

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

LAÍS ETHIARA SCHERER

**MELHORIA NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA EM RUAS DE UM BAIRRO  
DO MUNICÍPIO DE FOZ DO IGUAÇU**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA  
2011

LAÍS ETHIARA SCHERER

**MELHORIA NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA EM RUAS DE UM BAIRRO  
DO MUNICÍPIO DE FOZ DO IGUAÇU**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial do Departamento Acadêmico de Manutenção Industrial – COMIN – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. Me. Amauri Massochin  
Co-orientador: Prof. Me. Yuri Ferruzzi

MEDIANEIRA  
2011



## TERMO DE APROVAÇÃO

### Melhoria na Iluminação Pública em ruas de um bairro do Município de Foz do Iguaçu

Por:

**Laís Ethiara Scherer**

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 16:00 h do dia 02 de Dezembro de 2011 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo no Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Eletromecânica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Câmpus* Medianeira. A acadêmica foi argüida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Me. Amauri Massochin  
UTFPR – *Câmpus* Medianeira  
(Orientador)

---

Prof. Me. Yuri Ferruzzi  
UTFPR – *Câmpus* Medianeira  
(Co-orientador)

---

Prof. Ernani A. O. Cortes  
UTFPR – *Câmpus* Medianeira  
(Convidado)

---

Profª. Dra. Cristiane Lionço  
UTFPR – *Câmpus* Medianeira  
(Convidada)

---

Prof. Giovano Mayer  
UTFPR – *Câmpus* Medianeira  
(Responsável pelas atividades de TCC)

**A Folha de Aprovação assinada encontra-se na coordenação do Curso de Tecnologia em Manutenção Industrial.**

## DEDICATÓRIA

Ao meu pai Evaldino Scherer, por ter incentivado desde as primeiras dúvidas a buscar na Balsa respostas para a realização dos trabalhos escolares.

À minha mãe Evanilda da Silva Scherer, pelo apoio dado para a minha formação.

À Prefeitura Municipal de Foz do Iguaçu, em especial aos funcionários do Departamento de Iluminação Pública que tiveram uma participação muito especial no início da minha vida profissional.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeiro lugar a Deus que iluminou o meu caminho durante esta caminhada.

Aos funcionários do Departamento de Iluminação Pública de Foz do Iguaçu que forneceram todas as informações que se fizeram necessárias para a elaboração deste trabalho.

Ao professor Amauri Massochin pelo incentivo e orientação para que pudesse concluir a pesquisa e aprimorar meus conhecimentos.

À empresa Elmo Eletromontagens LTDA, que compreendeu a importância da realização deste trabalho e aceitou sempre que se fez necessário a minha ausência nas atividades da empresa.

Aos grandes amigos Renato da empresa Elmo Eletro Montagens e ao Fernando da empresa Repume Iluminação pelo tempo dispensado e a colaboração com minhas pesquisas e estudos possibilitando a realização deste trabalho.

À minha família e amigos pela colaboração e compreensão com os deveres, não deixando desanimar nos momentos difíceis que surgiram ao longo da pesquisa.

## RESUMO

SCHERER, Laís Ethiara. Melhoria na Iluminação Pública de Ruas de Bairros do Município de Foz do Iguaçu 2011. 46f. Trabalho de Conclusão de Curso - Tecnologia em Manutenção Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2011.

O trabalho consiste no estudo da melhoria da iluminação pública em ruas de um bairro do município de Foz do Iguaçu. A melhoria ocorre através da substituição de luminárias com lâmpadas vapor de mercúrio de potências de 80 e 125 W por luminárias com lâmpadas vapor de sódio de 100 W. O trabalho mostra estudos comparativos de medições fotométricas realizadas com o auxílio de um luxímetro e simulações fotométricas realizadas por um software desenvolvido para a empresa Repume Iluminação. Além das medições fotométricas, o trabalho mostra o valor do investimento e aponta um aumento no consumo de energia elétrica que o município terá ao realizar as substituições. Comparando as medições efetuadas antes e depois da troca da IP verificou-se uma melhoria significativa no nível de iluminância das vias.

**Palavras-chave:** Iluminação Pública. Teste Fotométrico. Nível de Iluminância. IRC.

## **ABSTRACT**

SCHERER, Laís Ethiara. Improvements in Public Lighting on the streets of a Neighborhoods of Foz do Iguaçu City 2011.46f. Final Paper - Industrial Technology Maintenance, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2011.

The work consists in the study on improvements of the public lighting on the streets of a neighborhood of Foz do Iguaçu city. The improvement occurs through by replacing with lamps up to 80 and 125W mercury vapor bulb for lamps 100W sodium vapor bulbs. The research presents comparative studies on photometric measurements performed with the help of a lux meter and photometric simulations carried out by software developed for the Company Repume Iluminação. In addition to the photometric measurements, the study demonstrated the cost of investments and indicates an increase in electricity consumption if the city implements the replacements. Comparing the measurements taken before and after the IP exchange, there was a significant improvement in the level of illuminance of the streets lights.

Keywords: Public Lighting. Photometric Test. Illuminance Level. IRC.

## LISTA DE FIGURAS E FOTOS

Figura 1 - Tipos de vias públicas.....	14
Figura 2 - Espectro visível.....	17
Figura 3 - Curva de sensibilidade visual.....	17
Figura 4 - Temperatura de cor correlata.....	18
Figura 5 - Índice de reprodução de cores.....	19
Figura 6 - Tabela IRC X usos.....	19
Figura 7 - Lâmpada vapor de mercúrio.....	20
Figura 8 - Lâmpada vapor de sódio.....	22
Figura 9 - Esquema de ligação do Reator.....	27
Figura 10 - Luxímetro portátil Minipa.....	33
Figura 11 – Definição dos pontos da medição.....	34
Figura 12 - Gráfico Medição 1 com lâmpadas VMC 80W e VSO 100W.....	38
Figura 13 Foto Rua Ipanema com Rua Javari - 2º poste sentido Rua Tietê – Iluminação com lâmpada Vapor de Mercúrio 80W (Setembro 2011).....	38
Figura 14 - Foto Rua Ipanema com Rua Javari - 2º poste sentido Rua Tietê – Iluminação com lâmpada Vapor de Sódio 100W (Outubro 2011).....	39
Figura 15 - Gráfico Medição 2 com lâmpadas VMC 80W e VSO 100W.....	41
Figura 16 - Foto Rua Ipanema com Rua Javari - 3º poste sentido Rua Tietê – Iluminação com lâmpada Vapor de Mercúrio 80W (Setembro 2011).....	41
Figura 17 - Foto Rua Ipanema com Rua Javari - 3º poste sentido Rua Tietê – Iluminação com lâmpada Vapor de Sódio 100W (Outubro 2011).....	42
Figura 18 - Gráfico Medição 3 com lâmpadas VMC 80W e VSO 100W.....	44
Figura 19 - Foto Rua Itaúna com Rua Javari - 2º poste sentido Rua Tietê – Iluminação com lâmpada Vapor de Mercúrio 80W (Setembro 2011).....	44
Figura 20 - Foto Rua Itaúna com Rua Javari - 2º poste sentido Rua Tietê – Iluminação com lâmpada Vapor de Sódio 100W (Outubro 2011).....	45
Figura 21 – Simulação com lâmpadas Vapor Mercúrio 80W.....	46
Figura 22 – Simulação com lâmpadas Vapor Sódio 100 W posição do soquete alterada.....	48

## LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS

Quadro 1 - Classificação de uma via em função do tráfego motorizado .....	15
Quadro 2 - Classificação de uma via em função do tráfego de pedestres .....	15
Quadro 3 - Níveis de iluminância para vias públicas .....	16
Tabela 1 - Lâmpadas Instaladas em Ruas de Foz do Iguaçu – 2010 .....	23
Tabela 2 - Lâmpadas Instaladas em Ruas de Foz do Iguaçu – 2009 .....	24
Quadro 4 – Especificação técnica do reator Ilumatic .....	27
Quadro 5 – Características do Reator para lâmpadas de Mercúrio .....	27
Quadro 6 – Diferencial da lâmpada vapor de mercúrio Empalux .....	28
Quadro 7 – Características da lâmpada de Mercúrio .....	28
Quadro 8 – Dados técnicos do Relé Taktgnt.....	28
Quadro 9 – Custo de uma luminária com lâmpada vapor mercúrio 80 W .....	29
Quadro 10 – Custo de uma luminária com lâmpada vapor mercúrio 125 W .....	29
Quadro 11 – Características do reator para lâmpadas de sódio .....	30
Quadro 12 – Diferencial da lâmpada vapor de sódio Empalux .....	31
Quadro 13 – Características da lâmpada de sódio .....	31
Quadro 14 – Custo de uma luminária com lâmpada vapor sódio 100 W .....	32
Quadro 15: Especificação técnica do luxímetro portátil Minipa .....	33
Tabela 3: Resultados das medições na R. Ipanema c/ R. Javari 2º poste sentido R Tietê – 2011 .....	37
Tabela 4: Resultados das medições na R. Ipanema c/ R. Javari 3º poste sentido R Tietê – 2011 .....	40
Tabela 5: Resultados das medições na R. Itaúna c/ R. Javari 2º poste sentido R Tietê – 2011 .....	43
Quadro 16 – Resultados da simulação com a lâmpada Vapor Mercúrio 80 W .....	47
Quadro 17 – Resultados da simulação c/ lâmpada VSO 100 W c/ posição do soquete alterada .....	48
Quadro 18 – Quantidade de luminárias a serem trocadas X investimento.....	49
Quadro 19 – Consumo mensal e anual da iluminação existente.....	49
Quadro 20 – Consumo mensal e anual da iluminação proposta .....	50

