

## Capítulo V

# Luminárias a Led na iluminação pública: características técnicas e viabilidade econômica

Por Roberto Sales\*

As luminárias a Led para iluminação pública (IP) já estão em uso em muitas cidades da Europa e da América do Norte. Projetos com investimentos de milhões de dólares têm sido feitos para mudar a iluminação tradicional com lâmpadas de descarga por luminárias a Leds, trazendo benefícios, como melhor qualidade na cor da luz para a população, além da almejada economia de energia elétrica com a redução do consumo.

No Brasil, o uso ainda é tímido. Alguns órgãos públicos, como o Departamento de Estradas de Rodagem (DER) de São Paulo têm instalado protótipos para avaliar suas vantagens e funcionamento em condições ambientais. Sem dúvida, as luminárias públicas a Led

chegaram para ficar e trazem muitas vantagens técnicas em relação às luminárias tradicionais. No entanto, como ainda é uma tecnologia nova, para um projeto a Led ser implantado são necessárias análises técnica e econômica para viabilizar o retorno do investimento na forma de recurso financeiro e/ou benefícios para a população.

### **Características técnicas e comparação com luminárias tradicionais**

A Tabela 1 mostra algumas características técnicas das luminárias a Led comparadas com as luminárias tradicionais que utilizam lâmpadas de descarga a vapor de sódio de alta pressão (VSAP) e lâmpadas a vapor de mercúrio (VM), sendo descritas cada uma delas.

**TABELA 1 - COMPARAÇÃO ENTRE LUMINÁRIAS TRADICIONAIS E LUMINÁRIAS A LED**

DESCRIÇÃO	LUMINÁRIAS TRADICIONAIS		LUMINÁRIAS A LED
	VSAP	VM	
1. Tecnologia	Consolidada – máximo desenvolvimento		Em início de desenvolvimento
2. Rendimento (lm/W)	140	100	90*
3. Índice de Reprodução de Cor (IRC)	25	80	>70
4. Tempo de vida útil (h)	24.000	18.000	50.000 – 100.000
5. Potência para iluminar	1	>1	<1
6. Intervalo de manutenção (ano)	4		>6**
7. Vida útil da luminária (ano)	12 anos		Mínimo de 12**
8. Controle de cor e potência	Não	Não	Sim
9. Utiliza mercúrio	sim	sim	Não

\* Já estão disponíveis no mercado brasileiro Leds com rendimento de 160 lm/W. Em breve serão lançados Leds com 206 lm/W.

\*\*Não existem dados confirmando este tempo. Estimativas apontam para maior tempo.

### **Tecnologia**

No tocante ao aspecto tecnológico, as luminárias tradicionais estão no apogeu do seu desenvolvimento e pouco tem sido acrescido nos últimos anos à sua eficiência energética ou tecnologia. Quanto às luminárias a Led, estas estão apenas no início de seu desenvolvimento tecnológico. Com o desenvolvimento dos Leds azuis, nos anos 1990, e o aumento da emissão de luz para a ordem de dezenas de lumens por watt, os Leds passaram a ser utilizados na arquitetura, para iluminação interior e exterior, e atualmente estão ganhando espaço na iluminação pública (IP).

### **Rendimento**

O rendimento das lâmpadas tradicionais a descarga utilizadas na IP no Brasil alcança no máximo 140 lúmens por watt (lm/W) para as lâmpadas a vapor de sódio de alta pressão (VSAP), dependendo da potência. As luminárias a Led são atualmente fabricadas com Leds, cujo rendimento é de 90 lm/W, sendo que já estão disponíveis no mercado Leds com rendimento de 160 lm/W.

Adicionalmente, as lâmpadas VM e Leds, por emitirem luz com menor comprimento de onda que as VSAP, alcançam no período noturno, até 36% mais rendimento luminoso que as de sódio, devido à visão humana ter sua curva de sensibilidade à luz deslocada da região escotópica ou diurna (com maior comprimento de onda de luz) para a região mesópica ou noturna (com menor comprimento de onda de luz).

