



**XII ENCAC** Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído  
**VIII ELACAC** Encontro Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído

BRASÍLIA | 25 a 27 de setembro de 2013

## ANÁLISE DE CUSTO DO CICLO DE VIDA DE SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL

**Tatiana Paula Alves(1); Roberta Vieira Gonçalves de Souza(2); Rejane Magiag Loura(3);**

(1) Arquiteta, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da UFMG, [tatiana@actaarquitetura.com.br](mailto:tatiana@actaarquitetura.com.br)

(2) Professor do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, [robertavgs2@gmail.com](mailto:robertavgs2@gmail.com)  
UFMG, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Rua Paraíba 697, Funcionários, BH, MG.

(3) Professor do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, [magiagloura@yahoo.com](mailto:magiagloura@yahoo.com)  
UFMG, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Rua Paraíba 697, Funcionários, BH, MG.

### RESUMO

Os edifícios quando analisados somente do ponto de vista dos custos de construção podem mascarar questões de concepção que impactam sua sustentabilidade ao longo da vida útil. Dentro deste contexto, este trabalho tem como objetivo analisar o custo do ciclo de vida de sistemas de iluminação artificial frequentemente encontrados em tipologias de edifícios de escritórios abertos. A metodologia de Custo do Ciclo de Vida (LCC) adotada totaliza os investimentos necessários ao longo da vida do sistema de iluminação artificial incluindo os custos de operação. Quanto menor o LCC melhor a relação custo/eficiência do sistema. O LCC foi gerado para cada sistema de iluminação artificial proposto e estabeleceu-se uma métrica comparativa entre os sistemas gerando um *rank* relacionado ao custo/eficiência de cada solução. Evidenciou-se que ao aliar custo e eficiência tecnológica obtêm-se sistemas de iluminação artificial de baixo LCC (Custo de Ciclo de Vida) que podem, quando comparados a sistemas de iluminação menos eficientes, representar economias expressivas superiores a 100% ao longo de sua vida útil. Observou-se ainda que soluções de sistemas de iluminação artificial com altos LCC estão associados principalmente a luminárias de baixo rendimento que demandam maior quantidade de luminárias (e, portanto, de lâmpadas e reatores). Este estudo evidencia, portanto a importância das decisões de projeto na definição do custo do investimento e de operação de sistemas prediais que impactam o edifício ao longo de toda sua vida.

Palavras-chave: iluminação artificial, análise do custo do ciclo de vida, eficiência energética.

### ABSTRACT

Buildings when analysed only in terms of construction costs can mask design problems that may impact their lifelong sustainability. This paper aims to analyse the cost of the lifecycle of artificial lighting systems often found in open office buildings. The Life-Cycle Cost (LCC) methodology includes both, investment costs and operational costs of an artificial lighting system. To determine the relative cost effectiveness of a system, we need to compute the LCC for each alternative and compare them. The lowest LCC is the preferred alternative and indicates the most cost-effective alternative for the application studied. It was evidenced that by allying cost and performance of lighting systems the lowest LCC were obtained that expressively reduced future cost obligations. Savings when compared to other lighting systems can be superiors to 100% along its lifetime. Likewise it was observed that solutions with higher LCC are mostly associated to luminaries of low-performance that demand a greater number of fixtures (and therefore lamps and ballasts). Therefore this study shows the importance of decisions in defining the standard cost of investment and operation of building systems that impact the building throughout its life.

Keywords: artificial lighting, Life Cycle Cost Analyses, energy efficiency.

### 1. INTRODUÇÃO

O aumento do preço do petróleo nos anos 70 terminou com a era da energia fóssil barata, levando a um questionamento dos modelos de planejamento energético dominantes. Desde então, a questão da segurança do fornecimento de energia foi alçada à prioridade da agenda política internacional.

Hoje o maior percentual da oferta de energia primária ainda vem dos combustíveis fósseis. As energias renováveis suprem cerca de 10% da demanda mundial de energia primária, no entanto estudos apontam um crescimento futuro acentuado destas fontes de energia (IEO,2011), sinalizando para construção de um cenário energético mais sustentável, baseado no desenvolvimento do conhecimento e apropriação de novas tecnologias combinados à eficiência energética.

No Brasil, o setor de edificações está entre os maiores consumidores de energia elétrica, conforme indicam os dados do Balanço Energético Nacional (BEN 2010). A participação do setor de edificações (residencial, comercial e público) no consumo geral de energia elétrica no Brasil representa uma parcela significativa de 44% a ser considerada nos programas que visam à racionalização e conservação de energia.

Segundo o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEE 2011), estima-se para edifícios existentes um potencial de redução de consumo de aproximadamente 30% e para edifícios novos de 50% com a implementação de ações de eficiência energética nos sistemas de iluminação, ar condicionado e na envoltória.

Estudos mostram que edifícios comerciais consomem em torno de 65% de energia elétrica para os usos finais de iluminação e condicionamento do ar (GOLDEMBERG, 2003). Empregar a luz artificial de forma eficiente passou então a ser imprescindível para a redução do consumo de energia elétrica.

Nas últimas décadas têm havido avanços tecnológicos significativos no que diz respeito ao aumento da eficiência e rendimento dos sistemas de iluminação artificial. Vimos surgir neste período a possibilidade de integração dos sistemas de controle e automação nos sistemas de iluminação e mais recentemente temos acompanhado o desenvolvimento da tecnologia LED para lâmpadas.

A indústria da construção civil, impulsionada pelo movimento de toda a sociedade na busca de soluções de maior sustentabilidade, tem começado a repensar sua cadeia de produção, apontando para o aumento de integração de energia renovável em edifícios e para o uso racional da energia.

No contexto Brasileiro sabemos que a construção civil é uma indústria de baixo conteúdo tecnológico e, portanto, de baixo consumo energético na fase de obra. Mas, como a vida útil de seus produtos é muito longa, sabemos que o mesmo não acontece no período de utilização dos bens produzidos. Estudos mostram que o problema energético está na utilização dos edifícios durante sua vida útil (MASCARÓ,2010).

Dentro deste contexto, o entendimento dos custos financeiros e econômicos de um edifício em sua vida útil é importante principalmente quando falamos de edifícios eficientes. Sabemos que a construção de edifícios envolve investimentos de alto valor e que repercutem em uma longa vida útil. Se o investimento em edifícios forem analisados somente do ponto de vista dos custos de construção podem mascarar questões de concepção que impactaram sua sustentabilidade ao longo da vida útil do mesmo.

