



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**CENTRO TECNOLÓGICO**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**  
**Campus Universitário – Trindade**  
**Florianópolis – SC – CEP 88040-900**  
**Caixa Postal 476**

**LabEEE** Laboratório de Eficiência Energética em Edificações

<http://www.labeee.ufsc.br> | e-mail: [energia@labeee.ufsc.br](mailto:energia@labeee.ufsc.br)  
Telefones: (48) 3721-5184 / 3721-5185

## **RELATÓRIO TÉCNICO DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO DO RTQ-C**

**Greici Ramos**  
**Roberto Lamberts**

### **Equipes:**

#### **LabEEE/UFSC**

Michele Fossati  
Gustavo Prado Fontes  
Rovy Pinheiro Pessoa Ferreira

#### **UFMG**

Roberta Vieira Gonçalves de Souza  
Renata Pietra Papa  
Carla Patrícia Santos Soares

#### **UNB**

#### **Neoenergia**

Ana Christina Romano Mascarenhas  
Natalia Queiroz

Cláudia Naves David Amorim  
Caio Frederico e Silva  
Milena Sampaio Cintra  
Ana Ceres Belmont Sabino  
Marina dos Santos Monteiro

## **1 Introdução**

O Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) teve sua primeira versão regulamentada pela Portaria INMETRO n.º 53, de 27 de fevereiro de 2009, posteriormente sucedida pela Portaria INMETRO n.º 163, de 08 de junho de 2009. Nele são especificados os requisitos técnicos e os métodos para classificação de edifícios comerciais, de serviços e públicos quanto à eficiência energética, criando condições para a Etiquetagem do nível de eficiência energética desta tipologia de edifícios. Três requisitos principais são avaliados: a envoltória do edifício, o sistema de iluminação e o sistema de condicionamento do ar.

Após o primeiro ano de aplicação do RTQ-C, a realização de dois cursos sobre a avaliação pelo método prescritivo proposto pelo Regulamento, a análise de dúvidas enviadas pelos usuários, a resposta do mercado e a realização de um seminário pelo Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) envolvendo fornecedores e projetistas do sistema de iluminação, verificou-se a necessidade de revisão em alguns pontos do RTQ-C. O método proposto para avaliação do sistema de iluminação apresentou algumas limitações, tendo em vista a prática projetual do mercado e a grande quantidade de informações requeridas, nem sempre possíveis de serem obtidas.

Diante desta questão, foi proposta a alteração do método de avaliação desse sistema, baseando-o no método de avaliação utilizado pela *American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers* - ASHRAE 90.1, norma já consolidada no Brasil para o mercado de prédios verdes. Este novo método determina a densidade de potência máxima instalada por atividade ou uso da edificação ( $W/m^2$ ), o que permite a determinação de limites para carga instalada de acordo com a atividade. Além disso, reduz a possibilidade de superdimensionamento do sistema e conduz a uma avaliação mais rápida por parte do Laboratório de inspeção.

O presente relatório busca esclarecer as razões para a alteração no método de avaliação do sistema de iluminação do RTQ-C, assim como apresentar o novo método proposto.

## **2 Método do Regulamento Técnico da Qualidade de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos - Portaria nº 163**

O método atual de avaliação do desempenho energético de sistemas de iluminação do RTQ-C consiste em determinar a densidade de potência de iluminação relativa final ( $DPI_{RF}$ ) de determinado projeto luminotécnico, para cada índice de ambiente (K),

comparando-a a limites pré-estabelecidos de densidades de potência de iluminação relativa limite ( $DPI_{RL}$ ) para cada nível pretendido.

A avaliação de cada sistema de iluminação é realizada a partir da potência instalada por metro quadrado para fornecer 100 lux de iluminância (densidade de potência de iluminação relativa  $DPI_R$ , em  $W/m^2 \cdot 100lux$ ). A adoção desta unidade permite aplicar o mesmo método e usar os mesmos limites de  $DPI_{RL}$  para diferentes ambientes, independente do uso e da iluminância necessária para realizar determinada atividade.

A determinação dos limites de densidade de potência de iluminação relativa foi realizada através de testes com quatro conjuntos de lâmpadas, luminárias e reatores, com diferentes desempenhos, descritos na Tabela 1. Estes conjuntos foram avaliados em função da eficiência energética atingida e do custo de implantação.

**Tabela 1 - Sistemas utilizados (Fonte: Gugel e Westphal, 2006)**

<b>Equipamento</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
Luminária	Com refletor e aletas	Com refletor	Sem refletor	Sem refletor
Lâmpada	28W 2900lm	32W 2700lm	32W 2700lm	40W 2600lm
Reator	Eletrônico perda de 6W	Eletrônico perda de 6W	Eletromagnético perda de 12,5W	Eletromagnético perda de 15W
Potência total (W)	62,00	70,00	76,50	95,00
Eficiência Energética (lm/W)	93,55	77,14	70,59	54,74

As densidades de potência de iluminação relativa limite ( $DPI_{RL}$ ) foram estabelecidas a partir de quatro ambientes distintos, variando o índice de ambiente de 0,6 a 5,0, com 70% de refletância para o teto, 50% para as paredes e 10% para o piso. Desta forma, cada um dos limites estabelecidos corresponde a um determinado sistema luminotécnico: o nível A surge do sistema de iluminação com melhor desempenho, o nível B do segundo melhor e assim por diante.

O método requer que seja considerada a iluminância no final da vida útil do sistema de iluminação, determinando a utilização de um coeficiente de manutenção de 0,80.

## **2.1 Dificuldades observadas**

A seguir são descritas as dificuldades observadas ao utilizar o método da densidade de potência de iluminação relativa.

### **2.1.1 Projetos luminotécnicos especiais**

Este método possui apenas uma tabela de  $DPI_{RL}$ , que deve ser utilizada para qualquer tipo de ambiente. Este procedimento, no entanto, não leva em consideração que certos ambientes podem necessitar de equipamentos específicos com desempenhos energéticos variáveis. Em escritório ou salas de aula, por exemplo, é aconselhável o uso de luminárias com aletas para evitar o ofuscamento, enquanto hospitais podem requisitar luminárias com vedação hermética para evitar problemas de contaminação.

Utilizando esta tabela de  $DPI_{RL}$ , projetos luminotécnicos que utilizam luminárias herméticas não conseguem atingir os níveis de eficiência mais altos. A vedação presente nessas luminárias diminui a eficiência do sistema de iluminação, reduzindo de forma acentuada os fatores de utilização da luminária. Esse tipo de equipamento atinge então níveis baixos de eficiência, chegando a E em certos casos, quando na verdade se trata de um equipamento obrigatório em determinados ambientes.