### **Índice de reprodução de cor (IRC)**

Este índice indica a aparência da cor da luz, sendo sua escala de medida variando de 0 a 100. A lâmpada incandescente é a referência para comparação com outras fontes de luz, apresentando IRC de 100, que proporciona máxima fidelidade na reprodução das cores dos objetos iluminados. A lâmpada VSAP possui índice IRC baixo, em torno de 25, sendo a cor da sua luz amarelada. Os objetos iluminados por esta lâmpada não são vistos com suas cores originais, mais com tom amarelo e seus detalhes são menos reproduzidos.

Os Leds de alta potência têm IRC acima de 70, comparável às lâmpadas a vapor de mercúrio, proporcionando alta qualidade de iluminação, reproduzindo melhor as cores e os detalhes dos objetos iluminados.

### **Tempo de vida útil**

A vida útil das lâmpadas tradicionais esta associado à sua tecnologia de construção. As lâmpadas de maior tempo de vida útil são as de VSAP, que alcançam até 32.000 horas para as de potência de 1.000 W, as de potência de 400 W que são as mais utilizadas na IP atingem 24.000 horas. As lâmpadas de VM duram 18.000 horas e os Leds têm vida útil mínima de 50.000 horas, podendo atingir 100.000 horas. Esta variação no tempo de vida útil dos Leds está relacionada à temperatura de junção. Os catálogos dos fabricantes de Leds apresentam as características técnicas para temperatura

de junção de 25 °C, temperaturas acima deste valor reduzem seu tempo de vida útil e o fluxo luminoso emitido. De outra forma, quanto menor a temperatura de junção maior será sua vida útil e seu fluxo luminoso.

Os Leds, quando em funcionamento, produzem muito calor, sendo obrigatória a utilização de dissipador de calor para evitar que a temperatura de junção atinja valores acima de 125 °C ou ocorrerão danos permanentes, inutilizando o Led. Dependendo da temperatura atingida durante seu funcionamento, a vida útil do Led pode ser até menor que das lâmpadas tradicionais. Assim, para elevar ao máximo o tempo de vida útil dos Leds, é extremamente importante realizar uma boa dissipação térmica, procurando manter a temperatura da junção o mais próxima possível de 25 °C. Devido a isso, a luminária a Led deve ser capaz de dissipar o calor gerado nos Leds para o ambiente externo de forma eficaz.

É importante observar que a dissipação de calor é influenciada pela temperatura ambiente e pela circulação do ar na luminária. Um projeto para uso de luminárias a Led deve levar em consideração as variações de temperatura do ambiente. Em síntese, a vida útil dos Leds está relacionada à capacidade de a luminária dissipar para o meio ambiente o calor gerado na junção do Led. Um problema que o usuário enfrenta é o de não ter como verificar a temperatura na junção do Led, de outra forma, também não é informado pelos fabricantes, nos catálogos ou nas luminárias dados sobre as variações de temperatura a que estas podem ser submetidas sem que a vida útil do Led seja reduzida.

Existem lâmpadas a Led para IP, cujo uso é para substituição direta das lâmpadas tradicionais, mantendo a mesma luminária. No entanto, assim como nas luminárias a Led para IP, estas lâmpadas a Led não trazem a informação das condições de trabalho e variações de temperatura a que podem ser submetidas sem perda de vida útil. A substituição direta deve obrigatoriamente garantir que a luminária não prejudique a dissipação de calor do Led.

### **Potência para iluminar**

As luminárias a Led necessitam de menor demanda de energia para iluminar mesmas áreas que as luminárias tradicionais, tendo a vantagem de promover uma distribuição mais homogênea da luz. Em média, a redução no consumo de energia é de 50%. Luminárias tradicionais VSAP de 250 W podem ser substituídas por luminárias a Led de 112 W, dependendo do fabricante, sendo a redução de potência de 59%. Dessa forma, durante sua vida útil, são economizados 6.900 kWh. Considerando que o parque de IP do Brasil é composto por 15 milhões de luminárias tradicionais – em que 62,93% são VSAP e 31,84% são VM –, há um enorme potencial para economia de energia com o uso de luminárias a Led.

