



## APLICAÇÃO DA REGULAMENTAÇÃO DE ETIQUETAGEM VOLUNTÁRIA DE NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SALAS DE AULA DA UTFPR

**Suzana Damico Fonseca (1); Andréa de Souza Costa (2); Eduardo Leite Krüger (3)**

(1) Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba-PR, Brasil - e-mail: [suzana.damico@yahoo.com.br](mailto:suzana.damico@yahoo.com.br)

(2) Coordenação de Engenharia - Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Medianeira-PR, Brasil - e-mail: [asouza70@hotmail.com](mailto:asouza70@hotmail.com)

(3) Professor do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba-PR, Brasil - e-mail: [ekruger@utfpr.edu.br](mailto:ekruger@utfpr.edu.br)

### RESUMO

Pode-se afirmar que o resultado da degradação ambiental causada pelo homem, gerado pelo uso irracional dos recursos naturais, põe em risco sua própria espécie. Um dos fatores que contribuem para este panorama é a crescente demanda mundial por energia elétrica. No Brasil, segundo dados do PROCEL, o consumo de energia se destina, aproximadamente, em 20% à iluminação, cujos sistemas, em sua maioria, fazem uso de tecnologias obsoletas e ineficientes. O Ministério de Minas e Energia estima que este país tenha um imenso potencial de eficiência energética a ser explorado. Apresenta-se neste artigo uma metodologia para adequar o sistema de iluminação de uma edificação às exigências da Regulamentação de Etiquetagem Voluntária de Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, oriunda da Lei de Eficiência Energética N°. 10.295/01. Para tanto, são tomadas como amostra algumas salas de aula da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Curitiba. Foi elaborado um levantamento sobre o tipo de lâmpadas e luminárias utilizadas, o aproveitamento da iluminação natural nestes ambientes – levando-se em consideração o tipo de janelas sob o fator WWR, as refletâncias de paredes, piso, teto e mobiliário. Tendo em vista a utilização de tecnologias apropriadas para a conservação e eficiência energética, um novo projeto luminotécnico propiciará, quando implantado, a diminuição dos gastos com o uso da energia destinada à iluminação, o conforto para os usuários do Campus e irá contribuir, ainda que de forma tímida, para a preservação de recursos naturais e do meio ambiente.

Palavras-chave: eficiência energética, conservação de energia, iluminação natural, iluminação artificial.

### ABSTRACT

The result of environmental degradation due to human activities and to the inadequate use of natural resources endangers our species. One of the key factors is the increasing worldwide demand for electric energy. In Brazil, according to PROCEL, energy demand is approximately 20% for illumination, mainly due to obsolete and inefficient technologies. The *Ministério de Minas e Energia* suggests that the country has an immense potential of energy efficiency to be explored. In this paper, a methodology is presented to adjust the lighting system of a public building to the requirements of the *Regulamentação de Etiquetagem Voluntária de Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos*, part of *Lei de Eficiência Energética* N°. 10.295/01. For that purpose, classrooms of the *Universidade Tecnológica Federal do Paraná* were evaluated. A survey on the type of light bulbs and luminaire used and on the potential of daylighting in such environments was elaborated - taking in consideration the type of windows, the WWR, the reflectance of walls, floor, ceiling and furniture. Considering the use of appropriate technologies for conservation and energy efficiency, an efficient lighting project will allow, when implemented, the reduction of artificial lighting expenses, enhanced comfort levels for the users of the Campus and can also contribute to the preservation of natural resources.

Keywords: energy efficiency, energy conservation, daylighting, artificial lighting.

## INTRODUÇÃO

### 1.1 Consumo de eletricidade

No séc.XX, a partir da 2ª Guerra Mundial, a tecnologia da iluminação artificial sofreu um grande avanço. Surgiram novas fontes de luz (para responder aos novos requisitos impostos pelo setor produtivo e de serviços), equipamentos de climatização, ventilação e desinfecção. A iluminação natural passou a ser considerada com menor importância, uma vez que diversos aspectos de conforto poderiam ser artificialmente modificados (GRAZIANO JUNIOR, 2006; VIANNA e GONÇALVES, 2004).

Atualmente, nos Estados Unidos e Europa, metade da energia consumida é destinada a edifícios. Os sistemas de iluminação artificial são agentes consideráveis no consumo total de energia das edificações, principalmente em edifícios não residenciais (VIANNA e GONÇALVES, 2004). Pesquisas realizadas na Califórnia mostram que cerca de 40% do consumo energético nas escolas pode ser atribuído simplesmente à iluminação elétrica (*Daylighting and Windows*, 2005<sup>1</sup> apud GONZALO, 2006).