Na visão de Pfnür (2004), a soma dos custos de operação dos edifícios supera os gastos de investimento em mais 600%. E, portanto, abordar os custos de vida útil do edifício é de extrema importância. Este tipo de abordagem teve sua origem em 1950, nos Estados Unidos, onde a Análise de Custo de Ciclo de Vida (LCCA) foi desenvolvida para a avaliação econômica de grandes projetos inicialmente no campo militar e, posteriormente, no setor da construção (LAY; NIPPA, 2005). Trata essencialmente do planejamento e do controle dos custos de um imóvel que se acumulam ao longo do ciclo de vida.

O cálculo do Custo de Ciclo de Vida (LCC) é um processo de análise econômica e financeira que tem como objetivo estimar os custos de produção e os custos de utilização do bem ao longo do tempo, até o fim de sua vida útil. Esta análise é um importante instrumento de auxílio ao processo de tomada de decisões durante as fases de projeto, construção e utilização do edifício.

## **2. OBJETIVO**

Este artigo tem como objetivo descrever e aplicar uma metodologia de custo do ciclo de vida (LCC) na análise de sistemas de iluminação artificial. Para o específico estudo optou-se pela análise e comparação de custo do ciclo de vida de sistemas de iluminação artificial utilizados nas tipologias de escritórios abertos.

## **3. MÉTODO**

O LCCA é considerado uma análise interessante para qualquer investimento cujo capital inicial investido é responsável por diminuição de custos operacionais futuros. O LCCA pode determinar se um projeto é economicamente viável dentro do horizonte de tempo do investidor e possibilita identificar as soluções de melhor custo benefício sejam elas relativas ao empreendimento como um todo ou a sistemas prediais específicos.

A metodologia de Custo do Ciclo de Vida (LCC) consiste na totalização dos custos de construção, operação, manutenção e descarte/remoção dos sistemas prediais dentro de um horizonte de tempo geralmente

relacionado ao tempo de vida do edifício/sistema, com todos os custos sendo ajustados (taxa de desconto) para refletir o valor do dinheiro na data base presente tomada como referência (valor presente).

A equação 01 apresentada a seguir descreve de forma geral a totalização dos custos envolvidos na apuração do Custo de Ciclo de Vida (LCC) de um edifício.

$$LCC = I + \text{Repl} - \text{Res} + E + A + \text{OM \& R}$$

Equação 1

Onde:

LCC é a totalização dos custos da alternativa tendo como referência o valor presente;

I é o valor presente do custo inicial do investimento;

Repl é o valor presente do custo de reposição relacionado ao projeto/sistema;

Res é o valor presente relacionado ao valor residual projeto/sistemas;

E é o valor presente relacionado ao custo de energia;

A é o valor presente relacionado ao custo de água.

OM&R é o valor presente relacionado ao custo de operação, manutenção e reparo do projeto/sistema;

### 3.1. Os edifícios comerciais e a análise de custo do ciclo de vida de sistemas de iluminação artificial

Analisando sob o ponto de vista arquitetônico, o setor comercial por apresentar um consumo desagregado do uso final de energia concentrado na iluminação e no condicionamento térmico oferece uma grande possibilidade de intervenções, sejam elas do ponto de vista das tecnologias ativas ou passivas visando o uso racional da energia. Como podemos ver a seguir (Tabela 1) dentro do uso de edifícios comerciais, os edifícios de escritório são bastante representativos desta situação (ROMERO, 1997).

Tabela 1– Consumo desagregado por usos finais no setor comercial

Tipo de edifício	Total (MWh/mês)	Iluminação (%)	Condicionamento (%)	Outros (%)
Lojas de varejo	25,1	76	12	12
Mercearias	38,2	25	2	73
Restaurantes	26,3	20	8	72
Oficinas	4,8	56	4	40
Bancos	15,9	52	34	14
Escritórios	46,2	50	34	16
Shopping Centers	58,2	49	34	17

Fonte: ROMERO, Marcelo de A.. Arquitetura, comportamento e energia: Análise do Desempenho energético em Edifícios de Escritório na Cidade de São Paulo, Utilizando-se Procedimentos de Avaliação Pós-ocupação. São Paulo, 1997.






Dentro deste contexto o presente estudo selecionou para análise comparativa do custo do ciclo de vida (LCCA) sistemas de iluminação artificial recorrentes em edifícios comerciais de plantas abertas. As metragens aferidas para os escritórios estudados foram assim definidas: porte pequeno 8x6m, correspondente a 48 m<sup>2</sup>, porte de médio 25x20m, correspondente a 500 m<sup>2</sup>, porte grande 50x40m, correspondente a 2000 m<sup>2</sup>.

Para a dimensionamento do sistema de iluminação tomou-se como base o atendimento a NBR ISO/CIE 8995-1:2013 – Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior. A iluminância média adotada como referência foi de 500 lux. A metodologia de cálculo adotada foi o método dos lumens e foi utilizado o software SoftLux 2.2 desenvolvido pela empresa Itaim Iluminação cuja as luminárias foram adotadas neste estudo.

As características do ambiente simuladas foram: pé-direito de 2,8m, altura da tarefa de 0,75m, refletância teto/parede/piso respectivamente 70/50/10%, condições do ambiente considerado limpo (0,8). As luminárias selecionadas neste estudo atendem a Classe de Qualidade para limitação de ofuscamento definida para escritório segundo a CIE (Commission Internationale de L'Éclairage) como classe A ou classe B.

Os modelos de luminárias relacionados no estudo estão listados na Tabela 2 a seguir:

Tabela 2 – Informações técnicas luminárias

Luminárias	Nomenclatura	Descrição	Rendimento
	3005	Luminária retangular de sobrepor para 2 lâmpadas T5 de 28W. Corpo em chapa de aço tratada com acabamento em pintura eletrostática epóxi-pó na cor branca. Refletor e aletas parabólicas em alumínio anodizado de alto brilho.	71%
	3180	Luminária retangular de sobrepor para 2 lâmpadas T8 de 32W. Corpo e aletas planas em chapa de aço tratada com acabamento em pintura eletrostática epóxi-pó na cor branca. Refletor em alumínio anodizado de alto brilho	73%
	3690	Luminária quadrada de sobrepor para 4 lâmpadas T5 de 14W. Corpo em chapa de aço tratada com acabamento em pintura eletrostática epóxi-pó na cor branca. Refletor e aletas parabólicas em alumínio anodizado de alto brilho	70%
	3571	Luminária quadrada de sobrepor para 4 lâmpadas T8 de 16W. Corpo e aletas planas em chapa de aço tratada com acabamento em pintura eletrostática epóxi-pó na cor branca. Refletor em alumínio anodizado de alto brilho	73%
	3105	Luminária quadrada de sobrepor para 4 lâmpadas T5 de 14W ou 4 lâmpadas T8 de 16W. Corpo / refletor em chapa de aço tratada com acabamento em pintura eletrostática epóxi-pó na cor branca. Difusor em acrílico leitoso ou acrílico pontilhado.	62%

Fonte: Catálogo técnico virtual disponível em: <http://www.itaimiluminacao.com.br/catalogo>, Acesso em 30 de janeiro de 2013.