### **Intervalo de manutenção**

Das lâmpadas de descarga mais utilizadas na IP, as VSAP de 400 W são as que têm maior vida útil, 24.000 horas, alcançando seis anos de funcionamento. Algumas cidades realizam a troca das

lâmpadas em intervalo de manutenção de quatro anos para evitar a queima e o blecaute na iluminação. Para as luminárias a led, a vida útil é estimada no mínimo em 50.000 horas, correspondendo a aproximadamente 12,5 anos para uma utilização média de 11 horas por dia.

A utilização de luminárias a Led proporciona que o intervalo entre as manutenções seja maior, possibilitando a redução do custo com mão de obra e equipamentos de manutenção.

### **Vida útil da luminária**

A vida útil das luminárias tradicionais está relacionada à depreciação causada pela luz ultravioleta (UV) emitida, principalmente, pela lâmpada, por fatores ambientais e ataque de insetos atraídos pela luz UV. A Eletrobras informa que as luminárias tradicionais fechadas têm vida útil de 20 anos, no entanto, estas luminárias devem ser substituídas a cada 12 anos, pois após esse tempo seu rendimento cai abaixo de 70% do fluxo luminoso inicial, valor mínimo aceitável para rendimento das luminárias públicas, não sendo possível mesmo com manutenção adequada a recuperar o rendimento.

As luminárias a Led têm estimativa de vida útil maior que 12 anos devido a não emitirem UV e não atrair insetos, sendo sua depreciação menor que das luminárias tradicionais. Contudo, esse tempo não está confirmado pelo fato de as primeiras instalações terem poucos anos de utilização.

### **Controle de cor e potência**

As luminárias tradicionais necessitam de reatores que forneçam e controlem a corrente na lâmpada, no entanto, não permitem nenhum tipo de controle sobre ela. Alguns modelos de reatores eletrônicos estão sendo testados visando a proporcionar controle de potência das lâmpadas. Essa tecnologia é nova e cara, não sendo ainda difundida e utilizada na IP. O futuro da IP está no gerenciamento remoto que proporcionará controle da iluminação de áreas conforme a necessidade, ligando e desligando as luminárias, aumentando ou reduzindo o nível de iluminamento e alterando a cor da luz emitida, conferindo maior conforto ao público e favorecendo também a arquitetura ou conforme a utilização do ambiente. As luminárias a Leds, por utilizarem fontes de alimentação eletrônica, podem realizar essas funções.

### **Utilização de mercúrio**

A redução do impacto no meio ambiente é outra vantagem dos Leds. As lâmpadas de descarga utilizam em sua composição o mercúrio, produto químico tóxico. Se forem manuseadas e descartadas de maneira incorreta poluem o meio ambiente e contaminam o ser humano. As luminárias a Leds não oferecem este risco por não utilizarem o mercúrio na sua composição.

### **Custos associados aos sistemas de iluminação pública**

Em um sistema de iluminação pública pode-se destacar três custos que devem ser considerados para a realização de um

projeto: o custo com as luminárias, com o consumo de energia elétrica, com mão de obra e equipamento para a manutenção.

A simulação do impacto destes custos, para a tecnologia tradicional e de Led, é feita para a cidade de Curitiba (PR), que tem 131.206 luminárias públicas que utilizam as tecnologias VSAP e VM. Neste estudo, todas as luminárias da cidade serão consideradas de VSAP com vida útil de 24.000 horas. A potência das luminárias tradicionais e reatores são mostrados na Tabela 2 com suas respectivas luminárias Leds equivalentes.

A Tabela 3 mostra o custo do investimento inicial para a implantação de um sistema com luminárias tradicionais e Leds, havendo re-investimento ao fim de cada período de vida útil das luminárias. Pode-se ver que são necessários investimentos de R\$ 31,12 milhões e R\$ 179,82 milhões para cada sistema respectivamente. A diferença de investimento entre os dois sistemas é de R\$ 148,70 milhões, sendo o custo do sistema a Led 478% mais

**TABELA 2 – EQUIVALÊNCIA ENTRE AS LUMINÁRIAS TRADICIONAIS E LEDS PARA CURITIBA (PR)**

LUMINÁRIA TRADICIONAL		LUMINÁRIA LED EQUIVALENTE(MM)		
POTÊNCIA (W)	REATOR (W)	LÚMENS	POTÊNCIA (W)	LÚMENS
70	14	5.600	28	2.100
100	17	9.500	61	5.560
150	25	14.000	61	5.560
250	27	26.000	92	8.340
400	40	48.000	123	11.120

Fonte: autor com dados da Philips e Vialuz

elevado que o do sistema tradicional.