Em países em desenvolvimento, como o Brasil, embora o consumo de energia elétrica não seja tão significativo como em países desenvolvidos (LAMBERTS *et al.*, 2007), o crescimento do consumo de energia elétrica triplicou da década de 80 até o ano 2000. Nos edifícios de uso público, principalmente em escolas, tem-se observado que a preocupação com o superaquecimento devido a ganhos de radiação solar direta tem levado ao uso de proteções solares superdimensionadas. O resultado é o bloqueio do acesso da mínima quantidade de luz natural requisitada para o cumprimento das tarefas, implicando no uso permanente dos sistemas artificiais de iluminação e no conseqüente desperdício de energia elétrica (VIANNA e GONÇALVES, 2004).

No Brasil, um início de estudos visando à criação de critérios de eficiência energética para melhor qualificar uma edificação, surgiu como conseqüência da crise de energia de 2001, quando foi sancionada a Lei de Eficiência Energética Nº. 10.295, de 17 de outubro de 2001, que “dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia”. Em 19 de dezembro de 2001, a regulamentação foi publicada sob forma do Decreto 4.059. No Decreto fica instituído o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética. E mais tarde, em outubro de 2003 é lançado o PROCEL Edifica, através do Plano de Ação para Eficiência Energética em Edificações, estabelecendo vertentes de ação, cada qual apresentando uma série de projetos que visam implementar a eficiência energética na cultura construtiva nacional.

Segundo o Ministério de Minas e Energia (BRASIL, 2007), o consumo final de eletricidade neste país atingiu 390 TWh em 2006, valor 3,9% superior ao de 2005 e o consumo residencial, de 85,8 TWh, apresentou crescimento de 3,1%, ultrapassando pela primeira vez, desde o racionamento de energia elétrica, o patamar de consumo do ano 2000, que chegou a 83,6 TWh.

Torna-se evidente e cada vez maior a importância da elaboração e implantação de projetos luminotécnicos, resgatando o uso da luz natural em combinação com a luz artificial: o emprego da iluminação eficiente pode alcançar economias de 30% a 70% em edificações não residenciais (GRAZIANO JUNIOR, 2006; VIANNA e GONÇALVES, 2004).

### 1.2 Etiquetagem de nível de eficiência energética para edificações comerciais, de serviços e públicas

A Regulamentação para Etiquetagem Voluntária de Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos representa uma das ações da Eletrobrás através do programa Procel EDIFICA visando a redução do consumo de energia elétrica. Sua proposta é especificar os requisitos técnicos e os métodos para a classificação de edifícios comerciais, de serviços e públicos quanto à eficiência energética. Ela será aplicada em caráter voluntário para as edificações existentes. Para as novas edificações terá caráter voluntário entre 2008 e 2010, passando a ser obrigatória a partir de 2011.

---

<sup>1</sup> National Best Practices Manual. "Daylighting and Windows". Page 67. En [www.rebuild.org](http://www.rebuild.org), acesso : 11-05-2005.

### 1.2.1 Requisitos da Regulamentação

A concessão da etiqueta será realizada na fase de projeto, para as novas edificações; após o Habite-se, para as edificações concluídas e após o *retrofit* com vistas à melhoria da eficiência energética, para as edificações já existentes. A regulamentação exige que os edifícios atendam aos requisitos relativos à eficiência e potência instalada do sistema de iluminação, à eficiência do sistema de condicionamento do ar e ao desempenho da envoltória.

Para a obtenção da classificação do edifício como um todo (Figura 1), as classificações por requisitos devem ser avaliadas, resultando numa classificação final. São atribuídos pesos para cada requisito, e de acordo com a pontuação final, variando de 5 a 1, é obtida uma classificação que também varia de A (mais eficiente) a E (menos eficiente).

O sistema de iluminação tem um peso de 30% na avaliação da edificação. O restante fica dividido entre sistema de condicionamento de ar (40%) e envoltória (30%).



**Figura 1** – Modelo de etiqueta para a classificação geral do edifício, proposto pela Regulamentação para Etiquetagem Voluntária de Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos.

**FONTE: CGIEE (2007a)**

### 1.2.2 Sistema de iluminação

Para fins de classificação do sistema de iluminação de um determinado edifício, a regulamentação estabelece os seguintes critérios de controle: Divisão dos circuitos; Desligamento automático do sistema de iluminação; Contribuição da luz natural e Limite de densidade de potência de iluminação interna (LAMBERTS et al., 2007).