As lâmpadas e reatores selecionados para serem utilizados neste estudo são de dois fabricantes: Itaim e Osram. A Tabela 3 abaixo relaciona as lâmpadas utilizadas e suas características relevantes para este estudo.

Tabela 3 – Lâmpadas utilizadas.

Produto	Fluxo luminoso (lúmen)	Vida útil (horas)	Fabricante
LumenPlus T5 – 28W	2600	10.000	Itaim Iluminação
LumenPlus T8 – 32W	2700	10.000	Itaim Iluminação
LumenPlus T5 – 14W	1200	10.000	Itaim Iluminação
LumenPlus T8 – 16W	1200	10.000	Itaim Iluminação
LUMILUX T5 HE – 28W	2900	13.000	Osram
T8 F0 – 32W	2700	13.000	Osram
LUMILUX T5 HE – 14W	1350	13.000	Osram
T8 F0 – 16W	1200	13.000	Osram

Catálogo técnico virtual disponível em: <http://www.itaimiluminacao.com.br/catalogo>, e [http://www.osram.com.br/osram\\_br/Ferramentas\\_%26\\_Catlogos/Downloads/Iluminacao\\_Geral/Catalogo\\_Geral\\_2011-2012/index.html](http://www.osram.com.br/osram_br/Ferramentas_%26_Catlogos/Downloads/Iluminacao_Geral/Catalogo_Geral_2011-2012/index.html). Acesso em 30 de janeiro de 2013.

A Tabela 4 abaixo relaciona os tipos de reatores utilizados neste estudo, a potência de funcionamento do sistema lâmpada/reator e a vida mediana dos reatores.

Tabela 4 – Reatores utilizados

Produto	Potência do Sistema Lâmpada/reator (W)	Vida Mediana (horas)	Fabricante
RIP – Para 2x14W	33	50.000	Itaim Iluminação
RIP – Para 2x16W	33	50.000	Itaim Iluminação
RIP – Para 2x28W	66	50.000	Itaim Iluminação
RIP – Para 2x32W	81	50.000	Itaim Iluminação
QTi 2x14 DIM	31	50.000	Osram
QTi 2x28 DIM	61	50.000	Osram
RTA 2x16W	38	50.000	Osram
RTA 2x32W	69	50.000	Osram

Catálogo técnico virtual disponível em: <http://www.itaimiluminacao.com.br/catalogo>, e [http://www.osram.com.br/osram\\_br/Ferramentas\\_%26\\_Catlogos/Downloads/Iluminacao\\_Geral/Catalogo\\_Geral\\_2011-2012/index.html](http://www.osram.com.br/osram_br/Ferramentas_%26_Catlogos/Downloads/Iluminacao_Geral/Catalogo_Geral_2011-2012/index.html). Acesso em 30 de janeiro de 2013.

### **3.2. Variáveis utilizadas na análise de custo do ciclo de vida do sistema de iluminação artificial de escritórios abertos.**

Neste estudo específico não contabilizaremos no custo do ciclo de vida dos sistemas de iluminação artificial os valores representativos de A (água), por se tratar de um sistema que não utiliza tal produto, e OM&R (operação, manutenção e reparo do projeto/sistema) por percebermos que as empresas de modo geral não apresentam um plano de manutenção destes sistemas, sendo as rotinas de reparo eventos pontuais. Portanto foram consideradas nesta análise as variáveis I (custo inicial do investimento), Repl (reposição relacionado ao sistema), Res (Valor residual) e E (energia).

Para cálculo dos valores das variáveis de Reposição (Repl) e Residual (Res) foi utilizado o SPV (Valor Presente Simples) uma vez que estes eventos ocorrem especificamente em um único momento futuro. Para o cálculo do Custo da Energia utilizou-se o UPV (Valor Presente Uniforme com reajuste anual preço).

A equação 2 apresentada a seguir descreve os custos envolvidos na apuração do Custo de Ciclo de Vida (LCC) dos sistemas de iluminação artificial estudados.

$$LCC = I + Repl - Res + E$$

Equação 2

Onde:

LCC é a totalização dos custos da alternativa tendo como referência o valor presente;

I é o valor presente do custo inicial do investimento;

Repl é o valor presente do custo de reposição relacionado ao projeto/sistema;

Res é o valor presente relacionado ao valor residual projeto/sistemas;

E é o valor presente relacionado ao custo de energia;

#### *3.2.1. Tempo de vida do estudo*

Para a elaboração da análise de Custo do Ciclo de Vida (LCC) necessita-se estabelecer um horizonte de estudo. Neste estudo de caso adotamos 3 cenários de tempo. São eles 5, 10 e 20 anos.

#### *3.2.2. Taxa de Desconto*

Taxas de desconto são usadas para determinar o valor atual do dinheiro pago ou recebido em algum momento futuro. A taxa de desconto será aplicada para a caracterização do valor presente das variáveis trabalhadas no LCC. A taxa de desconto adotada neste estudo foi determinada tendo como base a taxa interna de retorno (TIR) mínima aceitável por um investidor do mercado da construção civil. Sendo assim a taxa de desconto adotada neste estudo foi de 8% ao ano. (REVISTA CONTRUÇÃO MERCADO, OUTUBRO 2009).

#### *3.2.3. Custo inicial*

Para a determinação do custo inicial dos sistemas de iluminação estudados foi contabilizado o valor do conjunto lâmpada/luminária/reator somado do custo de instalação dos pontos de iluminação. O custo lâmpada/luminária/reator foi levantado por cotação direta no mercado, o valor do custo de instalação dos pontos de luz foi retirado da Planilha Referencial de Preços Unitários para Obras de Edificação e Infraestrutura SETOP Central (SETOP CENTRAL, DEZEMBRO 2012).

#### *3.2.4. Custo de reposição*

Equipamentos e sistemas apresentam desgastes de ordem física e/ou operacional ao longo de suas vidas. Esta obsolescência na maioria das vezes pode ser estimada com base na vida útil dos sistemas/equipamentos fornecida pelos próprios fabricantes.