O custo com consumo de energia elétrica para 12 anos, utilizando a tarifa de iluminação pública B4a de R\$ 0,22074/kWh, em cada um dos sistemas de IP é mostrado na Tabela 4. O sistema tradicional consome 194% mais energia elétrica que o sistema de

**TABELA 3 – CUSTO DO INVESTIMENTO INICIAL – LUMINÁRIA TRADICIONAL E LED**

LUMINÁRIA TRADICIONAL						
ITEM	POTÊNCIA (W)	REATOR (W)	CUSTO (R\$)	QUANTIDADE (UN)	CUSTO (MIL R\$)	CUSTO TOTAL (MIL R\$)
1	70	14	229,15	60.441	13.850,06	31.121,33
2	100	17	234,41	23.369	5.477,93	
3	150	25	256,29	11.383	2.917,35	
4	250	27	233,63	19.838	4.634,75	
5	400	40	262,21	16.175	4.241,25	
LUMINÁRIA A LED						
ITEM	POTÊNCIA (W)	CUSTO (R\$)	CUSTO (R\$) <sup>1</sup>	QUANTIDADE (UN)	CUSTO (MIL R\$)	CUSTO TOTAL (MIL R\$)
1	28	667,00	605,00	60.441	36.566,81	148.704,71
2	61	1.488,00	1.253,59	23.369	29.295,14	
3	61	1.488,00	1.231,71	11.383	14.020,55	
4	92	1.950,00	1.716,37	19.838	34.049,35	
5	123	2.412,00	2.149,79	16.175	34.772,85	
Acréscimo de custo (mil R\$)						148.704,71
Diferença de percentual (%)						478%
1 – Custo da luminária Led descontado o custo da luminária tradicional equivalente						

Fonte: autor

**TABELA 4 – CONSUMO E CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA – LUMINÁRIA TRADICIONAL E LED**

LUMINÁRIA TRADICIONAL						
LUMINÁRIA	POTÊNCIA (W)	QUANTIDADE (UN)	CONSUMO E.E. (kWh/ANO)	CONSUMO E.E. AO ANO (kWh/)	CUSTO E.E. ANO (MIL R\$)	CUSTO E.E 12 ANOS (MIL R\$)
TRADICIONAL	84	60.441	21.475.896	94.817.006,64	20.929.906,05	251.158.872,55
	117	23.369	11.565.552			
	175	11.383	8.426.266			
	277	19.838	23.244.383			
	440	16.175	30.104.910			
LED	28	60.441	7.158.632	32.261.537,43	7.121.411,77	85.456.941,27
	61	23.369	6.029.903			
	61	11.383	2.937.155			
	92	19.838	7.720.156			
	123	16.175	8.415.691			
Economia anual em 12 anos (R\$)					13.808.494,27	165.701.931,28
Diferença percentual (%)					194%	

Fonte: autor

Led. Na Tabela 5 pode-se ver a soma do custo do investimento inicial com o custo do consumo de energia elétrica. No fim do período de 12 anos, o custo do sistema Led fica 6,02% abaixo do custo do sistema tradicional.

**TABELA 5 – CUSTO TOTAL COM INVESTIMENTO E ENERGIA ELÉTRICA EM 12 ANOS**

LUMINÁRIA	CUSTO INV TOTAL (MIL R\$)	CUSTO E.E. 12 ANOS (MIL R\$)	CUSTO TOTAL (MIL R\$)
Tradicional	31.121,33	251.158,87	282.280,20
Led	179.826,04	85.456,94	265.282,98
Diferença percentual			6,02%

Fonte: autor

A Figura 1 mostra o crescimento dos custos durante 12 anos. O custo acumulado do sistema tradicional tem taxa de crescimento maior que o do sistema a Led, no entanto, o investimento inicial no sistema Led é maior. No fim dos 12 anos de utilização, os dois sistemas têm praticamente o mesmo custo.