Através do método descrito no texto do regulamento, obtém-se o limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação por 100 lux ( $W/m^2/100lux$ ) considerando-se as dimensões características do ambiente avaliado. O índice do ambiente (K) de cada ambiente da edificação é determinado a partir da equação 1. Em função deste índice, localiza-se o limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação na tabela 1 :

$$K = \frac{C \cdot L}{h \cdot (C + L)} \quad (eq.1)$$

Onde:

C é o comprimento total do ambiente (m);

L é a largura total do ambiente (m);

h é a altura média entre a superfície de trabalho e o plano das luminárias no teto.

**Tabela 1** - Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação para o nível de eficiência pretendido

Índice de ambiente K	Densidade de Potência de Iluminação W/m <sup>2</sup> /100lux (Nível A)	Densidade de Potência de Iluminação W/m <sup>2</sup> /100lux (Nível B)	Densidade de Potência de Iluminação W/m <sup>2</sup> /100lux (Nível C)	Densidade de Potência de Iluminação W/m <sup>2</sup> /100lux (Nível D)
1,00	2,34	3,38	3,77	4,86
2,00	1,88	2,53	2,77	3,57
3,00	1,74	2,31	2,46	3,17
4,00	1,74	2,16	2,33	3,00
5,00	1,71	1,91	2,24	2,89

Nota: Foram adotadas as seguintes refletâncias do ambiente: Teto=70%; Parede=50%; Piso=10%.

FONTE: CGIEE (2007b)

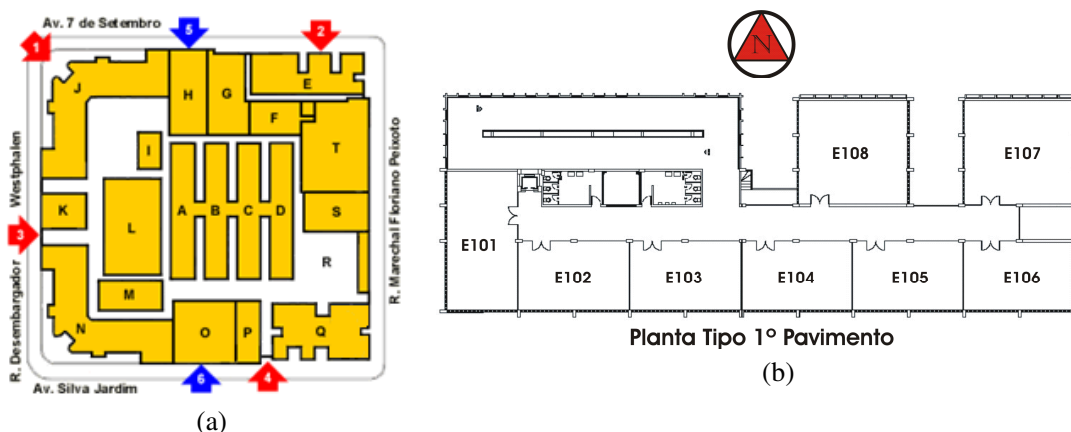
É recomendada a utilização da norma *NBR 5413 – Iluminância de Interiores* para a determinação do nível de iluminação adequado para cada ambiente.

## 2 OBJETIVO DO ARTIGO

O objetivo deste artigo é apresentar uma proposta de contribuição para a metodologia de adequação de um edifício público de ensino à regulamentação de etiquetagem para a classificação de eficiência energética, enfocando a iluminação de ambientes. Para tanto, dois procedimentos são tratados no decorrer do texto: **1-** medição dos níveis de iluminação natural disponível em salas de mesmo padrão; **2-** avaliação da situação do prédio face aos requisitos de eficiência energética conforme Comitê Gestor de Indicadores de Níveis de Eficiência Energética, CGIEE (2007b).

## 3 METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada no bloco E - também chamado bloco da engenharia - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, no Campus Curitiba. O prédio da Universidade localizado na Avenida 7 de Setembro, 3165, bairro Rebouças, ocupa uma área total de 48.392 m<sup>2</sup>, enquanto a área do bloco E - segundo maior em área útil e terceiro maior em ambientes de ensino (57%) - é de 3.386 m<sup>2</sup> (COSTA, 2007). O mapa de localização e setores da UTFPR do Campus Curitiba (Figura 2) permite visualizar a situação do bloco E na planta da Universidade, bem como a orientação cardinal de suas salas de aula.