Luminárias sem aletas e com refletores de alumínio apresentam fatores de utilização mais elevados e atingem o nível A com maior facilidade, o que não acontece com os modelos com aletas. Apesar dos valores de  $DPI_{RL}$  para nível A terem surgido de um modelo com aletas, este tipo de luminárias apresenta maiores dificuldades para atingir o nível A devido ao alto desempenho do modelo escolhido para os testes. As aletas são fundamentais para evitar o ofuscamento em ambientes de trabalho prolongado, mas acabam interferindo na propagação da luz no ambiente diminuindo, conseqüentemente, os fatores de utilização e possivelmente o nível de eficiência.

Dado o exposto, percebe-se que o método de avaliação prejudica projetos luminotécnicos que exigem equipamentos especiais em função do conforto ou da saúde. Essas características do método de avaliação podem incitar os projetistas a escolherem os equipamentos em função do nível que desejam atingir e não em função de outros dados importantes para o projeto, como conforto e saúde, comprometendo a qualidade do projeto.

### **2.1.2 Grande quantidade de informações técnicas**

Para o cálculo das densidades de potência de iluminação relativa é preciso dispor de diversas especificações técnicas das lâmpadas, luminárias e dos reatores, descritas a seguir.

- Para as lâmpadas:
  - Potência;
  - Fluxo luminoso.

- Para as luminárias:
  - Tipo de luminária (compatibilidade com lâmpadas, número de lâmpadas por luminária);
  - Tabela com fatores de utilização (coeficientes de utilização) ou curvas IES.
- Para os reatores:
  - Tipo de reator (compatibilidade com determinado sistema luminotécnico);
  - Potência total do sistema com reator (perda de potência).

Devido à grande quantidade de informações técnicas necessárias para a avaliação, frequentemente ocorrem situações em que não é possível obter todos os dados dos equipamentos utilizados nos projetos luminotécnicos. Esta dificuldade foi observada tanto na etapa de projeto quanto na avaliação de edificações existentes. No projeto, o excesso de informações exigidas acaba limitando a quantidade de produtos possíveis de serem utilizados, uma vez que nem todos os fabricantes informam todos os dados requeridos para a avaliação. Nas edificações existentes a dificuldade é ainda maior, visto que muitas vezes as informações técnicas dos produtos não foram devidamente registradas e pouco se obtém além dos fabricantes dos produtos.

Em relação às luminárias, observou-se que nem todos os fabricantes disponibilizam as tabelas com os fatores de utilização, sem as quais a aplicação do método de avaliação fica limitada se não for informada a iluminância do ambiente. Os fatores de utilização indicam a quantidade de luz que atinge o plano de trabalho em função da geometria do recinto e das refletâncias de suas superfícies.

Quanto aos reatores, observou-se a falta de informações sobre o fator de fluxo luminoso - fator que influencia o cálculo da iluminância - além da falta de padronização quanto à potência ou perdas do reator.

### **2.1.3 Incompatibilidade entre o RTQ-C e prática de mercado**

Uma zona de iluminação é o espaço que possui mesma característica e distribuição da iluminação artificial, apresentando uma mesma densidade de potência de iluminação resultante de uma malha uniforme de distribuição das luminárias com potência e fluxo luminoso idênticos. Observou-se que é prática de mercado utilizar nos projetos luminotécnicos mais de um tipo de luminária por ambiente, criando diferentes zonas de iluminação em um mesmo ambiente. Deste fato decorre a necessidade de subdivisão do ambiente de acordo com a distribuição de luminárias para que se possa avaliá-lo, muitas vezes levando a erros de avaliação por alterar o índice de ambiente (K) (que é calculado

para cada uma das zonas de iluminação de um ambiente) e conseqüentemente as densidades de potência limites para cada nível de eficiência.

Outra incompatibilidade com a prática de mercado está na limitação do fator de depreciação ( $F_d$ ) em 0,80. Esta exigência do RTQ-C vai contra as práticas projetuais e impede que os projetistas tenham liberdade para definir o fator de depreciação que desejam usar em cada projeto.

#### **2.1.4 Iluminância máxima**

O método utilizado pelo RTQ-C avalia e recompensa sistemas formados por equipamentos eficientes. No entanto, não identifica problemas de superdimensionamento nos projetos luminotécnicos que tiverem adotados níveis de iluminância acima dos recomendados por normas técnicas. Assim, projetos que consideram uma alta potência instalada para atender elevados níveis de iluminância podem obter um resultado favorável.

### **3 Método Proposto**

Diante das dificuldades relatadas quanto ao método utilizado pelo RTQ-C, baseado na densidade de potência relativa limite ( $DPI_{RL}$ ), um novo método de avaliação da eficiência energética de sistemas de iluminação foi proposto. O novo método baseia-se no método já consagrado pela ASHRAE/IESNA Standard 90.1 - *Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings*.

O modelo resume-se em dois diferentes métodos de avaliação. O primeiro, denominado Método da Área do Edifício, baseia-se na comparação entre a densidade de potência instalada no edifício (em  $W/m^2$ ) e a densidade de potência limite para o mesmo. Este método se restringe a edifícios que se caracterizem por apresentar uma mesma atividade desempenhada em todo o edifício. Já o segundo método, denominado Método das Atividades do Edifício, apresenta maior flexibilidade, pois o cálculo de sua eficiência é avaliado pela soma das potências instaladas em cada ambiente do edifício. É importante frisar que em ambos os métodos, a soma total das potências deve incluir os valores de todo o conjunto luminotécnico (luminária, lâmpada e reator).

A ASHRAE/IESNA 90.1 define as densidades de potência limites para cada tipo de edifício ou ambiente. Aqueles que não tiverem seus usos especificados pela ASHRAE/IESNA 90.1 deverão utilizar os limites definidos para os usos que mais se assemelham. Como os limites propostos para a densidade de potência da

ASHRAE/IESNA 90.1 são baixos e para serem atendidos requerem sistemas eficientes e bons projetos, serão adotados como mínimo do nível A. Os limites de densidade de potência para os outros níveis foram definidos a partir do nível A acrescido de 20% para o nível B, 40% para o nível C e 60% para o nível D.

### **3.1 Vantagens**

#### **3.1.1 Quanto ao processo de metodologia da avaliação**

O novo método proporciona um modo mais simples e funcional em relação ao anterior. Isso se dá pelo fato de que a única especificação necessária para a avaliação do novo método é a potência dos equipamentos instalados, ao contrário do atual método que demanda uma grande quantidade de dados técnicos dos equipamentos.