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

IP	Iluminação Pública
VMC	Vapor Mercúrio
VSO	Vapor Sódio
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
L	Leve
M	Médio
I	Intenso
S	Sem
Nm	Nanômetro
UV	Ultravioleta
Cd	Candela
m <sup>2</sup>	metro quadrado
TCC	Temperatura de cor correlata
K	Kelvin
IRC	Índice de reprodução de cores
Ar	Argônio
N	Nitrogênio
Hg	Mercúrio
Y	Ítrio
lm	Lumens
W	Watts
%	Porcentagem
kV	Quilovolts
Copel	Companhia Paranaense de Energia
DPIP	Departamento de Iluminação Pública
R	Região
Hz	Hertz
$\Delta t$	Variação de temperatura
A	Ampere
kg	Quilograma

h horas

VA Voltampere

$\mu$ f microfaraday

INMETRO Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

Procel Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	11
2.1 CLASSIFICAÇÃO E PADRONIZAÇÃO DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA.....	11
2.2 METODOLOGIA PARA ELABORAÇÃO DE UM PROJETO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA.....	12
2.2.1 Tipos de Vias para Iluminação Pública .....	13
2.2.2 Classificação do Volume de Tráfego em Vias Públicas .....	14
2.2.3 Níveis de Iluminância em Vias Públicas .....	15
2.3 ESCOLHA DAS LÂMPADAS E LUMINÁRIAS.....	16
2.3.1 Lâmpadas a Vapor de Mercúrio .....	20
2.3.2 Lâmpadas a Vapor de Sódio .....	21
<b>3 ILUMINAÇÃO PÚBLICA DE FOZ DO IGUAÇU</b> .....	23
<b>4 LUMINÁRIAS DIDÁTICAS</b> .....	26
4.1 MATERIAIS E CUSTOS.....	26
4.1.1 Luminária Vapor Mercúrio – VMC.....	26
4.1.1.1 Dados do fabricante .....	26
4.1.1.2 Custo dos materiais .....	26
4.1.2 Luminária Vapor Sódio – VSO.....	30
4.1.2.1 Dados do fabricante .....	30
4.1.2.2 Custo dos materiais .....	32
4.2 EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO .....	33
4.3 METODOLOGIA.....	34
<b>5 RESULTADOS</b> .....	36
5.1 TESTES FOTOMÉTRICOS.....	36
5.1.1 Rua Ipanema com Rua Javari - 2º Poste Sentido Rua Tietê.....	36
5.1.2 Rua Ipanema com Rua Javari - 3º Poste Sentido Rua Tietê.....	39
5.1.3 Rua Itaúna com Rua Javari - 2º Poste Sentido Rua Tietê.....	42
5.2 SIMULAÇÃO FOTOMÉTRICA.....	45
5.2.1 Ensaio 1 – Lâmpada Vapor de Mercúrio 80 W .....	46
5.2.2 Ensaio 2 – Lâmpada VSO 100 W Tubular Posição do Soquete “2” na Vertical “C” Horizontal .....	47
5.3 CUSTO PARA SUBSTITUIÇÃO DAS LUMINÁRIAS.....	49
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	51
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	52

## 1 INTRODUÇÃO

A lâmpada elétrica é sem dúvida um dos maiores inventos da história da humanidade, é graças a ela que possuímos nos dias de hoje toda a comodidade e segurança dentro e fora das nossas casas.

A Iluminação Pública ocupa um lugar importante na vida das cidades atuando como instrumento que permite aos habitantes dos centros urbanos desfrutarem plenamente do espaço público durante o período noturno, além de iluminar ruas, avenidas, praças e demais logradouros públicos.

Segundo o último levantamento cadastral realizado pelo PROCEL/ELETROBRAS, feito em 2008 junto às distribuidoras de energia elétrica há 15 milhões de pontos de iluminação pública instalados no país, aproximadamente, distribuídos da seguinte forma: 45% na região Sudeste; 21% na região Noroeste; 19% na região Sul; 10% na região Centro Oeste; e 5% na região Norte.

A melhoria da qualidade dos sistemas de iluminação reflete na melhoria da imagem da cidade, favorecendo e ampliando o uso das vias no período noturno, contribuindo assim, com o desenvolvimento social e econômico da população.

É pensando nesta melhoria que este projeto se propõe a apresentar um estudo comparativo da iluminação existente com lâmpadas Vapor de Mercúrio que estão sendo trocadas por lâmpadas Vapor de Sódio.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Iluminação Pública - IP é um serviço essencial para os centros urbanos por contribuir para a segurança da população e para o tráfego de veículos.

Do ponto de vista constitucional, a prestação dos serviços públicos de interesse local – nos quais se insere a iluminação pública – é de competência dos Municípios. Por se tratar, também, de um serviço que requer o fornecimento de energia elétrica, está submetido à legislação federal.

A Constituição Federal do Brasil, no seu artigo 30, inciso V, estabelece que compete aos Municípios “*organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local*”.

No caso da iluminação pública não se utiliza o contrato de concessão para sua exploração, considerando que a remuneração por meio da cobrança individual de tarifas aos usuários é impraticável, pelo fato de ser um serviço usufruído genérica e compulsoriamente por toda a população.

Entretanto, as atividades de projeto, implantação, expansão, operação e manutenção, podem ser prestadas diretamente por órgão ou empresa pública municipal, e, mediante contrato administrativo, por concessionárias de energia elétrica ou empresas de engenharia.

Os itens abaixo apresentam a classificação e padronização da IP, a metodologia para elaboração de um projeto de IP e a escolha das lâmpadas e luminárias. (BARBOSA, Robson et al. Manual de iluminação pública eficiente. Rio de Janeiro: IBAM/DUMA, 1998. 84 p. (Guia Técnico Procel)).

### 2.1 CLASSIFICAÇÃO E PADRONIZAÇÃO DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

A concessionária de energia elétrica deve classificar cada unidade consumidora de acordo com a atividade nela exercida. Iluminação Pública é uma classe de consumo caracterizada, exclusivamente, pelo fornecimento de energia elétrica para iluminação de ruas, praças, avenidas, túneis, jardins, vias, estradas e

outros logradouros de domínio público, de uso comum e livre acesso, de responsabilidade de pessoa jurídica de direito público.

São consideradas duas categorias de sistemas de iluminação pública:

- Iluminação Pública Padronizada

É aquela cujas instalações observam as normas e padrões da concessionária, estando em consonância com os níveis de iluminância e padrões definidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.

Trata-se da iluminação convencional de ruas, instaladas nos próprios postes da rede de distribuição da concessionária de energia elétrica e que faz parte de suas normas e padrões.

- Iluminação Pública Especial

É aquela cujas instalações não se encontram compatíveis com os padrões da concessionária e/ou que excedam os níveis de iluminância definidos nas normas da ABNT.

Diz respeito à iluminação ornamental ou decorativa de praças, grandes avenidas, ruas importantes, e outros logradouros públicos. É utilizada naquelas situações em que o Município tem interesse em implantar uma iluminação diferenciada, e também porque pode ser tecnicamente necessária, em função de determinadas peculiaridades, tais como a largura da via, complexidade e volume de tráfego de veículos e pedestres.

Neste caso, difere da iluminação padronizada quanto ao nível de iluminância – decorrente da quantidade e potência das lâmpadas utilizadas -, e/ou quanto às características dos materiais e equipamentos empregados, diferentes das instalações que constituem os padrões da concessionária.

## 2.2 METODOLOGIA PARA ELABORAÇÃO DE UM PROJETO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA

O primeiro passo para a elaboração de um projeto de IP eficiente é classificar o tipo de via que será iluminada para definição dos parâmetros luminotécnicos apropriados.