**Figura 2** – Mapa de localização e setores (UTFPR-Ctba), cujas entradas principais e secundárias estão indicadas pelas setas vermelhas e azuis (a). Planta Tipo 1º pavimento do Bloco E com a indicação das salas de aula (b).

Com base no exposto acima, pretende-se com a metodologia de avaliação da eficiência energética em Instituições de Ensino abranger as seguintes etapas:

**Primeira etapa:** avaliação dos ambientes do bloco E

- levantamento das características físicas do prédio, tipo e quantidade de luminárias e lâmpadas utilizadas e ainda a potência instalada do sistema de iluminação.

**Segunda etapa:** criação de indicadores para controle permanente

**Terceira etapa:** escolha das amostras para a medição de iluminâncias

- seleção de modelos de salas de aula, com orientações cardeais distintas, no bloco de engenharia;

**Quarta etapa:** medições da iluminância e do consumo de energia

- realização das medições nos períodos diurno (manhã e tarde), para a obtenção da iluminância proveniente da iluminação natural, e noturno para a avaliação da iluminação artificial;
- levantamento dos fatores WWR dos ambientes escolhidos como amostra;
- medição do consumo de energia de cada sala de aula através de equipamento apropriado, conectado ao circuito correspondente no QT (quadro terminal) do andar equivalente;

**Quinta etapa:** classificação das salas de aula segundo critérios da Regulamentação para Etiquetagem Voluntária de Nível de Eficiência Energética

**Sexta etapa:** desenvolvimento do projeto luminotécnico com base na Regulamentação para Etiquetagem Voluntária de Nível de Eficiência Energética

- um sistema de iluminação depende essencialmente de cuidados que se iniciam no projeto elétrico e que envolvem informações gerais sobre luminárias, perfil de utilização, tipo de atividade a ser exercida no local, dentre outras. Os novos projetos de iluminação devem considerar os pontos abaixo relacionados, para obtenção de maior eficiência luminosa:
  - máximo aproveitamento da luz natural e determinação de áreas efetivas de utilização;
  - nível de iluminação adequado ao trabalho solicitado, conforme recomenda a norma brasileira *NBR 5413 - Iluminância de Interiores*;
  - nível de iluminação adequado à curva *Iluminância (lux) × Acuidade Visual<sup>2</sup>*;
  - circuitos independentes para utilização de iluminação parcial e por setores;
  - iluminação localizada em pontos especiais, como pranchetas de desenho;
  - seleção cuidadosa de lâmpadas e luminárias, buscando conforto visual com mínima carga térmica ambiental;
  - utilização de relés fotoelétricos para controlar o número de lâmpadas acesas, em função da luz natural no local;

**Sétima etapa:** projeção de nível de iluminação e consumo correspondente para otimização do projeto original

- cálculo das novas iluminâncias das salas de aula avaliadas;
- cálculo do novo consumo de energia elétrica;

**Última etapa:** análise dos resultados

- cruzamento e comparação dos dados anteriores e posteriores ao projeto luminotécnico;
- estudo dos custos, investimentos e *pay-back*;

---

<sup>2</sup> Segundo Iida (2005) o rendimento visual tende a crescer com o logaritmo do iluminamento, até cerca de 1000lux, enquanto a fadiga visual se reduz nessa faixa.

- comprovação, através dos números obtidos, da melhoria da eficiência energética do sistema de iluminação artificial do bloco E da UTFPR, Curitiba.

A coleta de dados teve início com a escolha das amostras. Foram selecionados três modelos de salas de aula, com orientações cardeais distintas, no primeiro e terceiro andar do bloco de engenharia: E101, E104, E107 (Figura 2) e E301, E304, E307, respectivamente.

Conforme relatado, este artigo contribui para a metodologia de avaliação da eficiência energética, dando enfoque à avaliação de luz natural e à avaliação da potência instalada do sistema de iluminação artificial do bloco E face aos requisitos de eficiência energética (1ª etapa à parte da 4ª etapa). O trabalho de pesquisa não está concluído, pois está em andamento. Por este motivo, não são apresentados neste artigo o desenvolvimento e resultados das demais etapas.

### 3.1 Medição da iluminação natural das salas de aula

Segundo a norma *NBR 15215-4 – Iluminação natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações* as medições de iluminância de um ambiente devem ser realizadas em um dia próximo ao solstício de verão (22 de dezembro) e em um dia próximo ao solstício de inverno (22 de junho).