Uma vez que a avaliação é feita com base na potência instalada, neste método a avaliação exige menos cálculos, além de permitir maior flexibilidade aos projetos luminotécnicos, por não limitar o fator de depreciação a ser utilizado.

#### **3.1.2 Iluminância máxima**

Como citado anteriormente, o método atual de avaliação do sistema de iluminação do RTQ-C utiliza a densidade de potência para fornecer 100lux ( $W/m^2 \cdot 100lux$ ). Consequentemente, não avalia de forma adequada sistemas superdimensionados. O método da ASHRAE/IESNA 90.1 determina limites pressupondo a necessidade de manter locais com maior ou menor iluminação. Atividades com maior necessidade de iluminação possuem limite de densidade de potência maior; já locais como garagem, que necessitam menores níveis de iluminação possuem menor valor de densidade de potência. É importante frisar que o fato de se ter uma atividade com limite de densidade de potência maior do que outro não necessariamente denota uma maior iluminância no ambiente. Em alguns casos este valor é reflexo dos equipamentos especiais eficientes usualmente utilizados em determinada atividade.

Ao avaliar um ambiente pela densidade de potência instalada corre-se o risco de avaliar um projeto como eficiente, quando na verdade não está atendendo à norma de iluminação. É importante salientar que é papel do projetista, e não do inspetor, alcançar níveis de iluminância condizentes com os já estabelecidos na Norma brasileira (ABNT). O inspetor, por sua vez, é encarregado de avaliar o projeto luminotécnico quanto à sua eficiência energética.

### 3.2 Limites de densidade de potência para o método das atividades

Para a avaliação do nível de eficiência do sistema de iluminação baseado na ASHRAE/IESNA 90.1 ser coerente, é necessário que os limites de densidade de potência estejam adaptados tanto ao mercado quanto às normas de iluminação. Desta forma foram realizados testes em função do nível de iluminância e das densidades de potência instaladas para uma série de ambientes.

Tendo como base a lista de ambientes listados na ASHRAE/IESNA 90.1 comparou-se as iluminâncias recomendadas pela NBR 5413, ISO 8995-1 e IESNA, apresentadas na Tabela 2. A comparação das iluminâncias mostrou que, dos ambientes listados, a ISO 8995-1 possui 34 ambientes com maior nível de iluminância que o nível médio da NBR 5413 e 14 ambientes com mesmo nível de iluminâncias recomendados. Para a mesma lista a IESNA mostra 26 ambientes com níveis mais baixos e 19 ambientes com níveis de iluminância mais elevados. Tendo em vista o conforto, as atividades realizadas nestes ambientes e a redução do consumo de energia, definiu-se manter os níveis de iluminação geral para 47 atividades da lista e para nove atividades recomenda-se o aumento do nível de iluminância, atividades marcadas na tabela, de forma que esses ambientes fiquem mais adequados à função exercida no local.

**Tabela 2 – Níveis de iluminância para iluminação de tarefa**

<b>Tipo de interior, tarefa ou atividade.</b>	<b>ISO <math>\bar{E}_m</math> (lux)</b>	<b>NBR (lux)</b>		<b>IES</b>	<b>RTQ (lux)</b>
		<b>min</b>	<b>med</b>		
Armazenamento - Depósito					
Material pequeno/leve	100	150	200	300	300
Material médio/volumoso	100	150	200	100	100
Átrio					
Até 12,2m de altura	100	75	100	100	100
Acima de 12,2m de altura	100	75	100	100	100
Auditórios e Anfiteatros					
Auditório	300	100	150	100	150
Centro de Convenções	300	150	200	100	300
Cinema	200	30	50	50	50
Teatro	200	30	50	200	50
Banheiros	100	100	150	50	100
Biblioteca					
Área de arquivamento	500	200	300	300	300
Área de leitura	500	300	500	300	500
Área de estantes	200	200	300	300	300
Casa de Máquinas	200		200		200
Centro de Convenções - Espaço de exibição	300	300	500	100	300
Circulação	100	75	100	100	100
Comércio					
Área de vendas	500	300	500	300	500
Pátio de área comercial	500	300	500	300	500
Provador	300	200	200	300/1000	300
Cozinhas	500	150	200	500	500
Depósitos	100	150	200	100	100
Dormitório – Alojamentos	100	100	150	100	100

**Tabela 2 – Níveis de iluminância para iluminação de tarefa (continuação)**

<b>Tipo de interior, tarefa ou atividade.</b>	<b>ISO</b>	<b>NBR (lux)</b>		<b>IES</b>	<b>RTQ (lux)</b>
	<b><math>\bar{E}_m</math> (lux)</b>	<b>min</b>	<b>med</b>		
Escadas	150	75	100	50	100
Escritório	500	300	500	500	500
Garagem	75	100	150	20	75
Ginásio/Academia					
Área de Ginástica	300	150	200	500	200
Arquibancada	300	150	200		200
Esportes de ringue	-	750	1000		1000
Quadra de esportes – classe 4 <sup>1</sup>	300	150	200		200
Quadra de esportes – classe 3 <sup>2</sup>	300	150	200		200
Quadra de esportes – classe 2 <sup>3</sup>	300	150	200		200
Quadra de esportes – classe 1 <sup>4</sup>	300	150	200		200
Hotel - quartos	200	150	200	300	200
Hospital – iluminação geral					
Circulação	200	75	100	100	100
Emergência	1000	300	500	500	500
Enfermaria	300	150	200	500	200
Exames/Tratamento	500	150	200	500	200
Farmácia		150	150		150
Fisioterapia		150	200	300	200
Sala de espera, estar	200	100	150	300	150
Radiologia	500	100	150	30	150
Recuperação	500	100	150	100	150
Sala de Enfermeiros	500	300	500	300	500
Sala de Operação	1000	300	500	3000	1000
Quarto de pacientes	200	100	150	300	150
Suprimentos médicos	-	100	150	500	150
Igreja, templo					
Assentos	300	100	150	30	300
Coro	300	200	300		300
Sala de comunhão - nave	100	200	300	300	100
Laboratórios - para Salas de Aula	300	150	200	500	300
para Médico/Ind./Pesq.	300	150	200	500	300
Lavanderia	300		200	300	200
Museu					
Curadoria, restauração	-	200	300	500	500
Sala de exibição	300	300	500	300	300
Oficina Mecânica	-	150	150		150
Refeitório	200	100	150	100	150
Restaurante	300	150	200	100	200
Hotel	300	150	200	100	200
Lanchonete/Café	200	150	200	100	200
Bar/Lazer	200	100	150	100	150
Sala de Aula, Treinamento	500		300	300/500	300
Sala de espera, convivência	200		150	100	150
Sala de Reuniões, Conferência, Multiuso	500		500	300	500
Vestiário	200	100	150	100	150
Vestíbulo – Hall de Entrada	100	100	150	100	100
Cinemas	-	100	100	200	100
Hotel	300	150	200	100/300	200
Salas de Espetáculos	100	100	100	200	100
Transportes					
Área de bagagem	200	150	200	300	200
Aeroporto - Pátio	200	100	150	50	150
Assentos - Espera	200	100	150	50	150
Terminal - bilheteria	500	300	500	500	500

<sup>1</sup> Para competições em estádios e ginásios de grande capacidade, acima de 5000 espectadores.

