação natural com cálculos luminotécnicos, utilizando domus prismáticos com controle térmico. Além disso, foi feita a integração através da modernização das fontes de luz artificiais, com a proposta de utilização de sistemas de controle. O caso estudado é um piloto referente à parcela de uma estratégia, conforme plantas baixas apresentadas nas figuras 1 e 2.

Figura 1



Fonte: Escritório X (2011)

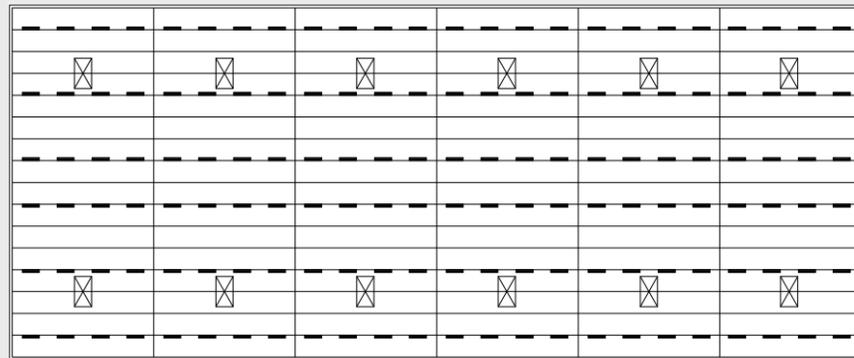


Figura 2

Planta baixa ambiente almojarifado tecido cru da empresa A.

ALMOJARIFADO TECIDO CRU - opção com 6 fleiras e luminárias 1x73W  
ÁREA: 1.475 m²  
1/100

Fonte: Escritório X (2011)

Figuras 3 e 4

Ambiente almojarifado tecido cru da empresa A.

Fonte: Escritório X (2011)



O projeto-piloto corresponde ao antigo espaço fabril do almojarifado tecido cru, o qual pode ser visualizado nas figuras 3 e 4. Este local, com área de 1.475 m², possuía potência total instalada de 19.200W, iluminância média de 385 lux e consumo total de 19,2 kW/h. Segundo estudo realizado pela indústria A, estimou-se o consumo final de energia elétrica gasta em iluminação em torno de 20%.

Os domus em acrílico prismático, ilustrados nas figuras 5 a 11, são uma opção de iluminação zenital, fabricados e comercializados pela empresa denominada "Y", situada

em Blumenau, Santa Catarina.

Para a iluminação natural, foi feito o cálculo com o uso dos domus – equipamentos que permitem a distribuição uniforme e difusa dos raios solares no ambiente e, ao mesmo tempo, bloqueiam a entrada de 98% dos raios UV [ultravioleta] (responsáveis pelos danos causados à pele e desbotamento dos materiais) e IR [infravermelhos] (responsável pelo aquecimento do ambiente). Esses raios são devolvidos à atmosfera por meio de reflexão dos mesmos nos microprismas que compõem a superfície dos equipamentos.

Figuras 5, 6, 7, 8, 9 e 10

Exemplos de implementação dos domus em acrílico prismático.

Fonte: Fornecedor Y (2012)

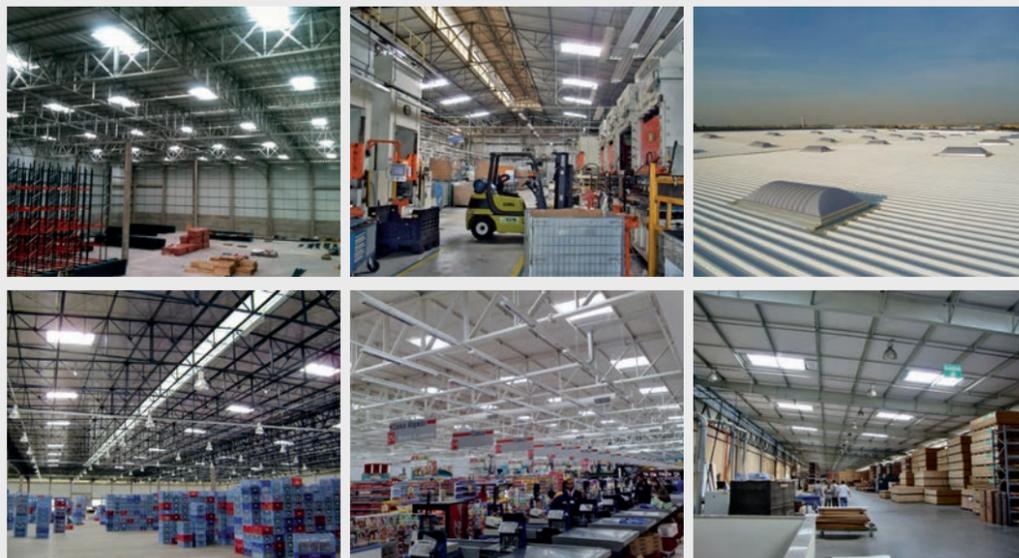
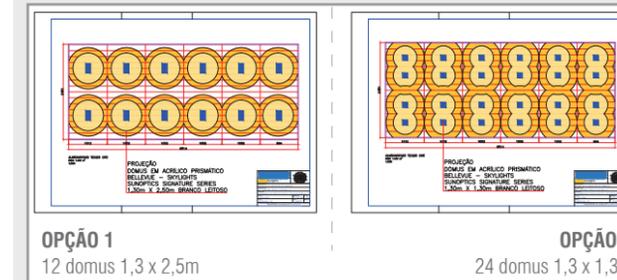