Devido à variação da quantidade de nuvens no céu durante o dia (céu claro, parcialmente encoberto e encoberto) e conseqüente variação da luz natural incidente no plano de trabalho, optou-se por realizar medições em três dias distintos e próximos ao início de cada um dos solstícios (verão e inverno).

Antes do início das medições foi definida a quantidade de pontos em cada sala de aula, como determina a *NBR 15215-4*. Encontrou-se o índice do local ( $k$ )<sup>3</sup> através da equação 2 e recorreu-se à tabela 2. O índice  $k$  caracteriza um número mínimo de pontos a serem medidos e por isso foi aumentado em duas das salas para que se conseguisse simetria nas medições. Pode-se aumentá-lo sempre que se desejar melhor caracterização ou precisão da iluminância do ambiente, conforme Boer e Fischer (1978)<sup>4</sup> *apud* Costa (2005).

$$k = \frac{C \cdot L}{H_m \cdot (C + L)} \quad (\text{eq.2})$$

Onde:

$L$  é a largura do ambiente, em metros;

$C$  é o comprimento do ambiente, em metros;

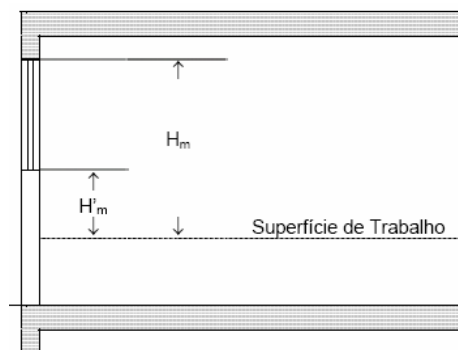
$H_m$  é a distância vertical, em metros, entre a superfície de trabalho e o topo da janela, conforme indicado na figura 3.

**Tabela 2** - Quantidade mínima de pontos a serem medidos

<b>k</b>	<b>Nº de Pontos</b>
$k < 1$	9
$1 \leq k < 2$	16
$2 \leq k < 3$	25
$k \geq 3$	36

**FONTE: ABNT (2004)**

**Figura 3** – Determinação de  $H_m$



**FONTE: ABNT (2004)**

<sup>3</sup> Note-se que o índice  $k$  se distingue do índice  $K$  referido anteriormente, pois  $H_m$  aqui se refere à distância entre a superfície de trabalho e o topo da janela, além do que, o objetivo dos índices são distintos.

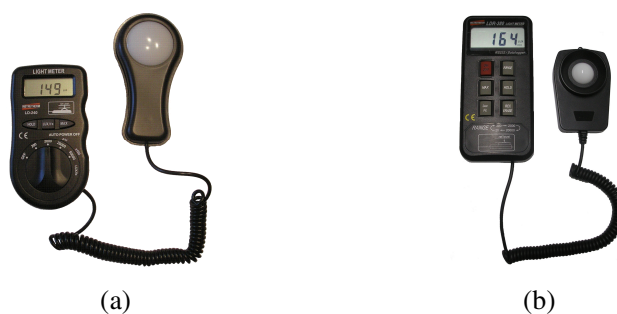
<sup>4</sup> BOER, J.B. de; FISCHER, D. Interior lighting. Deventer: Kluwer Technische Boeken, 1978.

De acordo com a norma *NBR 15215-4*, quando o peitoril da janela estiver a mais de 1 m acima do plano de trabalho, deve-se tomar  $H_m$  como a distância vertical entre a superfície de trabalho e o peitoril ( $H'_m$ ).

O ambiente interno de cada sala de aula foi dividido em áreas iguais, com formato o mais próximo possível a um quadrado. A iluminância parcial foi medida no centro de cada área, respeitando-se um afastamento mínimo de 0,50 m das paredes.

Para facilitar a agilidade dos pesquisadores no momento da coleta de dados, demarcou-se o piso das salas com fita adesiva colorida, um dia antes do início das medições. As marcas foram retiradas apenas depois de decorridos os três dias de pesquisa.

O levantamento da iluminância das salas de aula foi realizado com o auxílio de dois fotômetros denominados luxímetros digitais: LD-240 e LDR-380 (RS232/Datalogger), ambos do fabricante Instrutherm (Figura 4).



**Figura 4** – Luxímetros LD-240 (a) e LDR-380 (RS232/Datalogger) (b)

Tomaram-se as medidas de 2 em 2 horas, durante o expediente normal, em cinco diferentes horários (9, 11, 13, 15 e 17 horas) e em três dias consecutivos. Toda a iluminação artificial foi desligada e as cortinas dos ambientes foram totalmente abertas. Foi considerada a quantidade de luz no ponto e no plano onde a tarefa é usualmente executada, seja horizontal, vertical ou em qualquer outro ângulo. A norma recomenda que as medições sejam realizadas num plano horizontal a 75 cm do piso quando a altura da superfície de trabalho não for especificada ou conhecida.