<sup>2</sup> Para competições em estádios e ginásios, com capacidade para menos de 5000 pessoas.

<sup>3</sup> Para jogos classificatórios, no entanto considerando a presença de espectadores.

<sup>4</sup> Para jogos sociais e de recreação apenas, sem considerar espectadores.

Determinadas as iluminâncias recomendadas para cada atividade foram simulados vários ambientes, levantando a densidade de potência instalada (DPI – W/m<sup>2</sup>) em iluminação e a iluminância atingida, com o intuito de verificar a adequabilidade dos limites de densidade de potência instalada determinados na ASHRAE/IESNA 90.1 para o mercado brasileiro. A Tabela 3 apresenta os limites de DPI da ASHRAE/IESNA 90.1 de 2007 e os valores em estudos para a atualização da norma.

**Tabela 3 – Limites de Densidade de Potência Instalada em iluminação da ASHRAE/IESNA 90.1**

<i>Tipo de interior, tarefa ou atividade.</i>	<i>RTQ (lux)</i>	<i>ASHRAE 90.1 (W/m<sup>2</sup>)</i>	
		<i>2007</i>	<i>Adendo</i>
Armazenamento - Depósito			
Material pequeno/leve	300	15,0	10,2
Material médio/volumoso	100	10,0	6,2
Átrio			
Até 12,2m de altura	100	6,0	0,3 <sup>5</sup>
Acima de 12,2m de altura	100	2,0	0,2 <sup>5</sup>
Auditórios e Anfiteatros			
Auditório	150	10,0	8,5
Centro de Convenções	300	8,0	8,8
Cinema	50	13,0	12,3
Teatro	50	28,0	26,2
Banheiros	100	10,0	10,5
Biblioteca			
Área de arquivamento	300	12,0	7,8
Área de leitura	500	13,0	10,0
Área de estantes	300	18,0	18,4
Casa de Máquinas	200	15,0	6,0
Centro de Convenções - Espaço de exibição	300	14,0	15,6
Circulação	100	5,0	7,1
Comércio			
Área de vendas	500	18,0	18,1
Pátio de área comercial	500	18,0	11,8
Provador	300	6,0	9,4
Cozinhas	500	13,0	10,7
Depósitos	100	9,0	6,8
Dormitório – Alojamentos	100	4,1	4,1
Escadas	100	6,0	7,4
Escritório	500	12,0	11,9
Escritório – Planta Livre	500	12,0	10,5
Garagem	75	2,0	2,0
Ginásio/Academia			
Área de Ginástica	200	10,0	7,8
Arquibancada	200	4,0	4,6
Esportes de ringue	1000	29,0	28,8
Quadra de esportes – classe 4	200	-	7,8
Quadra de esportes – classe 3	200	-	12,9
Quadra de esportes – classe 2	200	-	20,7
Quadra de esportes – classe 1	200	-	32,8

<sup>5</sup> por metro de altura

**Tabela 3 – Limites de Densidade de Potência Instalada em iluminação da ASHRAE/IESNA 90.1 (continuação)**

<i>Tipo de interior, tarefa ou atividade.</i>	<i>RTQ (lux)</i>	<i>ASHRAE 90.1 (W/m<sup>2</sup>)</i>	
		<i>2007</i>	<i>Adendo</i>
Hospital – iluminação geral			
Circulação	100	11,0	9,6
Emergência	500	29,0	24,3
Enfermaria	200	6,0	9,5
Exames/Tratamento	200	16,0	17,9
Farmácia	150	13,0	12,3
Fisioterapia	200	10,0	9,8
Sala de espera, estar	150	9,0	11,5
Radiologia	150	4,0	14,2
Recuperação	150	9,0	12,4
Sala de Enfermeiros	500	11,0	9,4
Sala de Operação	1000	24,0	20,3
Quarto de pacientes	150	8,0	6,7
Suprimentos médicos	150	15,0	13,7
Igreja, templo			
Assentos	300	16,5	16,5
Coro	300	26,0	16,5
Sala de comunhão - nave	100	10,0	6,9
Laboratórios - para Salas de Aula	300	15,0	13,8
para Médico/Ind./Pesq.	300	15,0	19,5
Lavanderia	200	7,5	6,5
Museu			
Curadoria, restauração	500	11,0	11,0
Sala de exibição	300	11,3	11,3
Oficina – Seminário, cursos	500	20,0	17,1
Oficina Mecânica	150	8,0	7,2
Quartos de Hotel	200	11,9	11,9
Refeitório	150	11,5	11,5
Restaurante	200	23,0	9,6
Hotel	200	14,0	8,8
Lanchonete/Café	200	10,0	7,0
Bar/Lazer	150	15,0	14,1
Sala de Aula, Treinamento	300	15,0	13,3
Sala de espera, convivência	150	13,0	7,9
Sala de Reuniões, Conferência, Multiuso	500	14,0	13,2
Vestiário	150	6,0	8,1
Vestíbulo – Hall de Entrada	100	14,0	7,0
Cinemas	100	12,0	5,6
Hotel	200	12,0	11,4
Salas de Espetáculos	100	36,0	21,5
Transportes			
Área de bagagem	200	11,0	8,2
Aeroporto - Pátio	150	6,0	3,9
Assentos - Espera	150	5,0	5,8
Terminal - bilheteria	500	16,0	11,6

Nas simulações foram estudados casos de ambientes com diferentes tamanhos, considerando diferentes luminárias (com e sem aletas), e potência do conjunto lâmpada/reator. Os gráficos mostrados nas Figuras de 1 a 6 apresentam os resultados das simulações com a densidade de potência instalada (DPI) adequada para cada nível de iluminação, independente das necessidades específicas de cada ambiente. Para a análise foram consideradas iluminâncias no final da vida útil, utilizando um fator de depreciação de 80%.