Os parâmetros de qualidade para vias de tráfego motorizado adotadas pela Norma Brasileira Regulamentadora – NBR 5101 (1992) são níveis e fatores de uniformidade de iluminâncias, cujos valores médios mínimos são estabelecidos de acordo com a classificação da via pública, segundo importância, tipo e volume de tráfego de veículos e pedestres.

O segundo passo refere-se à escolha de lâmpadas e luminárias mais adequadas, para, em seguida, determinar-se a respectiva altura de montagem, o espaçamento e o melhor posicionamento para os postes.

O passo final é a realização dos cálculos luminotécnicos buscando otimizar o projeto, tendo como base os valores mínimos exigidos pelas normas.

### 2.2.1 Tipos de Vias para Iluminação Pública

Os tipos de vias públicas (Figura 1) são estabelecidos de acordo com a sua natureza e função segundo os critérios da NBR 5101. Assim, as vias públicas podem ser definidas como:

**Vias Rurais ou classe A** – exclusivas para tráfego motorizado. Subdividem-se em:

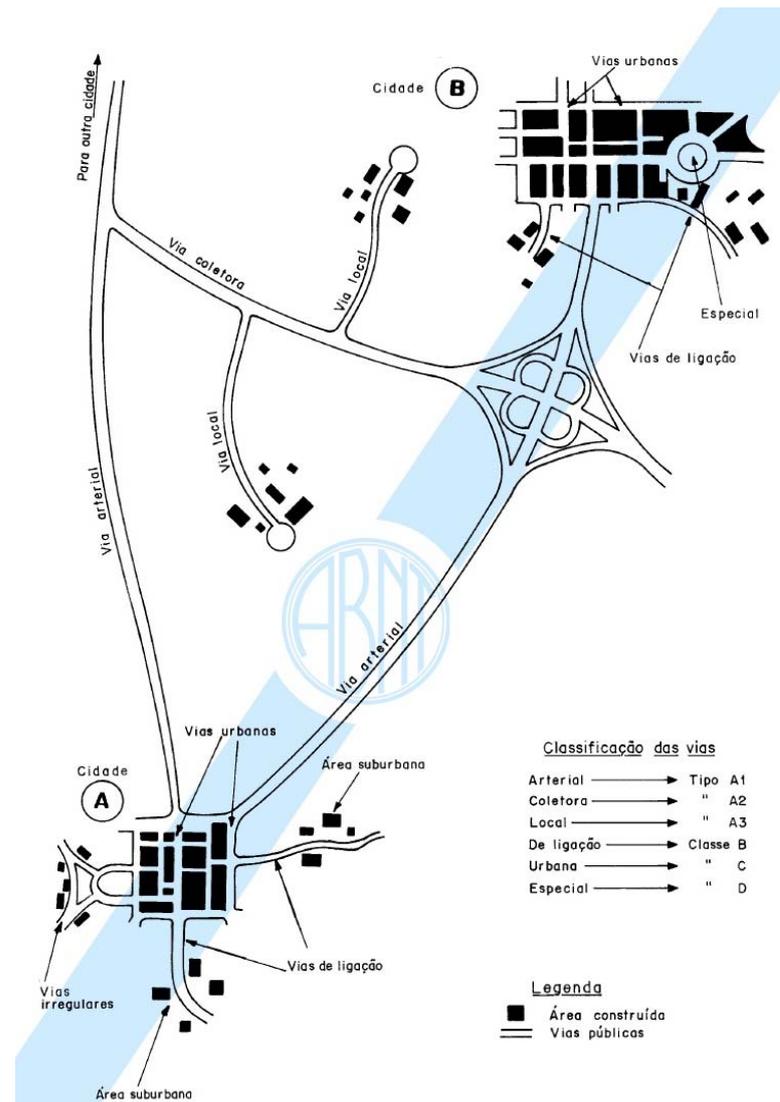
- A1 – vias arteriais;
- A2 – vias coletoras;
- A3 – vias locais.

**Vias de ligação ou classe B** – responsáveis pela ligação entre centros urbanos e suburbanos.

**Vias urbanas ou classe C** – caracterizadas pela presença de construções às suas margens e tráfego motorizado e de pedestres. Subdividem-se em:

- C1 – vias principais;
- C2 – vias normais;
- C3 – vias secundárias;
- C4 – vias irregulares.

**Vias especiais ou classe D** – acessos e/ou vias exclusivas para pedestres.



**Figura 1 - Tipos de vias públicas**  
**Fonte: NBR 5101.**

### 2.2.2 Classificação do Volume de Tráfego em Vias Públicas

A NBR 5101 (1992) também estabelece a classificação das vias públicas de acordo com o volume de tráfego noturno de veículos e/ou de pedestres que passam nessa via num período de uma hora. Os Quadros 1 e 2 apresentam essas classificações.

CLASSIFICAÇÃO	NÚMERO DE VEÍCULOS POR HORA*
Leve (L)	150 a 500
Médio (M)	501 a 1.200
Intenso (I)	Acima de 1.200

**Quadro 1 - Classificação de uma via em função do tráfego motorizado**

**Fonte: NBR 5101.**

\* Esses valores se referem ao trânsito médio de veículos em pista única e de mão dupla, medido entre 18:00 e 21:00 horas.

CLASSIFICAÇÃO	PEDESTRES CRUZANDO VIAS COM TRÁFEGO MOTORIZADO*
Sem (S)	Como nas vias de classe A1
Leve (L)	Como nas vias residenciais médias
Médio (M)	Como nas vias comerciais secundárias
Intenso (I)	Como nas vias comerciais principais

**Quadro 2 - Classificação de uma via em função do tráfego de pedestres**

**Fonte: NBR 5101.**

\* Esses valores se referem ao trânsito de pedestres, medido entre 18:00 e 21:00 horas.

### 2.2.3 Níveis de Iluminância em Vias Públicas

A ABNT, através da norma NBR 5101, fixou os níveis mínimos de iluminância necessários à iluminação de vias públicas, de acordo com sua importância, tipo e volume de tráfego.

O Quadro 3 apresenta os valores de iluminância média mínima para vias públicas recomendados pela NBR 5101.

TIPOS DE VIAS	VOLUME DE PEDESTRES	NÍVEIS MÉDIOS MÍNIMOS DE ILUMINÂNCIA (lux)		
		VOLUME DE VEÍCULOS		
		L	M	I
Principais	L	2	5	10
	M	5	8	12
	I	10	12	16
Ligação	L	2	5	10
	M	5	10	14
	I	10	14	17
Normais	L	2	5	-
	M	5	8	-
	I	8	10	-
Locais	L	2	5	-
	M	5	10	-
	I	10	14	-
Secundárias	L	2	2	-
	M	4	5	-
	I	-	-	-
Especiais	-	10		
Arteriais	-	20		
Coletoras	-	20		

**Quadro 3 - Níveis de iluminância para vias públicas**

Fonte: NBR 5101.

(L – LEVE, M- MÉDIO e I – INTENSO)

### 2.3 ESCOLHA DAS LÂMPADAS E LUMINÁRIAS

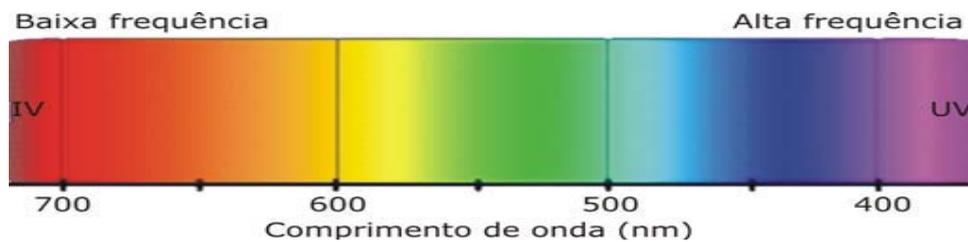
Nos projetos de iluminação pública, a escolha das lâmpadas e das luminárias a serem utilizadas deve ser feita em função de critérios luminotécnicos, econômicos e de manutenção.

A luminária adequada depende das características do logradouro no qual vai ser instalada e do tipo de lâmpada a ser utilizada.