Nesta etapa do estudo, avaliou-se a relação da área envidraçada das janelas pela área da parede que as contém. Esta relação é denominada WWR (*Window to Wall Ratio*).

### **3.2 Avaliação dos ambientes e situação segundo critérios de eficiência energética**

Através de um levantamento por inspeção, fez-se uma avaliação dos ambientes sobre suas características físicas, os tipos de luminárias e lâmpadas, bem como quantidades.

O projeto elétrico das instalações do objeto de estudo foi fornecido pelo Departamento de Projetos (DEPRO) da UTFPR, possibilitando a análise das instalações elétricas (potência instalada, circuitos e quadros de distribuição).

Com base nas dimensões dos ambientes, nas condições dos circuitos e potência instalada destinados à iluminação artificial, bem como nas características da iluminância recomendada pela norma *NBR 5413*, é possível classificar as salas de aula de acordo com os critérios de eficiência energética da Regulamentação para Etiquetagem Voluntária, citada no capítulo 1.

## **4 ANÁLISE DE RESULTADOS**

### **4.1 Dados sobre a iluminação natural das salas de aula**

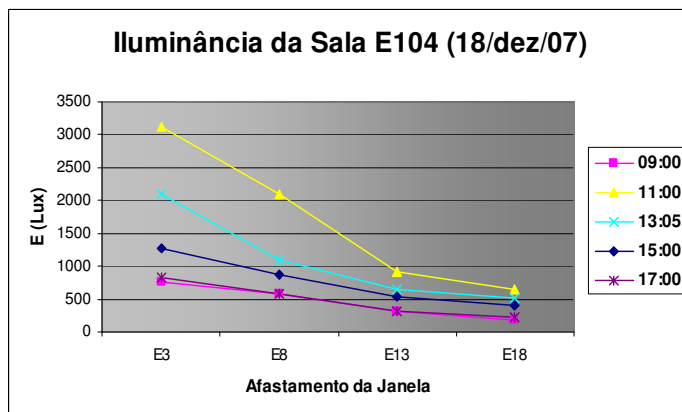
Nos dias 18, 20 e 21 de dezembro de 2007 foram realizadas as medições para a avaliação das condições da iluminação natural das salas de aula do bloco de engenharia (E) da UTFPR.

Partindo-se das dimensões do ambiente e do índice k, foi obtido o número mínimo de pontos a serem medidos. Tomou-se o cuidado de aumentar a quantidade destes pontos em algumas das salas, a fim de garantir uma simetria nas medições. Na E301 (cujo plano de trabalho está a 0,95m) o número de pontos foi aumentado para que fosse possível a comparação dos níveis de iluminância com a sala E101 (plano de trabalho a 0,75m).

**Tabela 3 – Resultados da etapa de medição da iluminação natural**

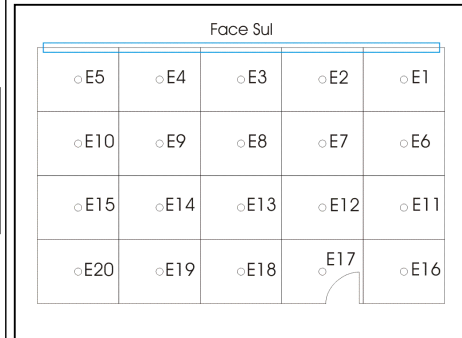
	<b>E101</b>	<b>E301</b>	<b>E104</b>	<b>E304</b>	<b>E107</b>	<b>E307</b>
L - largura do ambiente (m)	6,25	6,25	6,25	6,25	9,60	9,60
C - comprimento do ambiente (m)	12,35	12,35	9,75	9,75	9,20	9,20
H <sub>m</sub> - distância vertical entre a superfície de trabalho e o topo da janela (m)	1,95	2,15	2,15	2,15	1,35 (H' <sub>m</sub> )	1,35 (H' <sub>m</sub> )
Índice k / número mínimo de pontos a serem medidos / quantidade de pontos medidos	2,13 / 25 / 28	1,93 / 16 / 28	1,77 / 16 / 20	1,77 / 16 / 20	3,47 / 36 / 36	3,47 / 36 / 36
Fator WWR	0,39	0,39	0,40	0,40	0,25	0,25
Iluminância média (lux)	1401	1022	1265	1270	520	289
Desvio padrão (lux)	974	414	778	592	436	123
Mínima iluminância (lux)	349	424	443	548	136	161
Máxima iluminância (lux)	3365	1783	3163	2375	1796	526

Observando-se a tabela 3, é possível afirmar que existe um grande potencial de uso de iluminação natural a ser considerado na elaboração de um novo projeto luminotécnico.