Com base na vida útil das lâmpadas e reatores fornecida pelos fabricantes estimou-se para esta análise a necessidade ou não de reposição destes itens ao longo dos tempos definidos de estudo. O custo de reposição destes itens foi definido como sendo o custo de substituição da lâmpada e da mão de obra necessária para reposição do produto, sendo estes valores estabelecidos respectivamente no mercado e pela Planilha Referencial de Preços Unitários para Obras de Edificação e Infraestrutura SETOP Central (SETOP CENTRAL, DEZEMBRO 2012).

### 3.2.5. Valor residual

O valor residual de um produto corresponde ao valor depreciado deste produto ao longo de um período de tempo subtraído do custo de descarte deste produto.

A estimativa do valor residual teve como base o conceito de depreciação utilizado pela contabilidade. Entende-se por depreciação a alocação sistemática do valor depreciável de um ativo ao longo da sua vida útil, ou seja, o registro da redução do valor dos bens pelo desgaste ou perda de utilidade por uso, ação da natureza ou obsolescência.

Neste estudo a base de cálculo da depreciação tomou como referência o custo inicial do sistema de iluminação artificial. A taxa de depreciação adotada foi de 10% ao ano, a mesma utilizada contabilmente para máquinas e equipamentos.

Para este estudo a estimativa do custo de descarte do sistema luminária/lâmpada/reator do produto foi referenciado no valor de remoção de pontos de iluminação da Planilha Referencial de Preços Unitários para Obras de Edificação e Infraestrutura SETOP Central (SETOP CENTRAL, DEZEMBRO 2012).

### 3.2.6. Custo da Energia em kWh

O valor do kWh adotado neste estudo esta referenciado no valor do kWh praticado pela concessionária de energia CEMIG, tarifa B3. O valor adotado do R\$/kWh corresponde a R\$0,30891. A taxa adotada de correção anual do valor da energia foi de 5% ao ano (Nota Técnica – Dieese, 2007). Para dimensionamento do custo anual de energia dos ambientes foi adotada uma rotina de uso de 10 horas diárias.

## 3.3. Síntese e apuração das variáveis

Para cada sistema lâmpada/luminária/reator descrito neste trabalho foi elaborada uma ficha síntese para apuração do custo do ciclo de vida da solução. Esta síntese foi desenvolvida para os 3 cenários de tempo do estudo, a saber 5, 10 e 20 anos. Dentro dos cenários o sistema de iluminação que apresentar menor LCC é considerado o sistema referência de melhor custo e eficiência. A seguir apresenta-se a ficha modelo adotada na análise.


DESCRITIVO: CONJUNTO 3005 PARA 2X28W - LAMPADA LumenPlus T5 - REATOR RIP ESCRITÓRIO - 8X6M							
CARACTERIZAÇÃO	Custo Inicial				R\$ 0,00		
	Data de Início de projeto				2013		
	Tempo de vida da análise (ANOS)				5		
	Taxa de Desconto				0,08		
	Calendário de substituição LAMPADA				10.000 HORAS		
	Calendário de substituição REATOR				50.000 HORAS		
	Valor residual				R\$ 0,00		
	Preço da Energia(KWh)				R\$ 0,309		
	Preço da Energia REAJUSTE ANO				0,05		
	SISTEMA 1						
DIAGRAMA DO FLUXO DE CAIXA							
FORMULA LIFE CYCLE COST	$LCC = I_0 + Repl - Res + E + W + OM\&R$						
	LCC = Life Cycle Cost						
	$I_0$ = custo inicial do investimento						
	Repl= valor presente do custo de reposição do equipamento						
	Res = valor presente residual						
	E= valor presente do custo da energia						
	W= valor presente do custo da água						
OM&R = valor presente do custo com operação, manutenção e reparo.							
CASO BASE	INVESTIMENTO	$I_0 =$	R\$ 2.404,00	ATUAL	0	R\$ 2.404,00	
		Repl=	195,8	4,73	SPV		R\$ 136,06
		Res =	R\$ 1.345,34	5	SPV		R\$ 915,61
	OPERAÇÃO	E=	R\$ 430,58	ANUAL	NUPV		R\$ 1.980,01
		W=	R\$ 0,00	ANUAL	UPV		
		OM&R =	R\$ 0,00	ANUAL	UPV		
	<b>LCC =</b>					<b>R\$ 3.604,45</b>	

Figura 1 – Imagem ficha modelo Síntese LCC

Uma vez apurado o custo do ciclo de vida de cada sistema dentro dos cenários de estudo, estabelece-se uma métrica para constituição do *rank* de melhor relação custo/eficiência. O *rank* é criado em função das diferenças percentuais apontadas entre o LCC do sistema estudado e o LCC do sistema de melhor relação custo/eficiência. O cálculo da diferença percentual é apresentado na equação 3 a seguir.

$$\text{Dif \%} = (\text{LCC atual/LCC ref} - 1) \times 100$$

Equação 3

Onde:

Dif % é a diferença percentual entre o LCC do sistema estudado e o LCC do sistema de melhor relação custo/eficiência;

LCC atual é o custo do ciclo de vida do sistema de iluminação estudado;

LCC ref é o custo do ciclo de vida do sistema de iluminação de melhor custo/eficiência;

Quanto menor a diferença percentual mais próximo o sistema de iluminação encontra-se do sistema de melhor custo/eficiência. Foi estabelecido o *rank* de 1 a 12, sendo 1 o valor dado ao sistema de melhor custo/eficiência e 12 o valor dado ao de pior custo/eficiência.

#### 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

A Tabela 5 apresenta os sistemas de iluminação utilizados neste estudo e o dimensionamento inicial do projeto para atendimento a NBR ISO/CIE 8995-1:2013.

Tabela 5- Dimensionamento dos Sistemas de Iluminação para os vários portes de ambiente tendo como base a NBR ISO/CIE 8995-1:2013.