Figura 11



OPÇÃO 1  
12 domus 1,3 x 2,5m

OPÇÃO 2  
24 domus 1,3 x 1,3m

Opções de domus em acrílico prismático.

Fonte: Fornecedor Y (2012)

Quanto ao projeto de iluminação artificial existente, são apresentadas na figura 12 a fonte e luminária que eram utilizadas no espaço do almojarifado tecido cru.

O diagnóstico encontrado no uso desta fonte foi o referente a um sistema implantado defasado, que levava ao desperdício de energia elétrica. Notou-se que havia um alto potencial de iluminação natural não aproveitado, o qual deveria ter um controle de raios UV e IR.

Para solucionar este problema, o escritório X apresentou opções de luminárias de sobrepor e, a indústria A, optou pelo modelo da figura 13. A luminária é fornecida por uma empresa multinacional, denominada "Z".

Após esta definição do modelo da luminária, o escritório X realizou o cálculo da iluminação artificial. O lançamento de pontos, que foi base para o cálculo, pode ser observado na figura 14.

Para auxiliar na reflexão, o escritório de arquitetura de iluminação mostrou ao cliente um estudo com a possibilidade de pintura das paredes internas na cor branca, o que proporcionaria uma melhoria considerável na percepção visual do espaço, conforme pode ser observado nas figuras 15 e 16. Caso a indústria A optasse por manter a opção existente em tijolo à vista, haveria uma redução de 10% na iluminância do ambiente.

Para possibilitar o projeto de integração dos dois sistemas, a equipe de projeto do escritório X optou pela

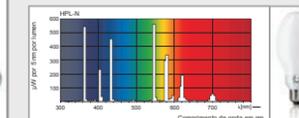
Figura 12



Fonte de luz artificial e luminária utilizadas no almojarifado tecido cru.

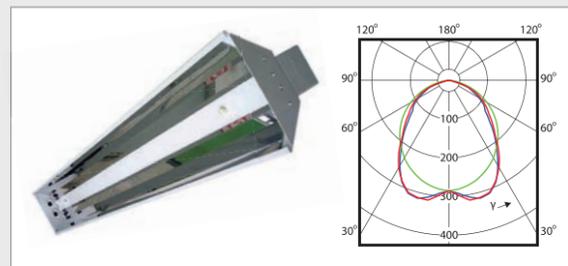
**VAPOR DE MERCÚRIO**

Potência: 400W  
Fluxo luminoso: 22.000 lm  
IRC: 40  
TC: 3900K  
Eficiência: 55 lm/W  
Vida útil: 16.000 h



Fonte: Escritório X (2011)

Figura 13

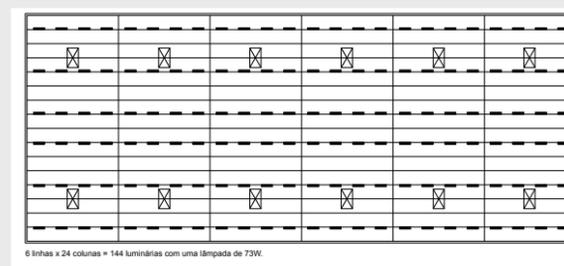


Luminária escolhida pela empresa A e sua curva fotométrica.