Dessa forma, pode-se ver que a viabilidade de um projeto de IP com luminárias a Led está relacionada diretamente ao custo adotado para a mão de obra de manutenção do sistema, na taxa de desconto do juro sobre o valor investido e no tempo de retorno esperado para o investimento.

Em Curitiba, no cenário atual, são atendidas aproximadamente 32.802 luminárias por ano, o que faz a manutenção do sistema de iluminação atual ter período de quatro anos. O custo anual



**Figura 1 – Custo total com investimento e energia elétrica em 12 anos.**

para a realização da manutenção é de R\$ 12,63 milhões, ou seja, o valor pago é de R\$ 385,04 por atendimento. Com o uso de luminárias a Led, o intervalo de manutenção aumenta devido à robustez das luminárias, reduzindo o número de atendimentos por ano e, conseqüentemente, o custo com mão de obra. A Tabela 6 mostra o tempo de vida útil e o intervalo de manutenção das luminárias e lâmpadas tradicionais e Leds. Alguns estudiosos consideram que as luminárias a Led não necessitam de manutenção, fato ainda não comprovado.

Podemos observar, pela Tabela 6, que, no sistema de IP tradicional, cada luminária passa por três manutenções no período de 12 anos. No sistema de iluminação pública a Led, cada luminária teria somente uma manutenção. A incerteza do

**TABELA 6 - TEMPO DE VIDA ÚTIL E MANUTENÇÃO DAS LÂMPADAS E LUMINÁRIAS**

DESCRIÇÃO	LÂMPADA		LUMINÁRIA	
	TRADICIONAL	LED	TRADICIONAL	LED
Vida útil (anos)	6	12	12	12
Manutenção (anos)	4	12	4	Indefinido

Fonte: autor

intervalo de tempo da manutenção do sistema a Led é devido à necessidade ou não de limpeza da luminária.

De forma acumulada, para 12 anos, o sistema de IP tradicional tem custo de manutenção que atinge R\$ 151,56 milhões, enquanto que o sistema de IP a Led alcança R\$ 50,52 milhões no mesmo período, considerando o mesmo custo unitário das luminárias tradicionais. Para o período considerado, o custo de manutenção anual do sistema com Led é de R\$ 4,21 milhões, proporcionando economia com mão de obra de manutenção no valor de R\$ 8,42 milhões por ano.

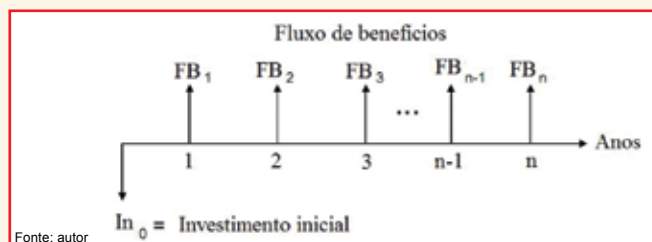
### **Análise econômica e financeira**

A decisão de investir capital em um projeto é parte de um processo que envolve a geração e a avaliação de diversas alternativas que atendam às especificações técnicas e econômicas dos investimentos. Para um projeto ser viável deve retornar o investimento financeiro utilizado na sua implantação. O retorno pode ser em dinheiro ou em benefícios para uma população ou empreendedor. Quando o retorno esperado é em dinheiro, normalmente, se espera que seja em valor superior ao empregado no início do projeto. O retorno acontece através do fluxo de benefícios futuros ao longo de um tempo estimado de vida útil mínimo do projeto. O tempo de retorno depende das taxas de juros associadas ao dinheiro inicialmente empregado para a construção e implantação do projeto e da capacidade de lucro que conseguir alcançar.