	COJUNTO LAMPADA LUMINÁRIA REATOR	QUANT. LUMINARIA S 8X6m	ILUMINANCIA MEDIA AMBIENTE 8X6m (LUX)	QUANT. LUMINARIA S 25X20m	ILUMINANCIA MEDIA AMBIENTE 25X20m	QUANT. LUMINARIA S 50X40m	ILUMINANCIA MEDIA AMBIENTE 50X40m
1	CONJUNTO 3005 PARA 2X28W - LAMPADA LumenPlus T5 - REATOR RIP	10	503	90	532	342	526
2	CONJUNTO 3180 PARA 2X 32W LAMPADA LumenPlus T8 - REATOR RIP	10	513	90	560	323	530
3	CONJUNTO 3690 PARA 4X14W LAMPADA LumenPlus T5 - REATOR RIP	12	538	99	532	374	524
4	CONJUNTO 3571 PARA 4X16W LAMPADA LumenPlus T8 - REATOR RIP	12	557	99	547	360	525
5	CONJUNTO 3105 PARA 4X14W LAMPADA LumenPlus T5 - REATOR RIP	15	564	120	553	437	537
6	CONJUNTO 3105 PARA 4X16W LAMPADA LumenPlus T8 - REATOR RIP	15	552	120	544	437	520
7	CONJUNTO 3005 PARA 2X28W - LAMPADA LUMILUX T5 HE - REATOR	10	561	81	534	306	525
8	CONJUNTO 3180 PARA 2X 32W LAMPADA T8 F0 - REATOR RTA	10	513	90	560	323	530
9	CONJUNTO 3690 PARA 4X14W LAMPADA LUMILUX T5 HE - REATOR Qti	10	504	88	532	336	530
10	CONJUNTO 3571 PARA 4X16W LAMPADA T8 F0 - REATOR RTA	12	557	99	547	360	525
11	CONJUNTO 3105 PARA 4X14W LAMPADA LUMILUX T5 HE - REATOR Qti	12	508	99	513	437	537
12	CONJUNTO 3105 PARA 4X16W LAMPADA T8 F0 - REATOR RTA	15	552	120	544	437	520

Observa-se analisando a Tabela 5 que a escolha da tipologia de luminária/lâmpadas/reactores utilizados interfere significativamente na quantidade necessária de dispositivos para atendimento a iluminância de projeto. Temos uma diferença no número de luminárias que pode chegar a 50% em ambientes menores, 48% em ambientes médios e 42% em ambientes de grande porte.

Tabela 6 – Custos Iniciais de implantação dos sistemas de Iluminação Estudados

	COJUNTO LAMPADA LUMINÁRIA REATOR	CUSTO INICIAL AMBIENTE 8X6m (LUX)	CUSTO INICIAL AMBIENTE 25X20m	CUSTO INICIAL AMBIENTE 50X40m
1	CONJUNTO 3005 PARA 2X28W - LAMPADA LumenPlus T5 - REATOR RIP	R\$ 2.404,00	R\$ 21.636,00	R\$ 82.216,80
2	CONJUNTO 3180 PARA 2X 32W LAMPADA LumenPlus T8 - REATOR RIP	R\$ 2.466,60	R\$ 22.199,40	R\$ 79.671,18
3	CONJUNTO 3690 PARA 4X14W LAMPADA LumenPlus T5 - REATOR RIP	R\$ 4.301,88	R\$ 35.490,51	R\$ 134.075,26
4	CONJUNTO 3571 PARA 4X16W LAMPADA LumenPlus T8 - REATOR RIP	R\$ 3.804,12	R\$ 31.383,99	R\$ 114.123,60
5	CONJUNTO 3105 PARA 4X14W LAMPADA LumenPlus T5 - REATOR RIP	R\$ 5.180,40	R\$ 41.443,20	R\$ 150.922,32
6	CONJUNTO 3105 PARA 4X16W LAMPADA LumenPlus T8 - REATOR RIP	R\$ 4.523,40	R\$ 36.187,20	R\$ 131.781,72
7	CONJUNTO 3005 PARA 2X28W - LAMPADA LUMILUX T5 HE - REATOR Qti	R\$ 2.585,00	R\$ 20.938,50	R\$ 79.101,00
8	CONJUNTO 3180 PARA 2X 32W LAMPADA T8 F0 - REATOR RTA	R\$ 2.536,90	R\$ 22.832,10	R\$ 81.941,87
9	CONJUNTO 3690 PARA 4X14W LAMPADA LUMILUX T5 HE - REATOR Qti	R\$ 3.872,70	R\$ 34.079,76	R\$ 130.122,72
10	CONJUNTO 3571 PARA 4X16W LAMPADA T8 F0 - REATOR RTA	R\$ 3.939,72	R\$ 32.502,69	R\$ 118.191,60
11	CONJUNTO 3105 PARA 4X14W LAMPADA LUMILUX T5 HE - REATOR Qti	R\$ 4.489,68	R\$ 37.039,86	R\$ 163.499,18
12	CONJUNTO 3105 PARA 4X16W LAMPADA T8 F0 - REATOR RTA	R\$ 4.698,90	R\$ 37.591,20	R\$ 136.894,62

Observa-se, analisando a Tabela 6 acima, um custo de implantação também bastante diversificado. Como fruto da escolha das tipologias lâmpada/reator/luminária chega-se a ter uma diferença de custo inicial de implantação do sistema para pequenos ambientes de até 115%, para ambientes de médio porte de até 97% e para ambientes de grande porte de até 106%. É interessante perceber que os conjuntos que apresentam custos mais elevados são muito comumente encontrados nas soluções de escritórios abertos uma vez que apresentam uma solução harmônica com forros modulares quadrados. Observou-se que os valores elevados destas soluções estão associados á necessidade de maior número de luminárias devido ao baixo rendimento das mesmas aliado a maior quantidade de lâmpadas que se fazem necessárias pela tipologia da luminária. Soma-se a isto o fato que a diferenciação de custo entre lâmpadas de 28/32W e 14/16W é pouco expressiva no mercado atual.

Tabela 7– Custo anual em kWh dos Sistemas de Iluminação Estudados

	COJUNTO LAMPADA LUMINÁRIA REATOR	CUSTO ANUAL DE ENERGIA DO SISTEMA AMBIENTE 8X6m	CUSTO ANUAL DE ENERGIA DO SISTEMA AMBIENTE 25X20m	CUSTO ANUAL DE ENERGIA DO SISTEMA AMBIENTE 50X400m
1	CONJUNTO 3005 PARA 2X28W - LAMPADA LumenPlus T5 - REATOR RIP	R\$ 430,58	R\$ 3.875,24	R\$ 14.725,90
2	CONJUNTO 3180 PARA 2X 32W LAMPADA LumenPlus T8 - REATOR RIP	R\$ 528,44	R\$ 4.755,97	R\$ 17.068,66
3	CONJUNTO 3690 PARA 4X14W LAMPADA LumenPlus T5 - REATOR RIP	R\$ 516,70	R\$ 4.262,76	R\$ 16.103,76
4	CONJUNTO 3571 PARA 4X16W LAMPADA LumenPlus T8 - REATOR RIP	R\$ 516,70	R\$ 4.262,76	R\$ 15.500,95
5	CONJUNTO 3105 PARA 4X14W LAMPADA LumenPlus T5 - REATOR RIP	R\$ 645,87	R\$ 5.166,98	R\$ 18.816,43
6	CONJUNTO 3105 PARA 4X16W LAMPADA LumenPlus T8 - REATOR RIP	R\$ 645,87	R\$ 5.166,98	R\$ 18.816,43
7	CONJUNTO 3005 PARA 2X28W - LAMPADA LUMILUX T5 HE - REATOR Qti	R\$ 397,96	R\$ 3.223,49	R\$ 12.177,64
8	CONJUNTO 3180 PARA 2X 32W LAMPADA T8 F0 - REATOR RTA	R\$ 450,15	R\$ 4.051,38	R\$ 14.539,97
9	CONJUNTO 3690 PARA 4X14W LAMPADA LUMILUX T5 HE - REATOR Qti	R\$ 404,49	R\$ 3.559,48	R\$ 13.590,73
10	CONJUNTO 3571 PARA 4X16W LAMPADA T8 F0 - REATOR RTA	R\$ 594,99	R\$ 4.908,63	R\$ 17.849,58
11	CONJUNTO 3105 PARA 4X14W LAMPADA LUMILUX T5 HE - REATOR Qti	R\$ 485,38	R\$ 4.004,41	R\$ 17.676,04
12	CONJUNTO 3105 PARA 4X16W LAMPADA T8 F0 - REATOR RTA	R\$ 743,73	R\$ 5.949,86	R\$ 21.667,40