Fonte: Fornecedor Z (2011)

Iluminação artificial > lançamento de pontos

Figura 14



Fonte: Escritório X (2011)

dimerização da iluminação artificial, conforme os níveis de luz natural incidentes nos diversos ambientes, o que é possível pela instalação de controles automatizados acionados por sensores de luz e reatores dimerizáveis. O sensor de lux apresentado na figura 17 é fornecido pela empresa Z, a mesma das luminárias e lâmpadas.

Com a modernização do sistema de iluminação artificial, os domus de iluminação natural e a integração entre ambos, o escritório X fez uma previsão de redução de consumo. Com a implementação do sistema em todos os pavilhões da fábrica, a diminuição no gasto de energia seria de 33,6% pela modernização do sistema e poderia chegar a 56% com a integração.

#### Análise da proposta de iluminação natural

A iluminação zenital através dos domus foi escolhida pelo escritório X por ser implantada em uma empresa têxtil, onde havia necessidade de controle dos raios nocivos. E, além disso, o cliente precisava da menor transmissão de calor e proteção dos produtos de um possível deterioramento.

Os domus prismáticos são os itens de maior custo financeiro do projeto implantado.

Havia duas opções, e a que continha a maior quantidade de zenitais foi escolhida pela fábrica A, por ser a mais adequada.

Através da análise das entrevistas dos usuários do espaço, foi observada a satisfação em relação ao resultado referente à iluminação natural. Segundo o diretor de produção da empresa A, a principal questão era econômica, e a iluminação natural auxiliou nesta redução de cargas. Além disso, o uso dos domus também proporcionou outra conotação de contentamento, contribuindo com reflexos de bem-estar aos funcionários que trabalham no ambiente.

Uma análise da qualidade visual deste espaço pode ser feita através das imagens do antes e pós-projeto de iluminação natural, que são apresentadas nas figuras 18 e 19. É possível observar nas imagens que há uma uniformidade na luz que é proveniente dos domus, visto que na situação anterior havia um grande ofuscamento causado pela iluminação artificial. As paredes pintadas de branco também auxiliam na melhoria da percepção visual. Na imagem atual, percebe-se que a iluminação artificial está funcionando, mas acredita-se que somente com a luz do sistema zenital já seja possível visualizar a notável mudança positiva.



Figura 15

Simulação de cálculo, considerando paredes brancas na tecelagem (antigo almoarifado tecido cru).

Fonte: Escritório X (2011)

Figura 16



Simulação de cálculo, considerando paredes existentes em tijolo à vista na tecelagem (antigo almoarifado tecido cru).

Fonte: Escritório X (2011)

Figura 17

Sensor de lux escolhido pela fábrica A.



Fonte: Fornecedor Z (2011)

#### Análise da proposta de modernização

Segundo a equipe de projeto do escritório X, a definição do sistema de iluminação foi feita de forma a proporcionar ganhos de economia e qualidade visual. A proposta de utilizar lâmpada fluorescente tubular T5 frente à situação existente pode ser observada na tabela 1.

As projetistas do escritório X explicaram que foram estudadas possibilidades para que o custo de instalação da iluminação artificial fosse mais econômico. Esta redução visou possibilitar à indústria a melhor escolha de proposta para a iluminação natural.

Como foi demonstrado pelo escritório X que se tratava de uma das propostas mais eficientes, e a empresa A optou por escolher este fornecedor pelo fato de possuir a melhor relação entre custo e benefício, teve-se paciência até que a implementação de todo o sistema fosse concluída.

O benefício da troca de lâmpadas foi percebido visualmente pelas equipes participantes e pode ser identificado através das figuras 20 e 21. Comparando estas duas imagens, é notável na foto 21 a qualidade da cor obtida e a percepção das paredes, mobiliário e, inclusive, cobertura. Na imagem 20, há muita sombra e ofuscamento, uma falta de distribuição harmônica das iluminâncias, o que dificulta a visualização e entendimento do espaço.

#### Análise da proposta de integração

A satisfação da implementação do sistema de integração foi percebida nas respostas de todas as equipes entrevistadas.

Assim como a proposta de modernização de fontes artificiais, os sensores de iluminação natural foram escolhidos pelo cliente por uma melhor relação entre custo e benefício quando comparados a outros sistemas de controle propostos pela equipe de projeto.