As Figuras 1 a 6 serviram como base para a avaliação das densidades de potência instalada mostradas na Tabela 3. As figuras mostram a DPI adequada para 75, 100, 150, 200, 300 e 500 lx; os valores foram determinados de forma que sistemas eficientes, em ambientes claros, atendessem a iluminância desejada.

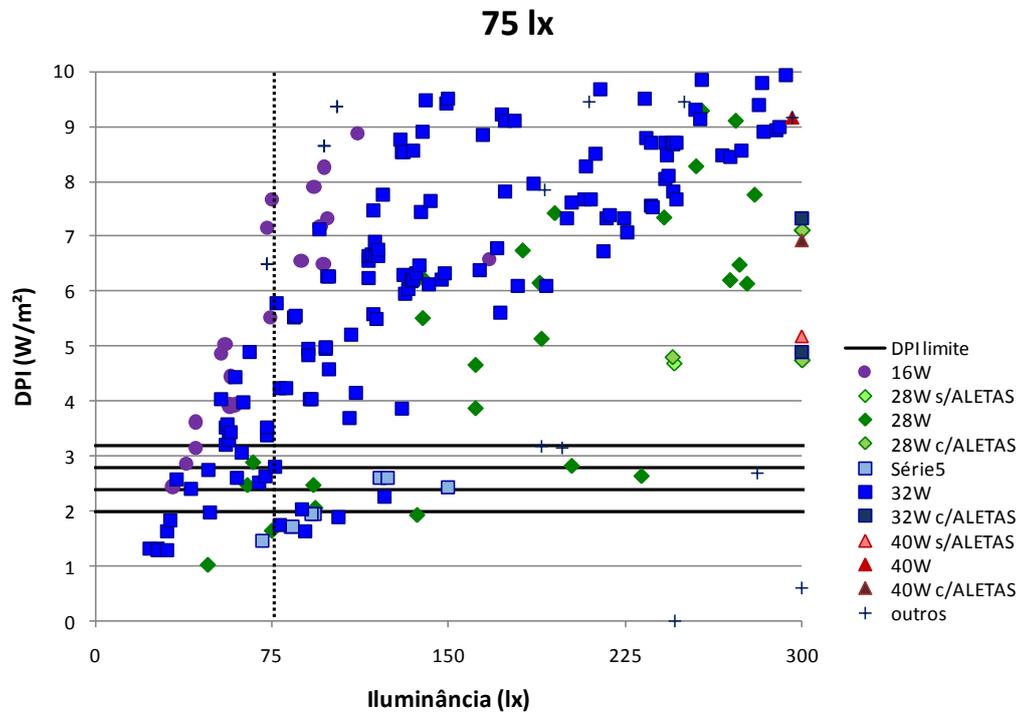


Figura 1. Densidade de potência instalada limite para 75 lx.

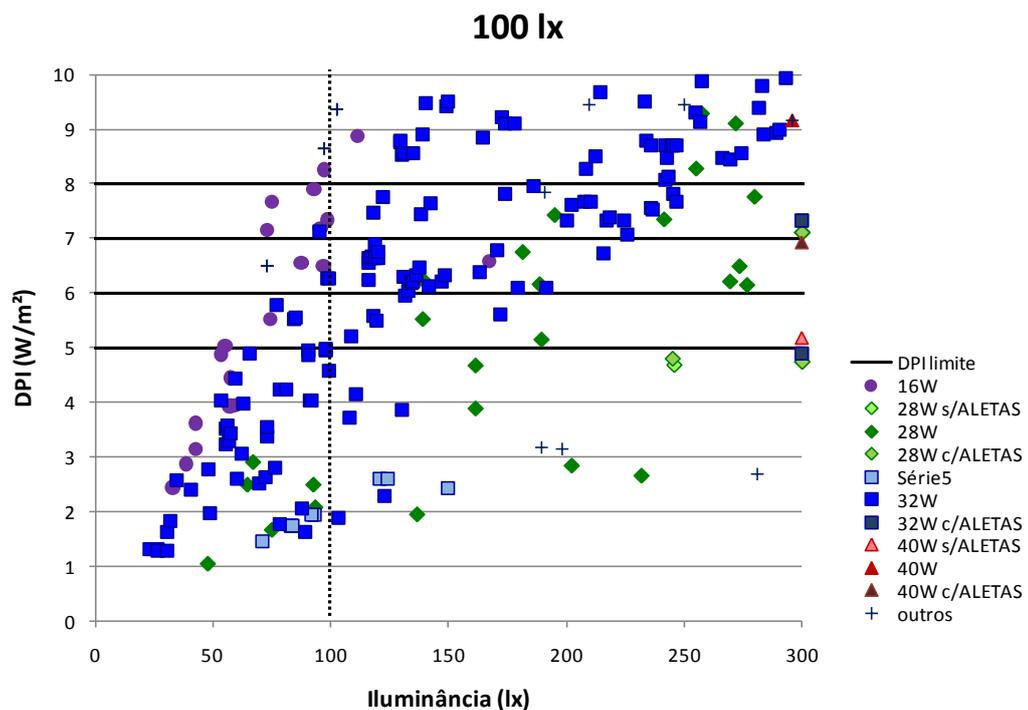
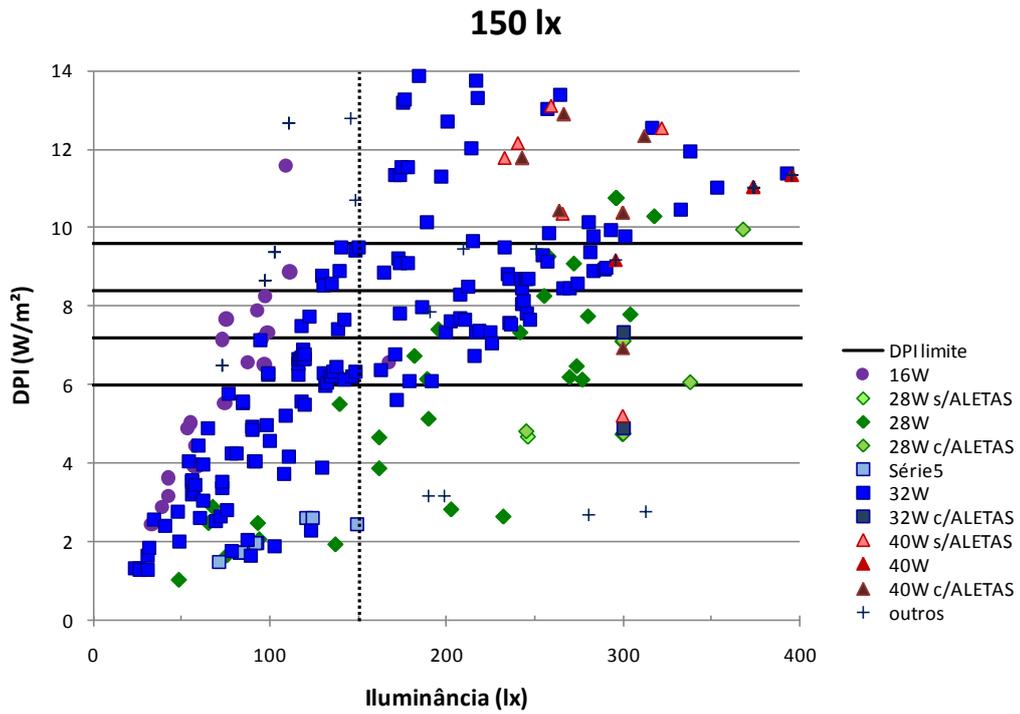
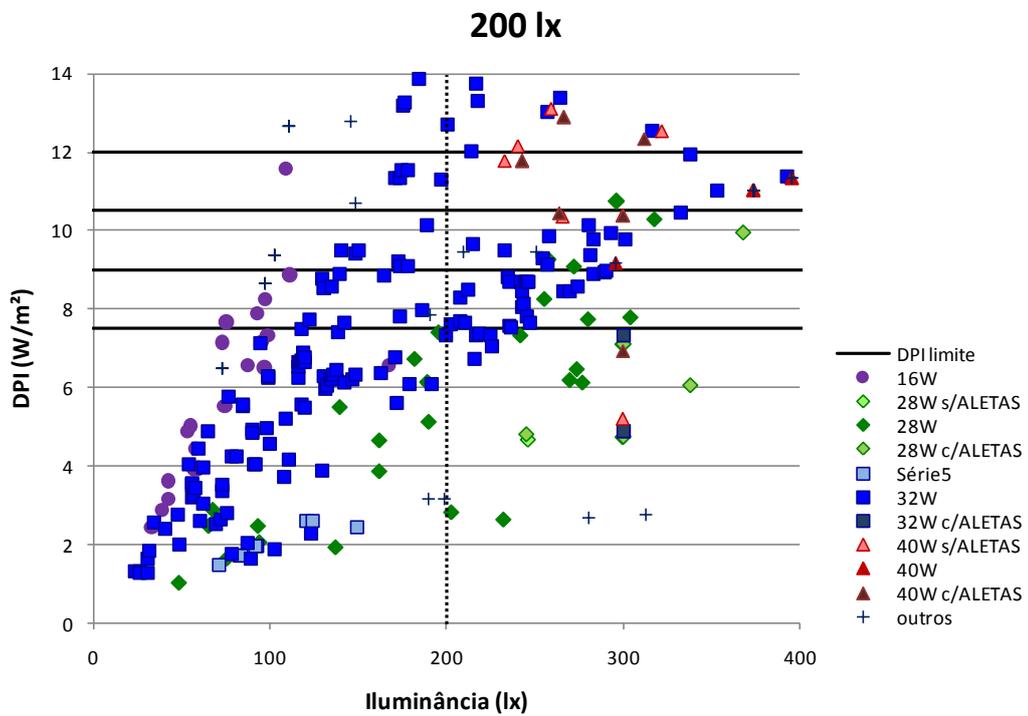