Observa-se na análise da Tabela 7 que a escolha do sistema lâmpada/reator/luminária impacta ainda de forma significativa no custo anual de energia. Para ambientes de pequeno porte esta diferenciação chega a 87%, para os ambientes de médio porte chega a 84% e para ambientes de grande porte chega a 78%.

Segue abaixo nas Tabelas 8, 9 e 10 a síntese das informações de custo de ciclo de vida dos sistemas de iluminação artificial apuradas ao longo dos períodos de 5 anos, 10 anos e 20 anos.

Tabela 8 – Tabela Síntese espaços de pequeno porte.

	CONJUNTO LAMPADA LUMINÁRIA REATOR	AMBIENTE 8X6M								
		LCC 5 ANOS (R\$)	DIF. %	RANK	LCC 10 ANOS (R\$)	DIF. %	RANK	LCC 20 ANOS (R\$)	DIF. %	RANK
1	CONJUNTO 3005 PARA 2X28W - LAMPADA LumenPlus T5	R\$ 3.604,45	10,62%	2	R\$ 5.980,58	29,00%	2	R\$ 9.190,56	29,33%	2
2	CONJUNTO 3180 PARA 2X 32W LAMPADA LumenPlus T8	R\$ 4.078,55	25,17%	4	R\$ 6.851,34	47,78%	4	R\$ 10.693,32	50,48%	6
3	CONJUNTO 3690 PARA 4X14W LAMPADA LumenPlus T5 -	R\$ 5.111,69	56,88%	6	R\$ 7.113,03	53,42%	6	R\$ 10.551,62	48,49%	5
4	CONJUNTO 3571 PARA 4X16W LAMPADA LumenPlus T8 -	R\$ 4.943,91	51,73%	7	R\$ 8.064,00	73,94%	7	R\$ 12.096,70	70,23%	7
5	CONJUNTO 3105 PARA 4X14W LAMPADA LumenPlus T5 -	R\$ 6.215,50	90,76%	10	R\$ 8.403,52	81,26%	9	R\$ 12.508,50	76,02%	9
6	CONJUNTO 3105 PARA 4X16W LAMPADA LumenPlus T8 -	R\$ 6.041,28	85,41%	11	R\$ 9.885,67	113,23%	11	R\$ 14.895,16	109,61%	11
7	CONJUNTO 3005 PARA 2X28W - LAMPADA LUMILUX T5	R\$ 3.258,32		1	R\$ 4.636,21		1	R\$ 7.106,11		1
8	CONJUNTO 3180 PARA 2X 32W LAMPADA T8 F0 -	R\$ 3.637,88	11,65%	3	R\$ 6.182,71	33,36%	3	R\$ 9.581,03	34,83%	3
9	CONJUNTO 3690 PARA 4X14W LAMPADA LUMILUX T5	R\$ 4.226,86	29,72%	5	R\$ 7.046,16	51,98%	5	R\$ 10.466,60	47,29%	4
10	CONJUNTO 3571 PARA 4X16W LAMPADA T8 F0 -	R\$ 5.153,05	58,15%	9	R\$ 8.756,99	88,88%	10	R\$ 13.428,81	88,98%	10
11	CONJUNTO 3105 PARA 4X14W LAMPADA LUMILUX T5	R\$ 4.977,99	52,78%	8	R\$ 8.323,28	79,53%	8	R\$ 12.406,47	74,59%	8
12	CONJUNTO 3105 PARA 4X16W LAMPADA T8 F0 -	R\$ 6.306,28	93,54%	12	R\$ 10.756,94	132,02%	12	R\$ 16.566,15	133,13%	12



Tabela 9 – Tabela Síntese espaços de Médio Porte

		AMBIENTE 25X20M								
CONJUNTO LAMPADA LUMINÁRIA REATOR		LCC 5 ANOS (R\$)	DIF. %	RANK	LCC 10 ANOS (R\$)	DIF. %	RANK	LCC 20 ANOS (R\$)	DIF. %	RANK
1	CONJUNTO 3005 PARA 2X28W - LAMPADA LumenPlus T5 - REATOR	R\$ 31.719,78	15,68%	3	R\$ 50.236,89	12,58%	3	R\$ 77.200,71	12,87%	3
2	CONJUNTO 3180 PARA 2X 32W LAMPADA LumenPlus T8 - REATOR	R\$ 35.095,02	27,99%	4	R\$ 54.810,72	22,83%	4	R\$ 85.546,54	25,07%	4
3	CONJUNTO 3690 PARA 4X14W LAMPADA LumenPlus T5 - REATOR RIP	R\$ 42.859,81	56,31%	8	R\$ 64.728,56	45,05%	7	R\$ 96.019,76	40,39%	7
4	CONJUNTO 3571 PARA 4X16W LAMPADA LumenPlus T8 - REATOR RIP	R\$ 40.027,44	45,98%	6	R\$ 61.151,97	37,04%	6	R\$ 91.733,28	34,12%	6
5	CONJUNTO 3105 PARA 4X14W LAMPADA LumenPlus T5 - REATOR RIP	R\$ 50.759,06	85,12%	10	R\$ 75.631,69	69,49%	10	R\$ 112.576,46	64,59%	11
6	CONJUNTO 3105 PARA 4X16W LAMPADA LumenPlus T8 - REATOR	R\$ 47.115,93	71,84%	11	R\$ 71.176,86	59,51%	11	R\$ 107.245,19	56,80%	10
7	CONJUNTO 3005 PARA 2X28W - LAMPADA LUMILUX T5 HE - REATOR	R\$ 27.419,23		1	R\$ 44.623,48		1	R\$ 68.396,27		1
8	CONJUNTO 3180 PARA 2X 32W LAMPADA T8 F0 - REATOR RTA	R\$ 31.639,98	15,39%	2	R\$ 49.461,71	10,84%	2	R\$ 76.648,27	12,06%	2
9	CONJUNTO 3690 PARA 4X14W LAMPADA LUMILUX T5 HE - REATOR	R\$ 37.054,67	35,14%	5	R\$ 59.187,78	32,64%	5	R\$ 87.919,45	28,54%	5
10	CONJUNTO 3571 PARA 4X16W LAMPADA T8 F0 - REATOR RTA	R\$ 41.703,74	52,10%	7	R\$ 66.407,15	48,82%	8	R\$ 101.835,14	48,89%	8
11	CONJUNTO 3105 PARA 4X14W LAMPADA LUMILUX T5 HE - REATOR	R\$ 41.068,39	49,78%	9	R\$ 68.667,09	53,88%	9	R\$ 102.353,39	49,65%	9
12	CONJUNTO 3105 PARA 4X16W LAMPADA T8 F0 - REATOR RTA	R\$ 49.164,34	79,31%	12	R\$ 77.449,99	73,56%	12	R\$ 119.276,28	74,39%	12