O diretor de produção relatou que com o sistema automatizado o projeto se tornou completo e, com isto, as expectativas foram alcançadas. A ideia da empresa A é executar a estratégia de iluminação do escritório X em toda a fábrica.

Figura 18



Situação anterior, antigo ambiente almoxarifado tecido cru da empresa A.

Fonte: Escritório X (2011)

Figura 19



Situação atual, novo ambiente tecelagem da empresa A, após implementação dos domus prismáticos.

Fonte: Escritório X (2012)

Desta forma, observa-se que a fusão entre sensores de iluminação natural e reatores dime-rizáveis tem um alto custo, mas isto é compen-satório, pois os domus filtram os raios nocivos e possibilitam retorno financeiro em alguns anos. Como já apresentado, segundo o comparativo do escritório X, a redução de consumo com a implementação do sistema de modernização da iluminação seria de 33,6% e com a estraté-gia de integração, seria de 56%. É importante salientar que a equipe de projeto executou o cálculo de retorno global, para toda a fábrica, considerando a economia de energia real.

#### Avaliação dos usuários

O nível de satisfação em relação ao pro-jeto-piloto é considerado excelente, tanto em relação ao bem-estar dos funcionários, quanto à economia, segundo a equipe entrevistada da indústria A.

Conforme relato destes, os trabalhadores executavam suas atividades diárias em um setor que possuía um condicionamento térmico ineficiente e pouca iluminância, com partes escuras no ambiente (luz não uniforme), o que prejudicava na execução das tarefas. A satis-fação quanto ao projeto pode ser percebida na afirmação do diretor de produção: “Quando está nublado lá fora, dentro da tecelagem a visibilidade é melhor do que na rua”, frase a qual enfatiza que a luz natural fornecida através

dos domus não é ofuscante, o que possibilita conforto ótico aos usuários.

#### Avaliação da equipe de projeto

Segundo a equipe de projeto, a ideia em trabalhar com a iluminação zenital através dos domus em acrílico prismático trouxe a recom-pensa de um projeto motivador, principalmente por proporcionar uma situação de bem-estar geral aos usuários.

Os dados finais da medição de energia ainda estão sendo calculados pela fábrica A. Assim, a equipe ainda não possui o resultado concreto da economia, mas relata que a mu-dança identificada na iluminação e qualidade do espaço visual foi gratificante.

#### Benefícios e entraves

Como citado anteriormente, a equipe de manutenção da fábrica A está compilando o resultado, mas já se sabe que as diferenças são grandes: a diminuição de consumo energético e a melhoria da iluminação no espaço interno, o que possibilita um ambiente com conforto para o trabalhador, mostram que os objetivos foram alcançados.

É importante salientar que tanto a equipe fabril quanto a equipe de projetistas, quando questionadas em relação ao benefício principal obtido, comentaram primeiramente sobre a

Figura 20



Situação anterior, antigo ambiente almoxarifado tecido cru da empresa A.

Fonte: Escritório X (2011)

Figura 21



Situação atual, novo ambiente tecelagem da empresa A, após implementação do sistema de modernização.

Fonte: Escritório X (2012)

questão econômica, o que faz cogitar que esta tenha sido a motivação primordial. Analisando as entrevistas, foi possível perceber que a baixa qualidade de iluminação no espaço anterior à implementação do projeto não era percebida pelos funcionários da empresa A. Essa constata-ção só ocorreu após a execução do projeto e em comparação com o resultado. Talvez por isso, a qualidade do espaço não tenha sido o primeiro item de resposta dos entrevistados, apesar de todos terem enfatizado esse benefício.

A previsão de redução de energia ocorre em relação à situação anterior devido à sua baixa eficiência, o que resultava em muita carga e pou-

ca iluminância. A troca do sistema foi positiva-mente percebida e os domus reforçaram ainda mais esta diminuição de energia, pois com a utilização desses, a empresa necessita de pouca complementação de luz artificial durante o dia.

Um dos pontos dificultantes desta análise é que o piloto foi executado em apenas um am-biente do projeto de iluminação da indústria A.

Esta pesquisa buscou investigar o potencial de redução de consumo energético e qualida-de visual obtida no espaço do projeto-piloto implantado na indústria A. A motivação era o desafio de lidar com um projeto de iluminação completo, que integrasse a luz natural e artificial. A partir deste estudo, foi possível uma melhor compreensão de fatores que podem ter afetado o sucesso do projeto implementado.