O valor de retorno pode ser estimado por métodos de análise de projetos que indicam a rentabilidade e o grau de risco versus o valor de retorno e o tempo do retorno. Os diversos métodos utilizados para avaliar projetos visam a reduzir as incertezas da decisão aumentando a garantia do retorno do investimento com a lucratividade mínima esperada.

Nesta análise será utilizado o método do valor presente líquido (VPL) por ser um dos mais robustos para análise de projetos, sendo o mais conhecido e utilizado. Este método concentra todos os valores futuros de fluxo de caixa na data zero do projeto, possibilitando realizar o balanço das receitas e despesas esperadas, fornecendo dados seguros para uma tomada de decisão sobre o investimento.

A Figura 2 mostra no tempo o investimento e os fluxos de benefícios de um projeto.



Fonte: autor

**Figura 2 – Fluxo de benefícios de um projeto.**

Em que  $In_0$  é o investimento inicial do projeto e  $FB_1$ ,  $FB_2$ ,  $FB_3$ , ...  $FB_n$  são os fluxos de benefícios esperados ao longo do tempo. O cálculo do VPL é dado pela equação (1).

$$VPL = - IN_0 + \sum_{k=1}^j \frac{FB_j}{(1 + TMA)_j} \quad \text{Equação (1)}$$

Sendo a TMA a taxa mínima de atratividade ou taxa de desconto e j o tempo em anos de retorno do projeto.

Pela equação pode-se observar que o VPL é igual ao valor do investimento inicial debitado do somatório da razão dos fluxos de benefícios esperados pela taxa de desconto ao longo do tempo de retorno do projeto.

Se o VPL for maior que zero (0), o projeto é viável; se for menor, o projeto não consegue retornar o valor do investimento no período de tempo estipulado, sendo necessário maior tempo de retorno ou menor TMA.

### **Análise para Curitiba**

#### **Taxa mínima de atratividade (TMA)**

O valor da taxa mínima de atratividade, ou taxa de desconto, adotada nesta análise será de 12% a.a., conforme orienta o manual para elaboração do programa de eficiência energética da Aneel de 2008.

#### **Investimento inicial – $In_0$**

Os investimentos necessários para implantação de luminárias a Led na IP de Curitiba estão associados principalmente ao custo com aquisição desse tipo de luminárias. Um projeto de iluminação pública a Led pode ter dois objetivos: para instalação de projetos novos e para substituição de luminárias tradicionais em uso.

Para instalações novas com luminárias Led, o acréscimo de custo em relação às luminárias tradicionais é a diferença entre o custo da luminária Led e a luminária tradicional, todas as demais despesas são iguais para as duas luminárias. Para um projeto de substituição de luminárias tradicionais existentes e em uso, os custos são mais elevados, pois está envolvido o custo total da luminária Led, não havendo abatimento de custo referente às luminárias tradicionais, acrescido ainda do custo de substituição da luminária existente para instalação da luminária Led. Esta análise se restringe às instalações novas e/ou substituições de luminárias tradicionais no fim de sua vida útil.

Para Curitiba, o custo do investimento inicial é de R\$ 148,70 milhões de reais, diferença entre a aquisição das luminárias tradicionais e a Leds.

#### **Fluxo esperado de benefícios (FB)**

O fluxo de benefícios é obtido por estimativas em que prováveis valores devam ser retornados para cenários esperados. No caso, o FB ocorre com a redução de consumo de energia somada à redução do custo com mão de obra de manutenção.

Para este, quanto maior o intervalo entre as manutenções, menor o custo anual com mão de obra de manutenção e quanto menor o intervalo de manutenção maior o custo anual com mão de obra de manutenção, além da melhoria na qualidade da iluminação e redução do impacto ambiental.

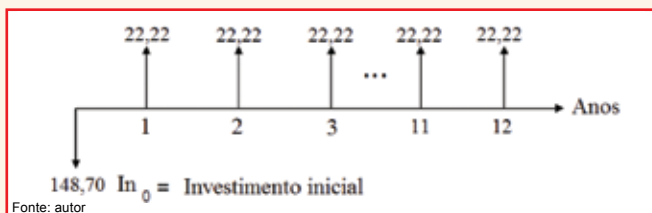
A Tabela 7 mostra os valores do fluxo anual de benefícios. Com redução de consumo de energia, são R\$ 13,80 milhões economizados enquanto que a economia com mão de obra de manutenção pode alcançar valor máximo de R\$ 8,42 milhões ou o valor mínimo de R\$ 0,00 anual se não houver redução de custo com a manutenção.