**Gráfico 1 – Comportamento da iluminância da sala E104 dos pontos próximos aos mais afastados da janela**

**Figura 5 – Pontos para a medição da iluminação natural da sala E104**



## 4.2 Situação dos ambientes segundo critérios de eficiência energética

A área útil total do bloco E, levantada por meio de inspeção, foi de 3386 m<sup>2</sup>. Em 49 ambientes, foram encontrados 12 modelos de luminárias e 395 luminárias instaladas, das quais, 23%, ou 90 unidades, são consideradas eficientes. Embasada no estudo de Ghisi e Lamberts (1998), deu-se a classificação das luminárias eficientes, ou seja, que utilizam refletor de alumínio, reator eletrônico e 2 lâmpadas de 32W. Este bloco utiliza um dos sistemas de iluminação mais antigos: a luminária comercial Plafonier tipo BB para 2 lâmpadas de 40W; 3 lâmpadas de 40W e/ou 4 lâmpadas de 40W. Também podem ser utilizadas lâmpadas de 20W neste sistema (COSTA, 2007).

Na tabela 4, é possível observar que o prédio do bloco da engenharia utiliza 99,8% de lâmpadas fluorescentes. Apesar disso, apenas 29% destas lâmpadas são consideradas econômicas.



**Tabela 4 – Lâmpadas instaladas no bloco E da UTFPR (2006)**

Fluorescentes			Incandescentes	Total	Porcentagem de lâmpadas econômicas fluorescentes (32W)
32W	40W	65W	60W		
307	675	64	2	1048	29%

FONTE: COSTA (2007)

De posse do valor da potência instalada para a iluminação do bloco de engenharia, 44649W, foi possível encontrar a relação W/m<sup>2</sup> (potência instalada/área), 13,19W/m<sup>2</sup>. Segundo a *NBR 5413*, o nível de iluminância mínimo (e que deve ser adotado, como recomenda a Regulamentação para Etiquetagem Voluntária) para salas de aula deve ser de 200lux<sup>5</sup>. A densidade de potência de iluminação por 100lux para a iluminação do bloco de engenharia da UTFPR é, portanto, de 6,60W/m<sup>2</sup>/100lux.

Através do mesmo raciocínio acima descrito, avaliou-se a densidade de potência de iluminação por 100 lux para cada sala de aula do estudo:

**Tabela 5 – DPI (Densidade de potência de iluminação)**

	E101	E301	E104	E304	E107	E307
Potência instalada em iluminação (W)	1504	1504	752	752	1128	1128
Densidade de potência de iluminação por 100lux (W/m <sup>2</sup> /100lux)	9,74	9,74	6,17	6,17	6,39	6,39

Durante a pesquisa foram levantadas as quantidades de interruptores para acionamento dos sistemas de iluminação: 132 interruptores. Em média, tem-se 338W de potência instalada por interruptor e 26m<sup>2</sup> de área iluminada por interruptor. Os grupos de luminárias são acionados transversalmente às janelas.

Para efeito da classificação do sistema de iluminação do prédio de engenharia, segundo os requisitos da Regulamentação para Etiquetagem Voluntária de Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, utilizaram-se os dados constantes das tabelas 6 e 7.

**Tabela 6 – Dados para avaliação do ambiente segundo critérios da Regulamentação**

	E101	E301	E104	E304	E107	E307
L - largura do ambiente (m)	6,25	6,25	6,25	6,25	9,60	9,60
C - comprimento do ambiente (m)	12,35	12,35	9,75	9,75	9,20	9,20
h - altura entre a superfície de trabalho e o plano das luminárias no teto (m)	2,00	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
K - índice do ambiente	2,08	1,89	1,73	1,73	2,14	2,14
Paredes / Refletância*	Tinta de cor creme clara / 70%					
Teto / Refletância*	Tinta de cor branca / 70%					
Piso / Refletância*	Parquet / 30%	Parquet / 30%	Parquet / 30%	Parquet / 30%	Granilha / 55%	Parquet / 30%

\*FONTE: COSTA (2005)

**Tabela 7 – Interpolação dos valores DPI (tabela 1) para os índices K dos ambientes avaliados neste estudo**

Índice de ambiente K	DPI W/m <sup>2</sup> /100lux			
	(Nível A)	(Nível B)	(Nível C)	(Nível D)
1,73	1,89	2,66	2,94	3,79
1,89	1,88	2,58	2,83	3,65
2,08	1,88	2,50	2,73	3,52
2,14	1,88	2,48	2,70	3,48

<sup>5</sup> Casos especiais que exigem um nível maior de iluminamento devem ser tratados pontualmente.