Figura 2. Densidade de potência instalada limite para 100 lx.



**Figura 3. Densidade de potência instalada limite para 150 lx.**



**Figura 4. Densidade de potência instalada limite para 200 lx.**

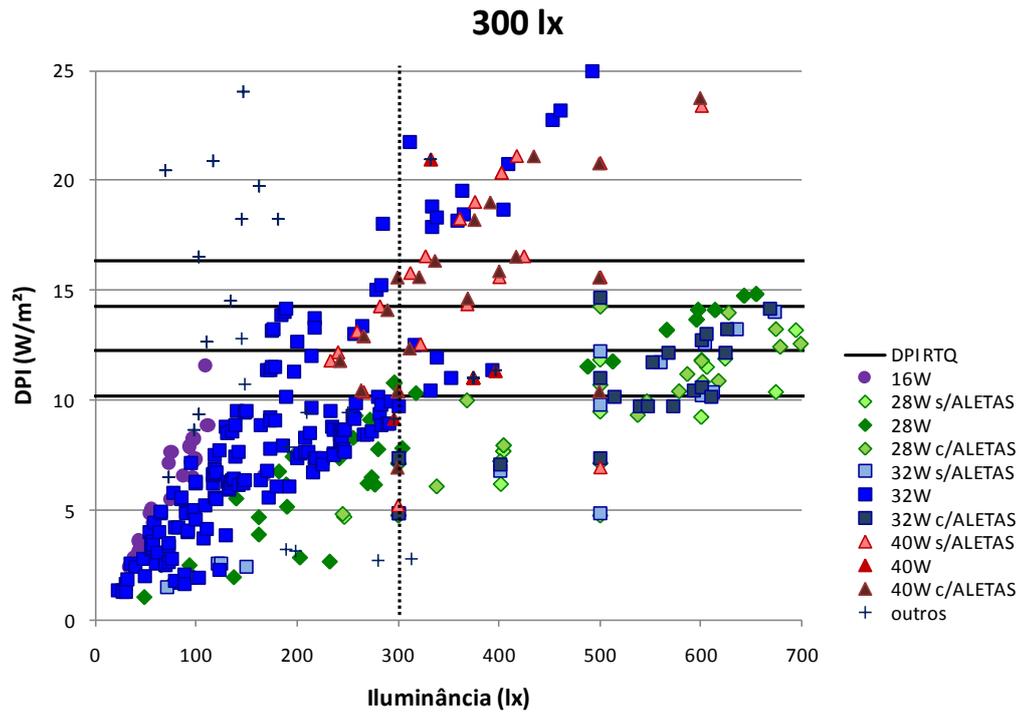


Figura 5. Densidade de potência instalada limite para 300 lx.