TABELA 7 – VALORES MÁXIMOS E MÍNIMOS DO FLUXO DE BENEFÍCIOS ANUAL		
DESCRIÇÃO	FLUXO DE BENEFÍCIOS ANUAL	
	ECONOMIA ANUAL COM MANUTENÇÃO LED (R\$)	
	CENÁRIO A (1 MANUTENÇÃO / 12 ANOS)	CENÁRIO B (3 MANUTENÇÕES / 12 ANOS)
Economia com energia (R\$)	13,80	13,80
Economia com manutenção (R\$)	8,42	-
Economia anual total (R\$)	22,22	13,80

Fonte: autor

### Resultados do método aplicado

A Figura 3 mostra, para os dados acima, o fluxo de benefícios para o cenário A. Pode-se observar o investimento inicial em Leds e o fluxo de benefícios esperados em 12 anos.



Fonte: autor

Figura 3 – Fluxo de benefícios para o cenário A [milhões R\$].

TABELA 8 – VPL PARA CENÁRIO A COM JUROS DE 12% A.A.		
MÉTODO DO VALOR PRESENTE LÍQUIDO		
INVESTIMENTO INICIAL (MIL R\$)	- 148.704,71	
TEMPO (ANO)	FB (MIL R\$)	VPL (MIL R\$)
1	22.228,49	-128.857,84
2	22.228,49	-111.137,42
3	22.228,49	-95.315,61
4	22.228,49	-81.189,00
5	22.228,49	-68.575,96
6	22.228,49	-57.314,31
7	22.228,49	-47.259,27
8	22.228,49	-38.281,55
9	22.228,49	-30.265,74
10	22.228,49	-23.108,76
11	22.228,49	-16.718,59
12	22.228,49	-11.013,09
13	22.228,49	-5.918,90
14	22.228,49	-1.370,51
15	22.228,49	2.690,56
TMA (% a.a.)	12,00%	

Fonte: autor

O VPL anual é mostrado na Tabela 8. Como se pode ver, o retorno do investimento acontece somente no 15º ano, quando o VPL fica acima de zero (0). Nestas condições, com juro de 12% a.a., as luminárias a Led são inviáveis no aspecto econômico, pois o retorno financeiro ocorre após o término de sua vida útil (veja Figura 4).

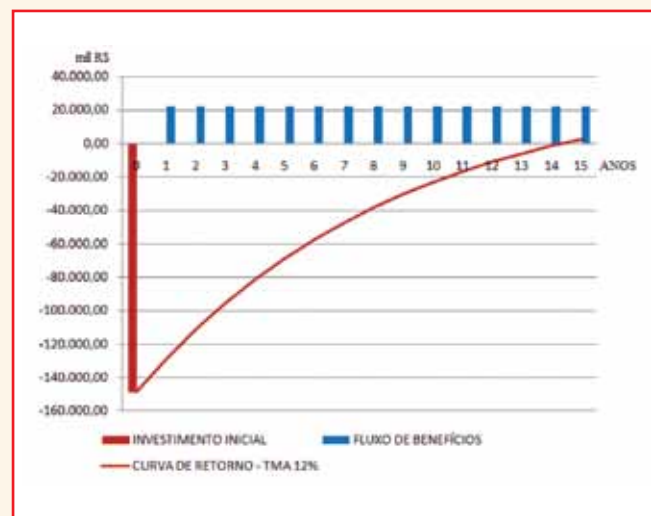
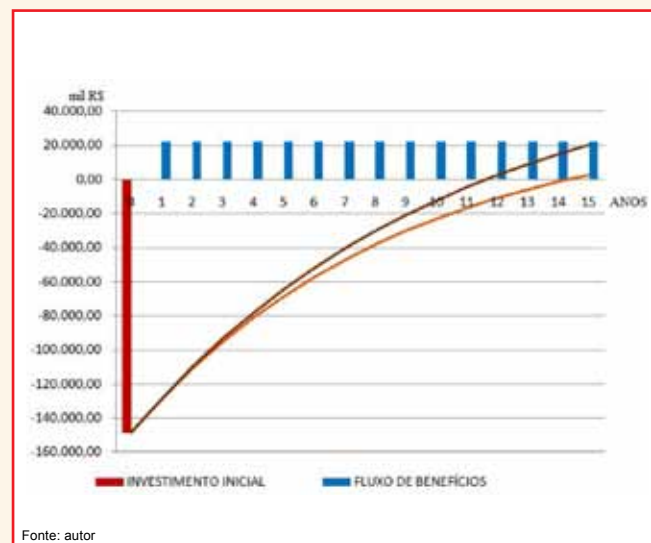