Tabela 10 – Tabela Síntese espaços de Grande Porte

		AMBIENTE 50X40M								
CONJUNTO LAMPADA LUMINÁRIA REATOR		LCC 5 ANOS (R\$)	DIF. %	RANK	LCC 10 ANOS (R\$)	DIF. %	RANK	LCC 20 ANOS (R\$)	DIF. %	RANK
1	CONJUNTO 3005 PARA 2X28W - LAMPADA LumenPlus T5 -	R\$ 116.063,29	18,43%	3	R\$ 192.574,74	16,19%	3	R\$ 295.936,06	16,49%	3
2	CONJUNTO 3180 PARA 2X 32W LAMPADA LumenPlus T8 -	R\$ 121.948,73	24,43%	4	R\$ 204.855,07	23,60%	4	R\$ 319.730,18	25,86%	4
3	CONJUNTO 3690 PARA 4X14W LAMPADA LumenPlus T5 -	R\$ 154.254,44	57,40%	9	R\$ 249.667,32	50,63%	9	R\$ 370.361,91	45,79%	8
4	CONJUNTO 3571 PARA 4X16W LAMPADA LumenPlus T8 -	R\$ 138.429,62	41,25%	6	R\$ 225.791,90	36,23%	5	R\$ 338.707,49	33,33%	6
5	CONJUNTO 3105 PARA 4X14W LAMPADA LumenPlus T5 -	R\$ 178.689,85	82,33%	12	R\$ 289.921,50	74,92%	11	R\$ 431.543,10	69,87%	11
6	CONJUNTO 3105 PARA 4X16W LAMPADA LumenPlus T8 -	R\$ 166.739,30	70,14%	10	R\$ 272.844,61	64,62%	10	R\$ 411.106,55	61,83%	10
7	CONJUNTO 3005 PARA 2X28W - LAMPADA LUMILUX T5 HE -	R\$ 98.002,29		1	R\$ 165.744,36		1	R\$ 254.043,29		1
8	CONJUNTO 3180 PARA 2X 32W LAMPADA T8 F0 - REATOR	R\$ 108.772,75	10,99%	2	R\$ 184.863,15	11,54%	2	R\$ 286.472,92	12,77%	2
9	CONJUNTO 3690 PARA 4X14W LAMPADA LUMILUX T5 HE -	R\$ 137.372,81	40,17%	5	R\$ 229.000,33	38,16%	6	R\$ 330.182,73	29,97%	5
10	CONJUNTO 3571 PARA 4X16W LAMPADA T8 F0 - REATOR	R\$ 144.285,27	47,23%	7	R\$ 245.195,64	47,94%	7	R\$ 376.006,66	48,01%	9
11	CONJUNTO 3105 PARA 4X14W LAMPADA LUMILUX T5 HE -	R\$ 148.095,10	51,11%	8	R\$ 247.617,69	49,40%	8	R\$ 369.092,51	45,29%	7
12	CONJUNTO 3105 PARA 4X16W LAMPADA T8 F0 - REATOR	R\$ 174.053,34	77,60%	11	R\$ 296.891,65	79,13%	12	R\$ 457.225,74	79,98%	12

Observamos analisando as Tabelas 8, 9 e 10 acima a existência de um *rank* que pouco se altera ao longo do aumento do período de estudo bem como quando ampliamos a dimensão do espaço.

Observa-se que os sistemas de iluminação que apresentam os menores LCC, ou seja, os menores custos ao longo do tempo de vida do estudo são os que trabalham com luminárias retangulares com 2 lâmpadas (itens 1, 2, 7 e 8). Os sistemas com maiores LCC, ou seja, com maiores custos ao longo do ciclo de vida do sistema são os que trabalham com luminárias quadradas com 4 lâmpadas.

Quando comparamos os itens do topo do *rank* percebemos que a tecnologia adotada para a lâmpada do item 7 (maior fluxo luminoso aliado ao maior tempo de vida útil) faz com que este sistema apresente uma vantagem competitiva em relação aos demais. Observamos também que a diferença percentual entre a posição 1 e 2 do *rank* diminui quando aumentamos o tamanho do espaço estudado.

Os sistemas de iluminação com maiores LCC são os que apresentam luminárias quadradas com lâmpadas de 16W e difusor acrílico. Observamos que o baixo rendimento destas luminárias cria a necessidade de um número maior das mesmas causando um impacto em cadeia em toda a análise do ciclo de vida do sistema. Quando comparada com o sistema de menor LCC chegamos a diferenças da ordem de 130% para espaços de pequeno porte. Observa-se também que este valor cai sensivelmente à medida que aumentamos o tamanho do ambiente em análise, passando esta diferença para 75% aproximadamente.

Quando analisamos comparativamente luminárias iguais com tecnologias de lâmpadas/reatores diferentes observamos que as diferenças existentes no tempo de vida útil dos equipamentos que são representadas pelo custo de substituição (Repl) não impactam na alteração do *rank* de LCC acima mostrado.

Para os sistemas indicados neste estudo com maiores LCC evidenciamos na análise do cenário de 5 anos que independentemente da dimensão do ambiente os custos de Operação do Sistema (Energia) não superam os custos de Investimento (Investimento Inicial, Substituição, Valor Residual). Este fato só se inverterá a partir da análise de LCC para o cenário de 10 anos. Observa-se assim que quanto menor o tempo de estudo maior o peso do custo inicial do investimento no cálculo do custo do ciclo de vida.