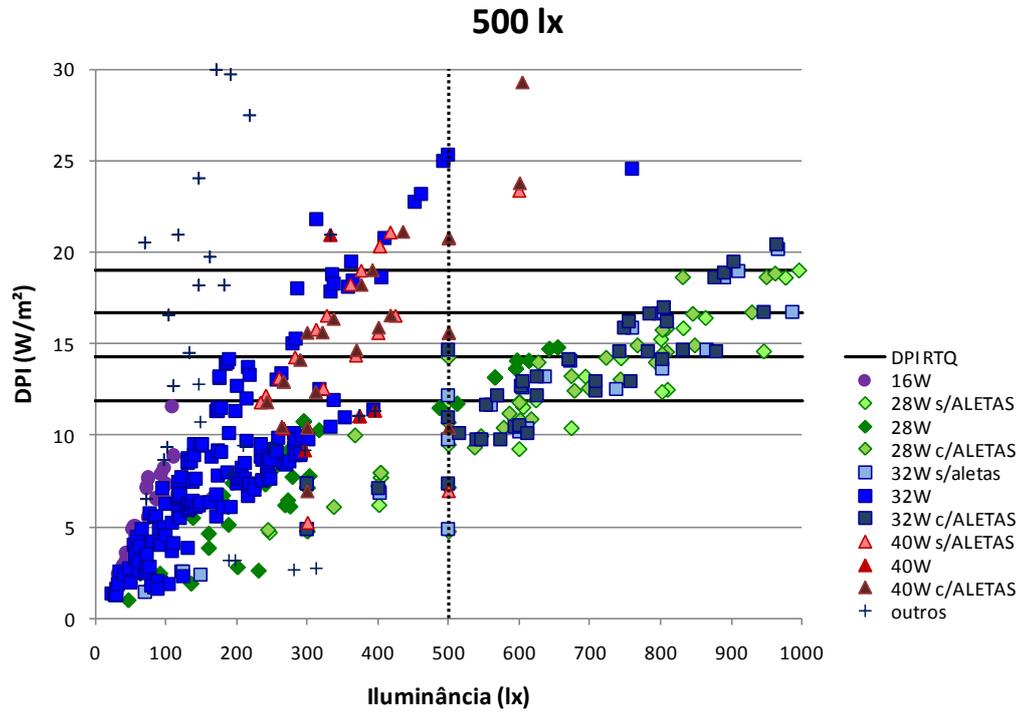


Figura 6. Densidade de potência instalada limite para 500 lx.

A definição da densidade de potência instalada foi feita contrapondo os valores de DPI da ASHRAE/IESNA 90.1, Tabela 3, com os valores encontrados nas Figuras 1 a 6, e com as especificidades de cada ambiente. Este processo definiu os valores a serem adotados para o nível A do RTQ-C, para os outros níveis foram acrescidos 20% para cada nível de eficiência. Para a maior parte dos ambientes mantiveram-se os limites de DPI estabelecidos para o Adendo da ASHRAE/IESNA 90.1. Dada a iluminância recomendada aumentou-se os limites de DPI para os ambientes abaixo:

- Provadores de estabelecimentos comerciais;
- Arquibancadas de ginásios e estádios;
- Lavanderias
- Restaurantes, Lanchonetes e Cafés, de serviço rápido.

Para os ambientes abaixo optou-se por adotar limites de DPI menores que os definidos na ASHRAE/IESNA 90.1, isto com base nas iluminâncias e equipamentos comumente utilizados nos projetos desses ambientes:

- Armazém para materiais de tamanho médio e a grande;
- Auditórios de Cinemas;
- Banheiros;
- Quartos de hotéis;
- Laboratórios com fins educacionais;
- Refeitório;
- Restaurantes;
- Restaurantes de hotéis;
- Bares;
- Salas de Aula;
- Salas de espera e convivência;
- Salas de reunião, conferência e multiuso;
- Halls de entrada;
- Hall de entrada de hotéis;
- Área de bagagens de edifícios de transporte.

A Tabela 4 apresenta os limites para Densidade de Potência Limite para o RTQ-C, estabelecidos de acordo com o processo descrito acima.

**Tabela 4 – Limites de Densidade de Potência Instalada em iluminação para o RTQ-C**

Ambientes	Limite Ambiente		DPI <sub>L</sub> W/m <sup>2</sup> (Nível A)	DPI <sub>L</sub> W/m <sup>2</sup> (Nível B)	DPI <sub>L</sub> W/m <sup>2</sup> (Nível C)	DPI <sub>L</sub> W/m <sup>2</sup> (Nível D)
	K	RCR				
Armazém						
Material pequeno/leve	0,8	6	10,20	12,24	14,28	16,32
Material médio/volumoso	1,2	4	5,00	6,00	7,0	8,00
Átrio - por metro de altura						
até 12,20 m de altura	-		0,30	0,36	0,42	0,48
acima de 12,20 m de altura	-		0,20	0,24	0,28	0,32
Auditórios e Anfiteatros						
Auditório	0,80	6	8,50	10,20	11,90	13,60
Centro de Convenções	1,20	4	8,80	10,56	12,32	14,08
Cinema	1,20	4	5,00	6,00	7,00	8,00
Teatro	0,60	8	26,20	31,44	36,68	41,92
Banheiros	0,60	8	5,00	6,00	7,00	8,00
Biblioteca						
Área de arquivamento	1,20	4	7,80	9,36	10,92	12,48
Área de leitura	1,20	4	10,00	12,00	14,00	16,00
Área de estantes	1,20	4	18,40	22,08	25,76	29,44
Casa de Máquinas	0,80	6	6,00	7,20	8,40	9,60
Centro de Convenções - Espaço de exibição	1,20	6	15,60	18,72	21,84	24,96
Circulação	<2,4 largura		7,10	8,52	9,94	11,36
Comércio						
Área de vendas	0,80	6	18,10	21,72	25,34	28,96
Pátio de área comercial	1,20	4	11,80	14,16	16,52	18,88
Provador	0,60	8	10,20	12,24	14,28	16,32
Cozinhas	0,80	6	10,70	12,84	14,98	17,12
Depósito	0,80	6	5,00	6,00	7,0	8,00
Dormitório – Alojamentos	0,60	8	4,10	4,92	5,74	6,56
Escadas	0,60	10	7,40	8,88	10,36	11,84
Escritório	0,60	8	11,90	14,28	16,66	19,04
Escritório – Planta livre	1,20	4	10,50	12,6	14,7	16,8
Garagem	1,20	4	2,00	2,40	2,80	3,20
Ginásio/Academia						
Área de Ginástica	1,20	4	7,80	9,36	10,92	12,48
Arquibancada	0,80	4	7,50	9,00	10,50	13,00
Esportes de ringue		4	28,80	34,56	40,32	46,08
Quadra de esportes – classe 4	1,20	4	7,80	9,36	10,92	12,48
Quadra de esportes – classe 3	1,20	4	12,90	15,48	18,06	20,64
Quadra de esportes – classe 2	1,20	4	20,70	24,84	28,98	33,12
Quadra de esportes – classe 1	1,20	4	32,40	38,88	45,36	51,84
Hall de Entrada- Vestíbulo	1,20	4	8,00	9,60	11,20	12,80
Cinemas	1,20	4	8,00	9,60	11,20	12,80
Hotel	1,20	4	8,00	9,60	11,20	12,80
Salas de Espetáculos	0,80	6	8,00	9,60	11,20	12,80
Hospital						
Circulação	<2,4 largura		9,60	11,52	13,44	15,36
Emergência	0,80	6	24,30	29,16	34,02	38,88
Enfermaria	0,80	6	9,50	11,4	13,3	15,2
Exames/Tratamento	0,60	8	17,90	21,48	25,06	28,64
Farmácia	0,80	6	12,30	14,76	17,22	19,68
Fisioterapia	0,80	6	9,80	11,76	13,72	15,68
Sala de espera, estar	0,80	6	11,50	13,80	16,10	18,40
Radiologia	0,80	6	14,20	17,04	19,88	22,72
Recuperação	0,80	6	12,40	14,88	17,36	19,84
Sala de Enfermeiros	0,80	6	9,40	11,28	13,16	15,04
Sala de Operação	0,80	6	20,30	24,36	28,42	32,48
Quarto de pacientes	0,80	6	6,70	8,04	9,38	10,72
Suprimentos médicos	0,80	6	13,70	16,44	19,18	21,92
Igreja, templo						
Assentos	1,20	4	16,50	19,8	23,10	26,40
Altar, Coro	1,20	4	16,50	19,8	23,10	26,40
Sala de comunhão - nave	1,20	4	6,90	8,28	9,66	11,04