A lâmpada é um utensílio destinado a produzir luz artificial e serve para iluminar. Baseada nesta definição será levantada a seguir alguns conceitos:

- **Luz**

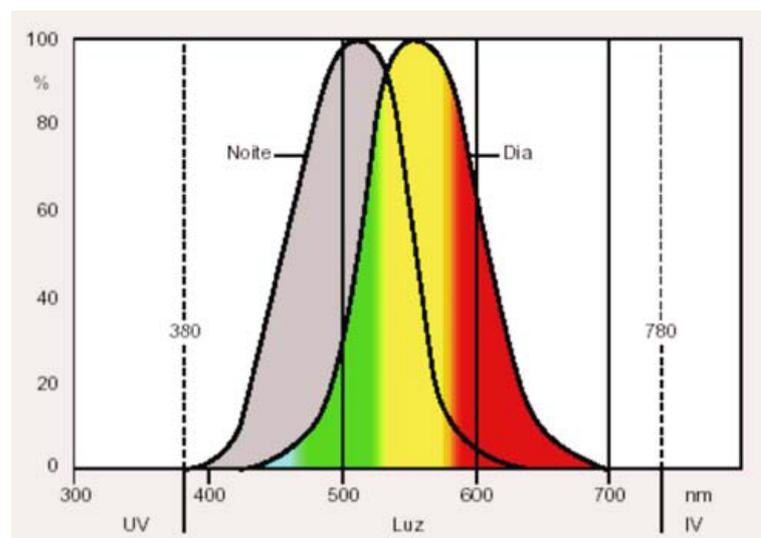
Luz é a radiação eletromagnética capaz de produzir sensação visual. Essa faixa de radiação eletromagnética tem com comprimento de onda entre 380 a 780 nm (nanômetros), ou seja, da cor ultravioleta à vermelha, passando pelo azul, verde, amarelo e roxo (Figura 2). As cores azul, vermelho e verde, quando somadas em quantias iguais, definem o aspecto da luz branca.



**Figura 2 - Espectro visível**  
Fonte: IFSC (2011)

- **Sensibilidade visual**

A curva de sensibilidade (Figura 3) indica como varia a sensibilidade do olho humano aos diferentes comprimentos de onda.



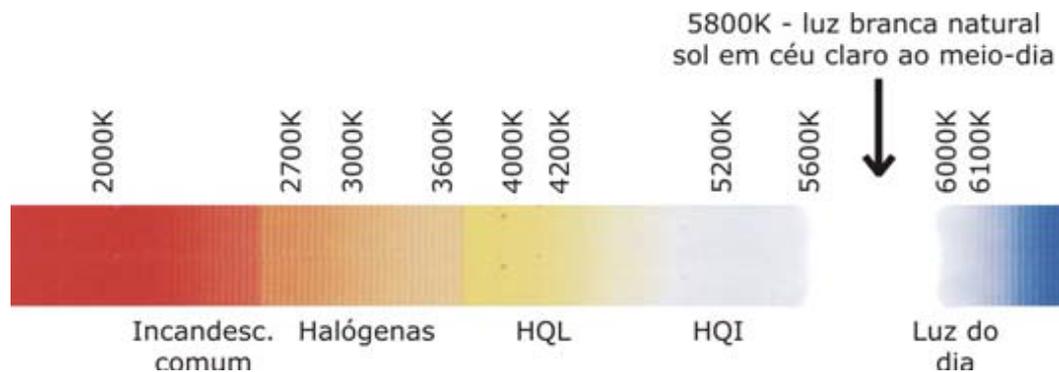
**Figura 3 - Curva de sensibilidade visual**  
Fonte: IFSC (2011)

Visão escotópica (noturna): baixos níveis de luminância ( $0,001 \text{ cd/m}^2$ );

Visão fotópica (diurna): altos níveis de luminância ( $> 3 \text{ cd/m}^2$ ).

- **Temperatura de cor correlata (TCC)**

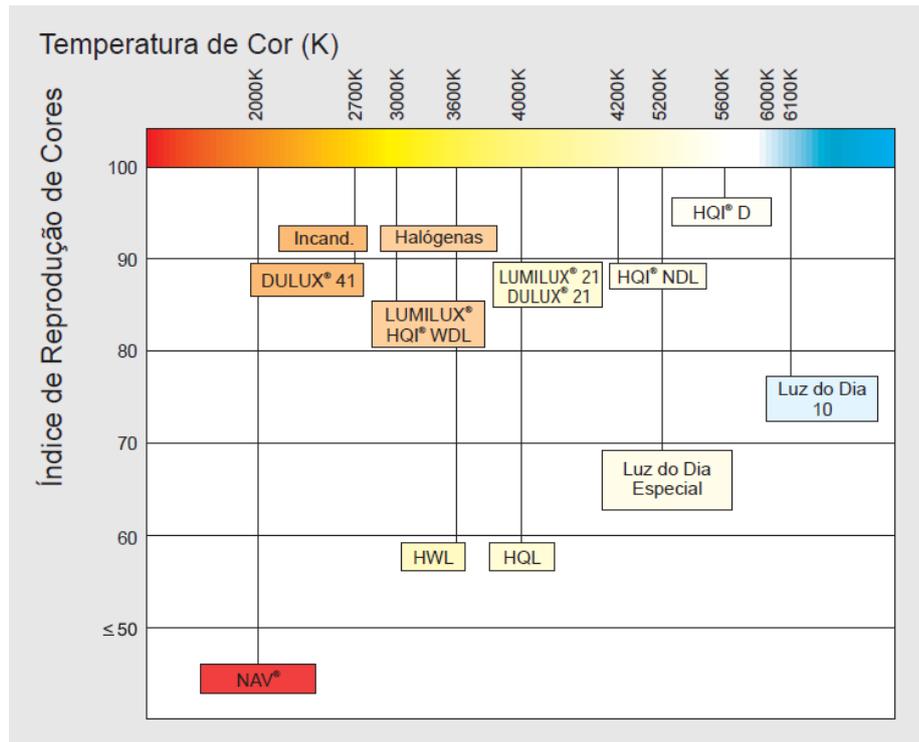
As fontes de luz podem emitir luz de aparência de cor entre “quente” e “fria”. As cores “quentes” possuem uma aparência avermelhada ou amarelada e as cores “frias” são azuladas. No entanto, as “aparências “quentes” e frias” têm sentido inverso ao da TCC (Figura 4), pois quanto mais alta a TCC, mais fria é a sua aparência e quanto mais baixa a TCC, mais quente é a sua aparência. A temperatura de cor correlata é expressa em kelvin (K).



**Figura 4 - Temperatura de cor correlata**  
 Fonte: IFSC (2011)

- **Índice de reprodução de cores (IRC)**

O IRC (Figura 5) mede quanto à luz artificial se aproxima da natural. Quanto maior o IRC, melhor, sendo este um fator preponderante para comparação de fontes de luz com a mesma TCC, ou para a escolha da lâmpada (Figura 6).



**Figura 5 - Índice de reprodução de cores**  
**Fonte: IFSC (2011)**

IRC	Qualidade	Usos
100	excelente/muito bom	testes de cor, lojas, residências, escritórios
80	bom/razoável	áreas de circulação, escadas, oficinas, ginásios
60	regular	depósitos, postos de gasolina, indústrias
40	ruim	vias de tráfego, canteiros de obras, estacionamentos

**Figura 6 - Tabela IRC X usos**  
**Fonte: IFSC (2011)**

Quando se fala de lâmpadas, temos uma infinidade de modelos e tecnologias de construção. As lâmpadas de descarga em gases, em geral utilizadas em iluminação pública, produzem luz pela excitação de gases no interior da lâmpada. Todos os tipos necessitam de reatores para o funcionamento correto. Outros dispositivos auxiliares podem ser necessários, como ignitores ou dispositivos de partida.

Os tipos mais comuns de lâmpadas de descarga baseiam-se em propriedades emissivas do mercúrio, sódio ou multivapores metálicos, quando

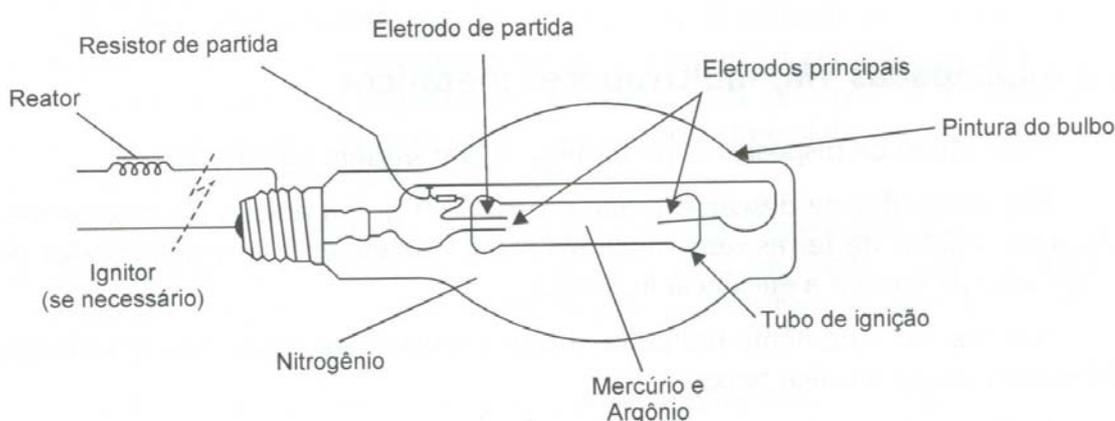
vaporizados em combinação com gases nobres ou outros elementos químicos que modifiquem a cor espectral.