Para os sistemas indicados neste estudo com menores LCC, observou-se que os custos de Operação do Sistema (Energia) superam os custos de Investimento (Investimento Inicial, Substituição, Valor Residual) já a partir do período de análise de 5 anos.

## 5. CONCLUSÕES

Observou-se dentro do contexto deste estudo que as decisões de projeto são bastante relevantes uma vez que definem o padrão de investimento e operação de sistemas prediais ao longo de sua vida. Demonstrou-se no presente estudo que sistemas de iluminação artificial para edifícios de escritório de planta aberta podem apresentar uma gama de soluções bastante diversificada para atendimento aos requisitos de iluminância média. E que estes sistemas apresentam custos de Investimento e Operação bastante diversificados, colocando assim, na mão dos profissionais uma responsabilidade significativa quanto ao padrão de consumo futuro dos ambientes.

Ficou evidenciado que ao se aliar custo e eficiência tecnológica para o caso de sistemas de iluminação artificial obtêm-se sistemas de baixo LCC. Verificou-se ainda que soluções de sistemas de iluminação artificial com altos LCC estão associadas a luminárias de baixo rendimento. Assim, a decisão pela seleção e implementação dos sistemas prediais não pode ser influenciada unicamente pelo custo inicial de sua aquisição, devendo também considerar os custos de reposição, operação, desativação e, até mesmo, os custos não monetários relacionados ao impacto na saúde e produtividade. Estas últimas variáveis citadas não foram tratadas neste estudo pela dificuldade de encontrar pesquisas que equacionem o impacto para o usuário neste tipo de análise. Ressalta-se, no entanto, a sua importância uma vez que acredita-se que a variável humana possui grande peso nos custos do ciclo de vida das edificações.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013** – Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- BRASIL. MME- Ministério das Minas e Energia. **Balanco Energético**, 2010.
- BRASIL. PROCEL EDIFICA Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Disponível em: <<http://www.eletrobras.com/elb/main.asp?ViewID={F9A71E97-D6DA-4EB4-84DF-1097E8EC081D}>> Acesso em: 10 de março de 2012.
- Catálogo Geral 2011 - OSRAM. Disponível em: <[http://www.osram.com.br/osram\\_br/Ferramentas\\_%26\\_Catlogos/Downloads/Iluminacao\\_Geral/Catalogo\\_Geral\\_2011-2012/index.html](http://www.osram.com.br/osram_br/Ferramentas_%26_Catlogos/Downloads/Iluminacao_Geral/Catalogo_Geral_2011-2012/index.html)>. Acesso em 30 de janeiro de 2013.
- Catálogo Itaim Iluminação. Disponível em: <<http://www.itaimiluminacao.com.br/catalogo>>. Acesso em 30 de janeiro de 2013.
- DEPRECIÇÃO CONTÁBIL SEGUNDO OS CRITÉRIOS DA LEI Nº 11.638/2007. Disponível em: <[http://www.portaldecontabilidade.com.br/tematicas/depreciacao\\_lei11638.htm](http://www.portaldecontabilidade.com.br/tematicas/depreciacao_lei11638.htm)>. Acesso em 29 de janeiro de 2013.
- GELLER, H.S. **O uso eficiente da eletricidade: uma estratégia de desenvolvimento para o Brasil**. Rio de Janeiro: INEE- Instituto Nacional de Eficiência Energética, 1994. 233p.
- GOLDEMBERG, J. VILLANUEVA, L. D. **Energia, meio ambiente e desenvolvimento**. 2. ed. São Paulo: Edusp, 2003.
- IEA (International Energy Agency) Task 21 / Annex 29: Daylight in Buildings, Outubro 2000, 14 pp.
- IEO2011 – International Energy Outlook 2011. Disponível em: <[http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484\(2011\).pdf](http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484(2011).pdf)>. Acesso em 11 de março de 2012.
- LAY, G.; NIPPA, M. Management produktbegleitender Dienstleistungen: Konzepte und Praxisbeispiele für Technik, Organisation und Personal in serviceorientierten Industriebetrieben. Heidelberg: Physica-Verlag, 2005.
- MASCARÓ, J.; MASCARÓ, I. Incidência das variáveis projetivas e de construção no consumo energético dos edifícios. Porto Alegre: Sagra: De Luzzatto, 1992.
- MASCARÓ, Juan Luis. O Custo das decisões arquitetônicas. 5 ed, Porto Alegre: Masquatro Editora, 2010.
- MME (2008): “Regulamentação para Etiquetagem Voluntária do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos”,
- NIST Handbook 135, 1995. Disponível em: <<http://www.bfrl.nist.gov/oe/publications/handbooks/135.pdf>> Acesso em 29 de janeiro de 2013.
- Nota técnica: **As tarifas de energia elétrica no Brasil: sistemática de correção e evolução dos valores**. Disponível em: <http://www.dieese.org.br/notatecnica/notatec58TarifaEnergia.pdf> Acesso em 02 de fevereiro de 2013.
- Oportunidades Imobiliárias. Disponível em: <http://revista.construcaomercado.com.br/negocios-incorporacao-construcao/99/negocios-opportunidades-imobiliarias-153243-1.asp>. Acesso em 1/12/2012.
- PFNÜR, A. **Modernes Immobilien management: Facility-Management, Corporate-real-estate-Management und Real-estate-investment-Management**. 2. ed. Berlin: Springer, 2004.
- PLANILHA REFERENCIAL DE PREÇOS UNITÁRIOS PARA OBRAS DE EDIFICAÇÃO E INFRAESTRUTURA. Disponível em: <[http://www.transportes.mg.gov.br/downloads/precosetop/preco\\_setop\\_central.pdf](http://www.transportes.mg.gov.br/downloads/precosetop/preco_setop_central.pdf)>. Acesso em 29 de janeiro de 2013.
- Plano Nacional de Eficiência Energética. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/PlanoNacEfiEnergetica.pdf>>. Acesso em: 11 de março de 2012.
- RODRIGUES, P. **Manual de iluminação eficiente**: PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. 1.ed., 2002.
- ROMERO, Marcelo de A.. **Arquitetura, comportamento e energia: Análise do Desempenho energético em Edifícios de Escritório na cidade de São Paulo, utilizando-se procedimentos de avaliação pós-ocupação**. São Paulo, 1997.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à ELETROBRÁS pelo financiamento da pesquisa e à FAPEMIG pelos recursos financeiros para participação no evento.