Figura 4 – Investimento inicial e fluxo de benefícios.

Caso a taxa de desconto (TMA) seja menor, com juros de 10% a.a, o VPL torna-se positivo no 12º ano, viabilizando o investimento (Figura 5). Por outro lado, se o valor do investimento inicial for reduzido em 10%, o retorno acontece em 12 anos sob juros de 12% a.a. Outra forma de viabilização para o projeto é a utilização de luminárias a Led com maior rendimento, proporcionando maior redução de consumo de energia (kWh) e menor custo (R\$).



Fonte: autor

Figura 5 – Variação da TMA x tempo de retorno.

Os custos das luminárias a Leds têm reduzido 20% ao ano, assim como ocorre o aumento do seu rendimento luminoso em

35% ao ano. Em poucos anos, o custo com investimento inicial não será fator impeditivo para o uso destas luminárias.

### Conclusão

As luminárias públicas a Leds trazem melhorias técnicas e maior eficiência energética para a área da iluminação pública, onde as lâmpadas VSAP reinavam sozinhas como as de melhor custo benefício. Para utilizá-las na IP, visando ao retorno financeiro do investimento, são necessários estudos de custo-benefício, incluindo como fator de viabilidade a redução no custo da manutenção. Os benefícios alcançados, no entanto, vão além da economia de energia, pois melhoram a qualidade de iluminação, reduzem a emissão de CO2 para a atmosfera, não possuem produtos tóxicos na sua composição e não impactam a vida noturna dos insetos.

### Referências

- PAVARIN, G. *Iluminação de Led invade ruas americanas. Info Online*. Março de 2009.
- TECHNOSOL. *Tairis – Luz inteligente com tecnologia aplicada em iluminação a Led presente em mais um projeto, balanças do DER. Technosol*. 2010.
- BLUESPAN. *Iluminação pública a Led, um novo conceito, Junho 2009*.

- ALFALUM. *Como selecionar e comparar luminárias LEDs para aplicações de iluminação exterior. Associação espanhola de fabricantes de iluminação. ANIMEE. Janeiro 2010*.
- Sales, R.P. *Led, o novo paradigma da iluminação pública. Dissertação de mestrado. Prodetec, 2011*.
- ELETROBRAS. *Procel 2010*.
- LOPES, S.B. *Eficiência energética em sistemas de iluminação pública. Dissertação de mestrado, USP, 2002*.
- SMOP. *Departamento de Iluminação Pública da Secretaria Municipal de Obras Públicas de Curitiba. 2010*.
- Alberti, E.L. *Métodos de avaliação de projetos. Prodetec, 2010*.
- PACIFIC GÁS AND ELECTRIC COMPANY – PG&E. *Demonstration Assessment of Light Emitting Diode (LED) Street Lighting - Host Site: City of Oakland, California. PG&E, 2008*.

---

**\*ROBERTO SALES é professor de eletricidade no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.**

**Continua na próxima edição**  
**Confira todos os artigos deste fascículo em**  
**[www.osetoreletrico.com.br](http://www.osetoreletrico.com.br)**  
**Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados**  
**para o e-mail [redacao@atitudeeditorial.com.br](mailto:redacao@atitudeeditorial.com.br)**