Serão apresentados dois dos tipos de lâmpadas utilizados no sistema de iluminação do município de Foz do Iguaçu, lâmpadas a vapor de mercúrio e lâmpadas a vapor de sódio.

### 2.3.1 Lâmpadas a Vapor de Mercúrio

Grande parte das lâmpadas de mercúrio utilizadas atualmente é de alta pressão.

A lâmpada a vapor de mercúrio (Figura 7) é composta por um tubo de ignição que contém, além do mercúrio em estado líquido, um gás inerte, o argônio. Entre o tubo de descarga e o bulbo externo, para facilitar a convecção do calor, existe nitrogênio. (GUERRINI, Délio P., 2011, p. 45)



**Figura 7 - Lâmpada vapor de mercúrio**  
**Fonte: GUERRINI (2011)**

Quando a lâmpada é ligada, há uma descarga inicial entre o eletrodo principal e o eletrodo de partida, pela ionização do argônio, que provoca o aquecimento interno do bulbo e uma migração de elétrons, produzindo uma luz amarela. O aquecimento provocado pela ionização do argônio vaporiza o mercúrio, tornando o ambiente do bulbo altamente condutor e ionizável, além de estabelecer colisões

entre os elétrons livres e os átomos do mercúrio, produzindo luz azulada. A radiação é a parte visível, ultravioleta, sendo a cor visível desagradável, pois tem espectro deslocado para o verde-amarelado.

A correção desse espectro pode ser feita pela pintura interna do bulbo, por materiais compostos, excitáveis pelo ultravioleta. Atualmente se utiliza o vanadato de ítrio, que introduz cor vermelha, corrigindo o espectro visível. Além disso, com a introdução de outros elementos na forma de iodetos metálicos ou multivapores metálicos no tubo de descarga, é possível melhorar consideravelmente a distribuição espectral relativa e a eficiência dessas lâmpadas. Os elementos utilizados são índio, tálio e o sódio.

Potências fabricadas: 35, 50, 70, 80, 125, 150, 215, 250, 400, 1000, 2000 W.

Vida média: 12.000 h.

Eficiência: 40 a 60 lm/W

Temperatura de cor: 4.100 a 3550 K

IRC – Índice de Reprodução de Cores: 40%

### 2.3.2 Lâmpadas a Vapor de Sódio

São lâmpadas de descarga e podem ser a alta pressão. Para o seu funcionamento utilizam um reator e um ignitor, que é um componente que faz a tensão elevar-se até um nível de 3,0 a 4,5 kV, proporcionando a partida na lâmpada.

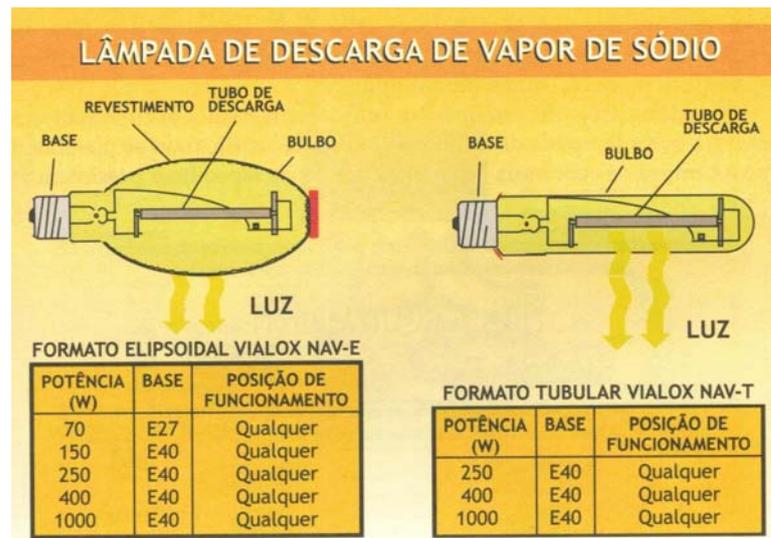
Para produzir luz, a corrente é lançada num tubo de descarga que, diferente das lâmpadas de mercúrio, é de cerâmica, pois em seu interior há sódio no lugar do mercúrio e, sendo o sódio muito corrosivo, o quartzo não agüentaria.

A luz emitida é extremamente forte e de cor amarela monocromática, fazendo com que distorça totalmente as cores, ou seja, tem um péssimo índice de reprodução de cores. Em compensação, emite um fluxo luminoso de alta intensidade e com excelente economia de energia.

Orienta-se que seu uso deve ser incrementado em locais como estacionamentos, vias públicas, galpões industriais onde não haja necessidade de reprodução de cores e outros ambientes externos.

As lâmpadas de alta pressão (Figura 8), além do sódio, podem conter o xenônio, argônio e mercúrio, possuindo faixas de comprimento de onda em quase todo o espectro visível.

A descarga inicia-se pelo argônio até a vaporização do sódio. A luz produzida é, principalmente, amarelo-ouro. (SILVA, Mauri L., 2002)



**Figura 8 - Lâmpada vapor de sódio**  
**Fonte: SILVA (2002)**

Potências fabricadas – **alta pressão**: 70, 73, 100, 150, 210, 250, 350, 400, 1000 W.

Eficiência: até 130 lm/W.

IRC: 20 a 39%.

Temperatura de cor: 2.000 K.

Vida média: normalmente 24.000 h. As de 210 e 350 W duram 14.000 horas.

### 3 ILUMINAÇÃO PÚBLICA DE FOZ DO IGUAÇU

De acordo com a contagem de luminárias instaladas nas redes de Iluminação Pública do Município de Foz do Iguaçu, realizada pelo Departamento de Cadastros da Companhia Paranaense de Energia – COPEL, realizada no ano de 2010, constatou-se que haviam 30.762 lâmpadas instaladas em ruas e avenidas. A Tabela 1 mostra a quantidade de acordo com o tipo e potência da lâmpada.

**Tabela 1 - Lâmpadas Instaladas em Ruas de Foz do Iguaçu – 2010**

<b>LOCAL/ROTA/CONTA</b>	<b>QTDE</b>	<b>POT (Watts)</b>	<b>TIPO</b>
	15.000	80	MERCÚRIO
83216-900-100000	3.313	100	SÓDIO
	5.233	125	MERCÚRIO
	1.278	150	SÓDIO
89244-900-100000	3.531	250	SÓDIO
	18	400	MERCÚRIO
	2.389	400	SÓDIO
<b>Total</b>	<b>30.762</b>		

**Fonte: COPEL: Termo de contagem de lâmpadas da IP do município de Foz do Iguaçu 2010**

Este relatório com a relação das quantidades e tipos de lâmpadas inclusas na fatura de iluminação pública do município é apresentado anualmente. No ano de 2009, havia 30.361 lâmpadas, conforme mostra a Tabela 2.

**Tabela 2 - Lâmpadas Instaladas em Ruas de Foz do Iguaçu – 2009**

<b>LOCAL/ROTA/CONTA</b>	<b>QTDE</b>	<b>POT (Watts)</b>	<b>TIPO</b>
	15.043	80	MERCÚRIO
83216-900-100000	3.019	100	SÓDIO
	5.281	125	MERCÚRIO
	1.072	150	SÓDIO
89244-900-100000	3.520	250	SÓDIO
	20	400	MERCÚRIO
	2.406	400	SÓDIO
<b>Total</b>	<b>30.361</b>		

**Fonte: COPEL: Termo de contagem de lâmpadas da IP do município de Foz do Iguaçu 2009**

Prevendo melhorar a qualidade de Iluminação Pública nas vias, as condições noturnas de uso dos espaços públicos, aumentar a segurança e a qualidade de vida e contribuir para o desenvolvimento sustentável, que o Departamento de Iluminação Pública – DPIP do Município decidiu realizar a conversão de luminárias instaladas em vias classificadas como Leve (L).

Mensalmente, o DPIP informa a COPEL, através de ofício, a relação das alterações executadas por eles no sistema de iluminação, podendo ser, inclusão ou conversão de potência de luminárias.