Quanto à qualidade da iluminação natural e artificial, o aspecto visual foi a principal forma passível de análise devido à ausência de dados compilados. Verificou-se que a questão econô-mica, a qual foi primeiramente citada por todos os entrevistados, ainda não está calculada com números reais, pois os levantamentos estão sendo feitos.

Já no que se refere à análise dos usuários e projetistas, constatou-se que a percepção na maioria dos itens é a mesma, somente diferen-ciando alguns aspectos que ficaram controver-sos, como a questão do custo.

Os resultados encontrados neste projeto-piloto executado indicam que a integração entre a fonte de luz natural e artificial, com sistema de controle, é viável devido aos consideráveis ganhos percebidos, como o bem-estar dos funcionários, produtividade e qualidade visual. Outros benefícios identificados estavam rela-cionados com a modernização do sistema, que possibilitou a redução da carga instalada e da manutenção de lâmpadas, diminuindo dessa for-ma os custos e resíduos sólidos. Sendo assim, conclui-se com esta experiência que a estratégia analisada atende positivamente às necessidades do cliente. ◀

#### Referências:

- AMORIM, Claudia. Iluminação natural e eficiência energética – parte I – Estratégias de projeto para uma arquitetura sustentável. Disponível em [www.rodrigomindlinloeb.arq.br/eficiencia\\_energetica.pdf](http://www.rodrigomindlinloeb.arq.br/eficiencia_energetica.pdf). Acesso em: 08 mar.2013.
- CELLINI, Francesco; PANIZZA, Mario. Manuale di Progettazione Illuminotecnica, volume I. Roma: Mancosu, 2010.
- DIDONÉ, Evelise Leite; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay. O potencial da luz natural na economia de energia elétrica para a iluminação artificial. Revista Tecnológica, Edição Especial ENTECA 2009, p. 24-34, 2009. Disponível em [www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/RevTecnol/article/download/.../5168](http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/RevTecnol/article/download/.../5168). Acesso em: 08mar.2013.
- DILAURA et al. Illuminating Engineering Society, The Lighting Handbook, Tenth Edition. New York: Illuminating Engineering Society of North America, 2011.
- FIGUEIRO et al. Light and Human Health: An Overview of the Impact of Optical Radiation on Visual, Circadian, Neuroendocrine, and Neurobehavioral Responses. New York: Illuminating Engineering Society of North America, 2008.
- FONSECA, Raphaela Walger; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay; CLARO, Anderson. Iluminação natural: a contribuição de suas reflexões no interior do ambiente construído. Disponível em [www.revistas.usp.br/postfau/article/download/43708/47330](http://www.revistas.usp.br/postfau/article/download/43708/47330). Acesso em: 08 mar.2013.
- HAUBER et al. IESNA Guidelines for Upgrading Lighting Systems in Commercial and Institutional Spaces. New York: Illuminating Engineering Society of North America, 2007.
- MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. Balanço Energético Nacional. 2007. Disponível em [www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br). Acesso em: 02 jun.2008.
- PHILIPS. Guia Prático Philips Iluminação, Lâmpadas e Reatores. 2012
- PROCEL. Programa nacional de conservação de energia elétrica: áreas de atuação – edificações. Disponível em [www.eletobras.gov.br/procel](http://www.eletobras.gov.br/procel). Acesso em: 10 jul.2007.
- RUNDQUIST, R.A.; MCDUGALL, T.G.; BENYA, J. Lighting Controls Patterns for Design. Pleasant Hill: Electric Power Research Institute, 1996.
- SOUZA, M.B. Potencialidade de aproveitamento da luz natural através da utilização de sistemas automáticos de controle para economia de energia elétrica. 2003, 208f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

Tabela 1

Fontes de luz artificial	Lâmpada	Potência individual (W)	Fluxo luminoso (lm)	Temperatura de cor (K)	Índice de reprodução de cor (IRC)	Vida média (h)	Potência total instalada (W)
Existente	Vapor de mercúrio	400	22.000	3.900	40	16.000	19.200
Proposta	Fluorescente tubular T5	73	7.000	4.000	85	24.000	10.512

Comparação entre fontes de luz artificiais.

Fonte: Fornecedor Z (2012)



Larissa Rodrigues

é arquiteta graduada na UCPel em 2004, projetista de iluminação com pós-graduação na área e especialista em arquitetura comercial. E-mail: [larissarquiteta@gmail.com](mailto:larissarquiteta@gmail.com)