Em função dos resultados obtidos, verifica-se que:

- ✓ As refletâncias de paredes, teto e piso são melhores que as indicadas na Regulamentação (👍);
- ✓ A divisão dos circuitos dos circuitos, 26m<sup>2</sup>/interruptor, atende à exigência da regulamentação (👍);
- ✓ Não existem fileiras de luminárias, com acionamento individual, paralelas às janelas (👍);
- ✓ Apesar de não existir, no bloco E, área maior que 250m<sup>2</sup>, não há dispositivos de desligamento automático do sistema de iluminação (👍);
- ✓ O valor de densidade de potência de iluminação encontrado para a iluminação do prédio da engenharia (6,60W/m<sup>2</sup>/100lux), foi maior que os limites do nível D para cada ambiente (👍);
- ✓ O valor de densidade de potência de iluminação encontrado para a iluminação de cada sala de aula avaliada (Tabela 5), foi maior que os limites do nível D para cada ambiente (👍).

A partir do *chek-list*, conclui-se que a classificação do prédio da engenharia (bloco E) da UTFPR, bem como de suas salas de aula investigadas neste estudo, é considerada: **E (menos eficiente)**.

## 5 REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413 - Iluminância de interiores** – Procedimento. ABNT: Rio de Janeiro, 13p., 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215-4 – Iluminação natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações** – Método de medição. ABNT: Rio de Janeiro, 13p., 2004.
- BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balanco Energético Nacional 2007**: Ano base 2006. Rio de Janeiro: EPE, 2007.
- COMITÊ GESTOR DE INDICADORES DE NÍVEIS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA – CGIEE. **Regulamentação para Etiquetagem Voluntária de Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos**: (Apresentação). 2007a. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/eletrobras/reg.etiquetagem.voluntaria.html>>. Acesso em: 26 sep. 2007.
- COMITÊ GESTOR DE INDICADORES DE NÍVEIS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA – CGIEE. **Regulamentação para Etiquetagem Voluntária de Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos**: Versão aprovada em outubro de 2007 pelo GT-Edificações do CGIEE. 2007b. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/eletrobras/reg.etiquetagem.voluntaria.html>>. Acesso em: 13 nov. 2007.
- COSTA, Andréa de Souza. **Eficiência energética em iluminação de ambientes em uma instituição pública de ensino**. Curitiba, 2007. Dissertação (Mestrado em Tecnologia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, 154 p.
- COSTA, José Corrêa da. **Iluminação Econômica: Cálculo e Avaliação**. 3.ed. rev. e amp. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2005. 561p.
- GHISI, Eneidir; LAMBERTS, Roberto. **Influência das características reflexivas da luminária e da refletância das paredes na potência instalada em sistemas de iluminação**. VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - Qualidade no Processo Construtivo. 27 a 30 de abril de 1998. Florianópolis – SC.
- GONZALO, Guillermo E. Revista Lume Arquitetura - edição nº19: **Estudo realizado para salas de aula em Tucumán**. Disponível em: <<http://www.lumearquitetura.com.br>> Acesso em 18 mai. 2006.
- GRAZIANO JUNIOR, Sigfrido Francisco Carlos Giardino. **Racionalização de energia: Iluminação natural na arquitetura**. Disponível em: <<http://www.luz.philips.com>> Acesso em: 11 mai. 2006.
- IIDA, Itiro. **Ergonomia: projeto e produção**. 2. ed., rev. e ampl. São Paulo: E. Blücher, 2005. 614 p. ISBN 85-212-0354-3
- LAMBERTS, Roberto *et al.* **Regulamentação de etiquetagem voluntária de nível de eficiência energética de edifícios comerciais e públicos**. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/eletrobras/reg.etiquetagem.voluntaria.html>> Acesso em: 4 jul. 2007.
- VIANNA, Nelson Solano; GONÇALVES, Joana Carla Soares. **Iluminação e Arquitetura**. 2ªed. São Paulo: Geros s/c Ltda., 376 p., 2004.