O Município de Foz do Iguaçu está dividido em 12 regiões e cada região é formada por um conjunto de bairros, sendo elas:

- a) R1 – Três Lagoas
- b) R2 – Vila “C”
- c) R3 – São Francisco
- d) R4 – Porto Meira
- e) R5 – Jardim São Paulo
- f) R6 – Jardim América
- g) R7 – Parque Imperatriz
- h) R8 – AKLP
- i) R9 – Centro
- j) R10 – Campos do Iguaçu

- k) R11 – Carimã
- l) R12 – Área Rural

Era possível encontrar em uma mesma rua, potências de lâmpadas diferentes, motivo este de reclamação por parte da população, pois as lâmpadas de menor potência, como consequência iluminavam menos que as de maior potência.

O investimento que será realizado pela Prefeitura Municipal de Foz do Iguaçu, visa padronizar a iluminação das ruas de bairros classificadas pela NBR 5101 (2002) como Leve (L)

## 4 LUMINÁRIAS DIDÁTICAS

Este trabalho se propõe a comparar aspectos entre luminárias equipadas com lâmpadas vapor mercúrio, que atualmente estão sendo substituídas por luminárias equipadas com lâmpadas vapor sódio no sistema de iluminação de Foz do Iguaçu.

### 4.1 MATERIAIS E CUSTOS

As condições necessárias para que se possa instalar uma luminária no sistema de iluminação pública, é a existência do poste com a rede secundária - 220/127 Volts para o fornecimento da energia elétrica em Rede de Baixa Tensão – BT.

#### 4.1.1 Luminária Vapor Mercúrio – VMC

Cada conjunto é composto pelos seguintes materiais:

- a) Luminária;
- b) Braço;
- c) Reator;
- d) Relé fotoelétrico;
- e) Lâmpada Vapor mercúrio.

##### 4.1.1.1 Dados do Fabricante

O Quadro 4 apresenta a especificação técnica do reator de marca Illumatic.

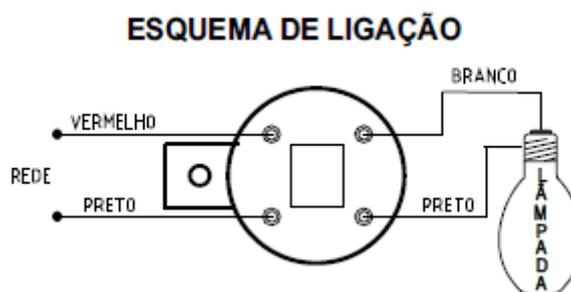
ITEM	DESCRIÇÃO
Corpo	Caixa em chapa de aço galvanizado a fogo
Encapsulamento	Impregnado em resina isolante elétrica e elevado índice de dissipação térmica
Condutores	Cabos de conexão em isolamento em PVC 105°C 750 V
Instalação	Aéreas externas e subterrâneas
Normas Técnicas	NBR 5125 e 5170
Tensão de Trabalho	220 Volts
Frequência de rede	60 Hz
Temperatura	$\Delta t = 90^{\circ}\text{C}$

**Quadro 4 – Especificação técnica do reator Ilumatic**

O Quadro 5 apresenta as características do reator utilizados para lâmpadas vapor de mercúrio. Em seguida é apresentado o esquema de ligação do reator (Figura 9).

REATOR MODELO	TIPO	POT (W)	CORRENTE DE REGIME (A)	CORRENTE DE PARTIDA (A)	FATOR DE POTÊNCIA	PERDAS ABNT (W) <sup>2</sup>	PESO (kg)
ME826AE	EXTERNO	80	0,43	1,70	$\geq 0,92$	11	1,8
ME126AE	EXTERNO	125	0,66	2,40	$\geq 0,92$	14	2,43

**Quadro 5 – Características do reator para lâmpadas de mercúrio**  
**Fonte: ILUMATIC (2011)**



**Figura 9 - Esquema de ligação do reator**  
**Fonte: ILUMATIC (2011)**

O Quadro 6 apresenta o diferencial da lâmpada vapor mercúrio da Empalux.

DIFERENCIAL	DESCRIÇÃO
Vida	Longa (24.000 h)
Base	E27 e E40

**Quadro 6 – Diferencial da lâmpada vapor de mercúrio Empalux**

O Quadro 7 apresenta as características das lâmpadas VMC de 80 e 125W.

CÓDIGO	MODELO	POT (W)	TIPO	TEMP. DE COR (K)	COR	IRC %	BASE	FLUXO LUMINOSO (lm)	VIDA MÉDIA (h)
ME30812	OVÓIDE	80	ED70	4100	Difusa	> 40	E27	3800	24000
ME31212	OVÓIDE	125	ED75	4100	Difusa	> 40	E27	6300	24000

**Quadro 7 – Características da lâmpada de mercúrio**  
**Fonte: EMPALUX (2011)**

O Quadro 8 mostra os dados técnicos do Relé Taktgnt de modelo F10.

DADOS	DESCRIÇÃO
Peso	75 g
Potência consumida a vazio	1 W
Potência ativa de carga	1000 W
Potência aparente de carga	1800 VA
Limite de funcionamento	-5 a +50 graus Celsius
Durabilidade dos contatos	➤ 15000 ciclos
Tipo e características do sensor fotoelétrico	Foto transmissor (silício encapsulado em epóxi)
Tensão suportável a seco (60 Hz, 1 minuto)	2,5 kV rms
Sistema de proteção contra surtos de tensão	Varistor, 320 V rms
Graus de proteção	IP65 ou IP67

**Quadro 8 – Dados técnicos do relé Taktgnt**

## 4.1.1.2 Custo dos materiais

No Quadro 9 apresenta-se o custo dos materiais utilizados para instalar uma luminária com lâmpada vapor mercúrio 80 W.

MATERIAIS	UNID	QTDE	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
ARRUELA QUADRADADA	UNI	1	0,25	0,25
BRAÇO BR1	UNI	1	11,50	11,50
CABO XLPE 2,5 mm	M	2,5	0,97	2,42
CONECTOR CUNHA	UNI	2	2,56	5,12
LÂMPADA VMC 80W	UNI	1	3,80	3,80
LUMINÁRIA LM1	UNI	1	26,80	26,80
PARAFUSO RD	UNI	1	5,30	5,30
REATOR VMC 80W EXT	UNI	1	29,71	29,71
RELEFOTOELETRICO	UNI	1	7,13	7,13
VALOR TOTAL P/ LUMINÁRIA VMC 80 W				92,03

**Quadro 9 – Custo de uma luminária com lâmpada vapor mercúrio 80 W**  
**Fonte: Departamento de Iluminação Pública de Foz do Iguaçu**

No Quadro 10 apresenta-se o levantamento do custo para a instalação de luminárias com lâmpada Vapor Mercúrio 125 W.

MATERIAIS	UNID	QTDE	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
ARRUELA QUADRADADA	UNI	1	0,25	0,25
BRAÇO BR1	UNI	1	11,50	11,50
CABO COBRE XLPE 2,5 mm <sup>2</sup>	M	2,5	0,97	2,42
CONECTOR CUNHA	UNI	2	2,56	5,12
LÂMPADA VSO 125 W	UNI	1	4,00	4,00
LUMINÁRIA LM1	UNI	1	26,80	26,80
PARAFUSO RD	UNI	1	5,30	5,30
REATOR VSO 125 W EXT	UNI	1	35,00	35,00
RELE FOTOELETRICO	UNI	1	7,13	7,13
VALOR TOTAL P/ LUMINÁRIA VSO 125 W				97,52

**Quadro 10 – Custo de uma luminária com lâmpada vapor mercúrio 125 W**  
**Fonte: Departamento de Iluminação Pública de Foz do Iguaçu**

#### 4.1.2 Luminária Vapor Sódio – VSO

Assim como as luminárias para lâmpadas vapor mercúrio, as luminárias com lâmpadas de sódio são compostas pelos seguintes materiais:

- a) Luminária;
- b) Braço;
- c) Reator;
- d) Relé fotoelétrico;
- e) Lâmpada Vapor sódio.

##### 4.1.2.1 Dados do fabricante

O núcleo dos reatores é composto por uma bobina em fio de cobre a 200°C em chapa de silício, resinado em poliéster. Seu corpo é formado por caixa metálica de ferro, pintada ou galvanizada.

O Quadro 11 apresenta as características do reator utilizado para lâmpadas vapor de sódio.

	Tipo	Potência (W)	Capacitor	Ignitor	Alimentação (V)	Frequência (Hz)	Perdas (W)
EXTCB-S100P	EXTERNO	100	12 $\mu$ F	IAL-1	220	50/60	18

**Quadro 11 – Características do reator para lâmpadas de sódio**  
**Fonte: ALMIRANTE (2011)**

O Quadro 12 apresenta o diferencial da lâmpada vapor sódio da Empalux, que é pré-testada e possui etiqueta ENCE/INMETRO e selo Procel.