**Tabela 4 – Limites de Densidade de Potência Instalada em iluminação para o RTQ-C**  
(continuação)

Ambientes	Limite Ambiente		DPI <sub>L</sub> W/m <sup>2</sup> (Nível A)	DPI <sub>L</sub> W/m <sup>2</sup> (Nível B)	DPI <sub>L</sub> W/m <sup>2</sup> (Nível C)	DPI <sub>L</sub> W/m <sup>2</sup> (Nível D)
	K	RCR				
Laboratórios						
para Salas de Aula	0,80	6	10,20	12,24	14,28	16,32
Médico/Ind./Pesq.	0,80	6	19,50	23,40	27,30	31,20
Lavanderia	1,20	4	6,50	7,80	9,10	10,40
Museu						
Restauração	0,80	6	11,00	13,20	15,40	17,60
Sala de exibição	0,80	6	11,30	13,56	15,82	18,08
Oficina – Seminário, cursos	0,80	6	17,10	20,52	23,94	27,36
Oficina Mecânica	1,20	4	6,00	7,20	8,40	9,60
Quartos de Hotel	0,80	6	7,50	9,00	10,50	13,00
Refeitório	0,80	6	11,50	13,80	16,10	18,40
Restaurante- salão	1,20	4	9,60	11,52	13,44	15,36
Hotel	1,20	4	8,80	10,56	12,32	14,08
Lanchonete/Café	1,20	4	7,00	8,40	9,80	11,20
Bar/Lazer	1,20	4	14,10	16,92	19,74	22,56
Sala de Aula, Treinamento	1,20	4	10,20	12,24	14,28	16,32
Sala de espera, convivência	1,20	4	6,00	7,20	8,40	9,60
Sala de Reuniões, Conferência, Multiuso	0,80	6	11,90	14,28	16,66	19,04
Vestiário	0,8	6	8,1	9,72	11,34	12,96
Transportes						
Área de bagagem	1,20	4	7,50	9,00	10,50	12,00
Aeroporto – Pátio	1,20	4	3,90	4,68	5,46	6,24
Assentos - Espera	1,20	4	5,80	6,96	8,12	9,28
Terminal - bilheteria	1,20	4	11,60	13,92	16,24	18,56

Assim como na ASHRAE/IESNA 90.1, no RTQ-C ambientes pequenos, com um índice de ambiente (K) menor que o definido na Tabela 4, ou Room Cavity Ratio (RCR) maior que o definido na mesma tabela, poderão ter um aumento em 20% na densidade de potência de iluminação limite (DPI<sub>L</sub>). Este aumento na DPIL destes ambientes evita punir ambientes, que por seu tamanho, possuem uma potência maior instalada no ambiente.

$$K = \frac{A_t + A_{pt}}{A_p}$$

Onde,

K: índice de ambiente (adimensional);

At: Área de teto (m<sup>2</sup>);

Apt: Área do plano de trabalho (m<sup>2</sup>);

Ap: Área de parede entre o plano iluminante e plano de trabalho (m<sup>2</sup>);

$$RCR = \frac{2,5 \times H_p \times P}{A}$$

Onde,

RCR: Room Cavity Ratio (adimensional);

H<sub>p</sub>: Altura de parede, considerar altura entre o plano iluminante e o plano de trabalho (m<sup>2</sup>);

P: Perímetro do ambiente (m<sup>2</sup>);

A: Área do ambiente (m<sup>2</sup>).

## 4 Conclusões

Este relatório apresenta um estudo com base no método de avaliação do sistema de iluminação do Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, e o método proposto para a revisão desse Regulamento. Neste relatório apresenta-se a importância e o impacto que o nível de iluminância recomendado pelas normas tem sobre os limites de DPI utilizados pelo novo método. A adoção de níveis de iluminação maiores que os recomendados pela NBR 5413 influenciará de forma direta nos níveis de eficiência energética dos edifícios.

A determinação da Densidade de Potência de Iluminação Limite (DPI<sub>L</sub>) do RTQ-C teve como base as iluminâncias médias da NBR 5413, recomenda-se que a revisão desta norma leve em consideração estes aspectos, e tenha como base os valores atuais da NBR 5413. O aumento destes valores implica em maiores DPIs e conseqüentemente em um maior consumo de energia.

## Referências Bibliográficas

ASHRAE, AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIRCONDITIONING ENGINEERS. **Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings**. ASHRAE Standard 90.1 –1989. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, 2007.

ASHRAE, AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIRCONDITIONING ENGINEERS. **Proposed Addendum by to ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-2007, Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings**. Second Public Review Draft (January 2010). ASHRAE Standard 90.1 – 2010. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413**: iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 53, de 27 de fevereiro de 2009**. Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). Brasília, DF, 2009. Disponível em <<http://www.inmetro.gov.br/rtac/pdf/RTAC001424.pdf>>

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 163, de 08 de junho de 2009**. Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). Brasília, DF, 2009. Disponível em <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001462.pdf>>

ISO, International Organization for Standardization. ISO 8995:2002 (E): Lighting of Indoor Work Places. Geneva, Switzerland, 2002. ISO, International Organization