DIFERENCIAL	DESCRIÇÃO
Vida	Elevada (32.000 h)
Base	E27 e E40
Eficiência luminosa	Superior as demais

**Quadro 12 – Diferencial da lâmpada VSO Empalux**

O Quadro 13 apresenta as características da lâmpada vapor de sódio 100 W.

CÓDIGO	MODELO	POTÊNCIA (W)	TEMP. DE COR (K)	COR	IRC %	BASE	FLUXO LUMINOSO (lm)	VIDA MÉDIA (h)
SO31024	OVÓIDE	100	2000	DIFUSA	> 20	E40	9000	28000

**Quadro 13 – Características da lâmpada de sódio**

Fonte: EMPALUX (2011)

O relé utilizado na instalação da luminária com lâmpadas Vapor sódio é mesmo utilizado na luminária vapor mercúrio.

#### 4.1.2.2 Custo dos materiais

No Quadro 14 apresentam-se os materiais utilizados para instalar uma luminária com lâmpada vapor sódio.

MATERIAIS	UNID	QTDE	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
ARRUELA QUADRADADA	UNI	1	0,25	0,25
BRAÇO BR1	UNI	1	11,50	11,50
CABO XLPE 2,5 mm <sup>2</sup>	m	2,5	0,97	2,42
CONNECTOR CUNHA	UNI	2	2,56	5,12
LÂMPADA VSO 100 W	UNI	1	8,95	8,95
LUMINÁRIA LM1	UNI	1	26,80	26,80
PARAFUSO RD	UNI	1	5,30	5,30
REATOR VSO 100 W EXT	UNI	1	37,10	37,10
RELEFOTOELETRICO	UNI	1	7,13	7,13
VALOR TOTAL P/ LUMINÁRIA VSO 100 W				104,57

**Quadro 14 – Custo de uma luminária com lâmpada vapor sódio 100 W**  
**Fonte: Departamento de Iluminação Pública de Foz do Iguaçu**

## 4.2 EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO

Para a realização do estudo luminotécnico, foi utilizado um luxímetro portátil, da marca Minipa (Figura 10), modelo MLM-1011 que realiza medidas do nível de luminosidade ambiente na faixa de 1 a 100.000 lux. Este equipamento possui visor de LCD de 3 ½ dígitos, função de congelamento da indicação, resposta espectral fotóptica de acordo com o padrão CIE, sensor tipo fotodiodo de silício e correção de leitura pela regra do cosseno.



Figura 10 - Luxímetro portátil Minipa  
Fonte: INSTEMAQ (2011)

O Quadro 15 apresenta as especificações técnicas do luxímetro portátil.

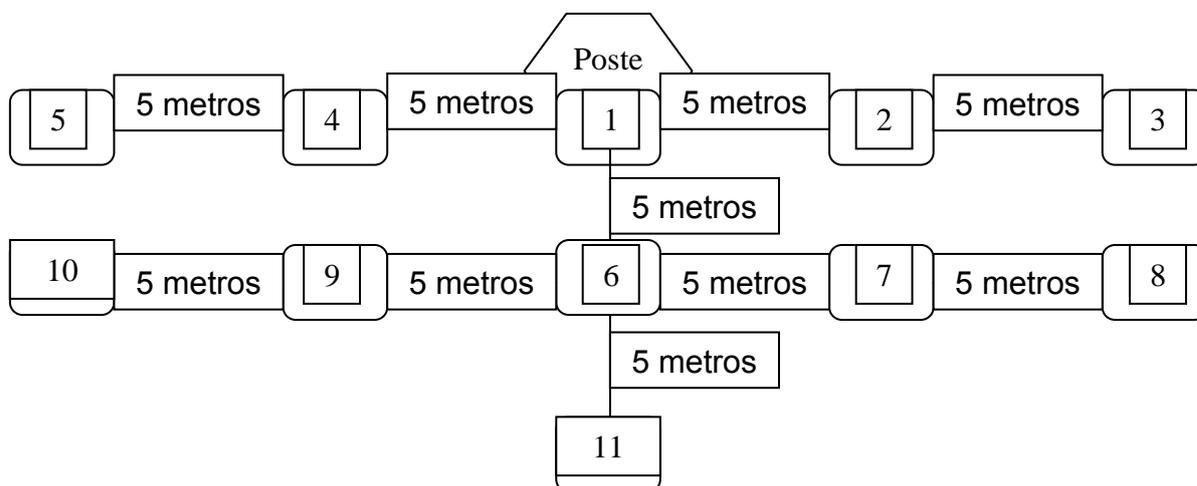
ESPECIFICAÇÃO	DESCRIÇÃO
Faixas	2000, 20000 (leitura x 10), 100000 (leitura x 100) – lux
Precisão	0 ~ 10000 lux $\pm$ (4%Leit.+0.5% f.s). Acima de 10000 lux $\pm$ (5%Leit. + 10 Dígitos)
Resolução	1 lux, 10 lux, 100 lux
Repetibilidade	$\pm$ 2%

Quadro 15: Especificação técnica do luxímetro portátil Minipa

### 4.3 METODOLOGIA

Para a realização das medições fotométricas, as lâmpadas dos postes em estudo estavam sazoadas, ou seja, já estavam em funcionamento por um período aproximado de 100 horas, estabilizando assim suas características luminotécnicas.

Foram escolhidos 11 pontos a serem realizadas as medições fotométricas em cada poste em estudo. A Figura 11 apresenta os 11 pontos, estes iniciando a frente do poste e se distanciando de 5 em 5 metros para os lados e para frente.



**Figura 11 – Definição dos pontos da medição**

Antes de iniciar as medições, foi limpa a célula foto-sensível do luxímetro com uma flanela e observado as seguintes situações que podem influenciar de maneira substancial nas medições de iluminância:

- Posicionamento incorreto da célula foto-sensível no ponto de medição;
- Condições do tempo: nublado, céu claro (escurecendo), normal (sem nuvens, céu estrelado) ou lua cheia;
- Iluminação nas proximidades do local da medição (residências, letreiros, etc.); vitrines, iluminação ornamental;
- Arborização.

Por serem lâmpadas de descarga, as medições foram realizadas após 30 minutos de funcionamento, com isso, as condições de funcionamento são consideradas estabilizadas, pois a temperatura e a pressão interna dos gases se encontram dentro de seus valores nominais.

A célula foto-sensível do luxímetro, foi posta no solo, por ser uma base firme e sem vibração, em todos os pontos definidos para a medição.

## 5 RESULTADOS

Após a definição dos pontos a serem verificados, realizaram-se os testes com as luminárias equipadas com lâmpadas vapor mercúrio e com lâmpadas vapor de sódio. Foram escolhidos três postes do sistema de iluminação pública localizados no Conjunto Libra, na região R-10 do município para a realização do estudo.

### 5.1 TESTES FOTOMÉTRICOS

Serão apresentados quadros com as condições encontradas nos três postes e os resultados dos testes fotométricos realizados com as luminárias equipadas com lâmpadas de mercúrio e com lâmpadas de sódio nos 11 pontos definidos para cada poste.

#### 5.1.1 Rua Ipanema com Rua Javari - 2º Poste Sentido Rua Tietê

- Luminária com lâmpada Vapor de Mercúrio

As medições foram realizadas no dia 20 de setembro de 2011. O céu estava normal, ou seja, sem nuvens, céu estrelado, a potência da lâmpada instalada era de 80 W, fabricante Empalux, o tempo de uso estimado da lâmpada era de 5.000 h, a luminária utilizada é do tipo aberta, fabricante Orion. A altura de montagem é de 7 m, a luminária estava sustentada por um braço curto, a largura da via é de 7 m e o espaçamento de um poste ao outro de aproximadamente 30 m.

- Luminária com lâmpada Vapor de Sódio

As medições foram realizadas no dia 28 de outubro de 2011, o céu estava normal, ou seja, sem nuvens, céu estrelado, a potência da lâmpada instalada era de

100 W, fabricante, Empalux, o tempo estimado de uso é de 320 h, a luminária utilizada é do tipo aberta, fabricante, Almirante. A altura de montagem, sustentação da luminária, largura da via e espaçamento dos postes, são as mesmas da situação acima descrita.

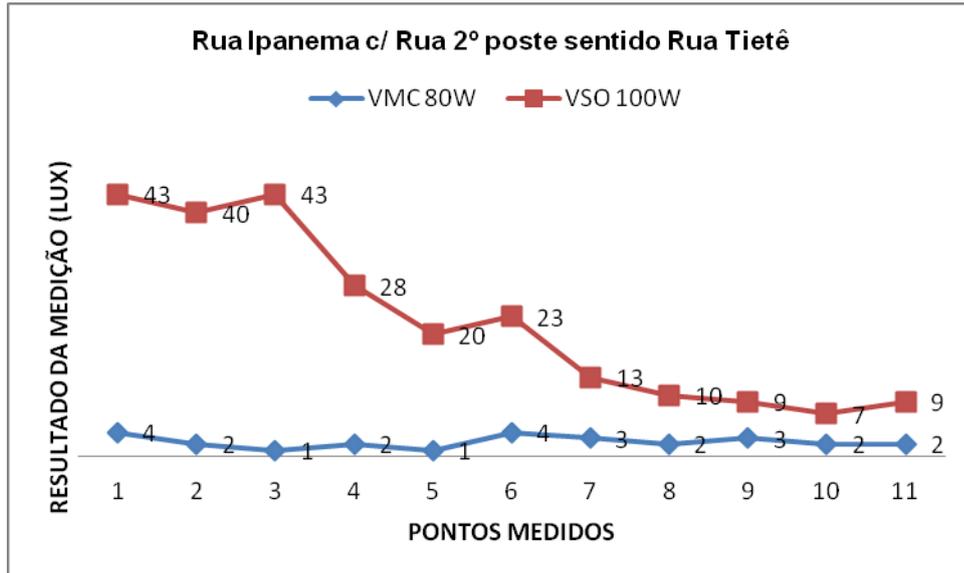
A Tabela 3 e a Figura 12 apresentam os resultados obtidos em cada ponto medido na Rua Ipanema com Rua Javari, 2º poste sentido Rua Tietê. Com a lâmpada Vapor Mercúrio 80 W, através da medição com o luxímetro, foi encontrado valor mínimo de 1 lux nos pontos 3 e 5, localizados nas extremidades laterais, e valor máximo de 4 lux nos pontos 1 e 6, localizados a frente do poste. Com a lâmpada Vapor Sódio 100 W, através da medição com o luxímetro, foi encontrado valor mínimo de 7 lux no ponto 10, localizado na extremidade lateral e valor máximo de 43 lux nos pontos 1 e 3.

---

**Tabela 3: Resultados das medições na R. Ipanema c/ R. Javari 2º poste sentido R Tietê – 2011**

Ponto Medido	Resultado VMC 80 W (lux)	Resultado VSO 100 W (lux)
1	4	43
2	2	40
3	1	43
4	2	28
5	1	20
6	4	23
7	3	13
8	2	10
9	3	9
10	2	7
11	2	9

---

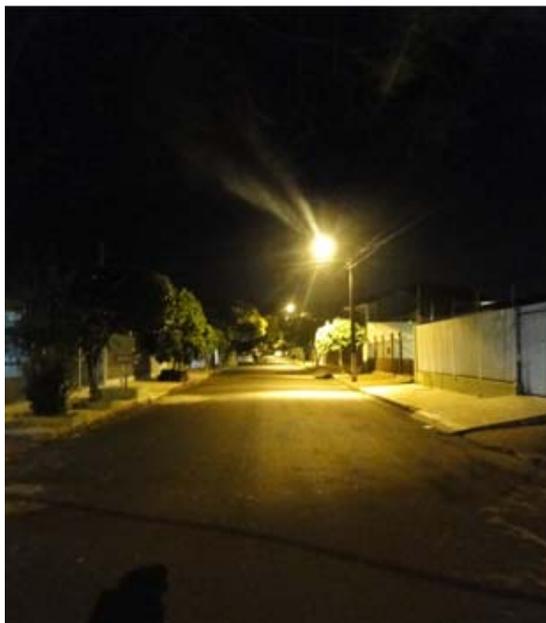


**Figura 12 - Gráfico Medição 1 com lâmpadas VMC 80 W e VSO 100 W**

A Figura 13 mostra a iluminação com a lâmpada Vapor Mercúrio 80W que foi substituída pela iluminação com lâmpada Vapor de sódio 100 W como mostra a Figura 14, ambas da Rua Ipanema esquina com a Rua Javari - 2º poste sentido Rua Tietê.



**Figura 13 Foto Rua Ipanema com Rua Javari - 2º poste sentido Rua Tietê – Iluminação com lâmpada Vapor de Mercúrio 80 W (Setembro 2011)**



**Figura 14 - Foto Rua Ipanema com Rua Javari - 2º poste sentido Rua Tietê – Iluminação com lâmpada Vapor de Sódio 100 W (Outubro 2011)**

#### 5.1.2 Rua Ipanema com Rua Javari - 3º Poste Sentido Rua Tietê

- Luminária com lâmpada Vapor de Mercúrio

As medições foram realizadas no dia 20 de setembro de 2011. O céu estava normal, ou seja, sem nuvens, céu estrelado, a potência da lâmpada instalada era de 80 W, fabricante Empalux, o tempo de uso estimado da lâmpada era de 5.000 h, a luminária utilizada é do tipo aberta, fabricante Orion. A altura de montagem é de 7 m, a luminária estava sustentada por um braço curto, a largura da via é de 7 m e o espaçamento de um poste ao outro de aproximadamente 30 m. Com árvores próximas ao poste.

- Luminária com lâmpada Vapor de Sódio

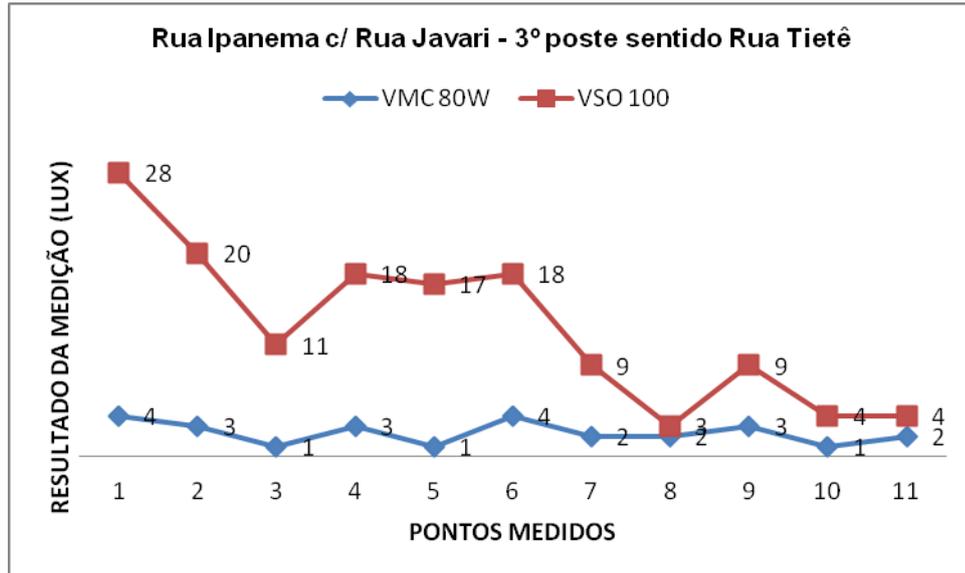
As medições foram realizadas no dia 28 de outubro de 2011, o céu estava normal, ou seja, sem nuvens, céu estrelado, a potência da lâmpada instalada era de

100 W, fabricante, Empalux, o tempo estimado de uso é de 320 h, a luminária utilizada é do tipo aberta, fabricante, Almirante. A altura de montagem, sustentação da luminária, largura da via e espaçamento dos postes, são as mesmas da situação acima descrita.

A Tabela 4 e o Figura 15 apresentam os resultados obtidos em cada ponto medido na Rua Ipanema com Rua Javari, 3º poste sentido Rua Tietê. Com a lâmpada Vapor Mercúrio 80 W, através da medição com o luxímetro, foi encontrado valor mínimo de 1 lux nos pontos 3, 5 e 10, localizados nas extremidades laterais, e valor máximo de 4 lux nos pontos 1 e 6, localizados a frente do poste. Com a lâmpada Vapor Sódio 100 W, através da medição com o luxímetro, foi encontrado valor mínimo de 4 lux no ponto 10 extremidade lateral e ponto 11 extremidade a frente do poste, e valor máximo de 28 lux no 1, localizado a frente do poste, abaixo da luminária.

**Tabela 4: Resultados das medições na R. Ipanema c/ R. Javari 3º poste sentido R Tietê – 2011**

Ponto Medido	Resultado VMC 80 W (lux)	Resultado VSO 100 W (lux)
1	4	28
2	3	20
3	1	11
4	3	18
5	1	17
6	4	18
7	2	9
8	2	3
9	3	9
10	1	4
11	2	4



**Figura 15 - Gráfico Medição 2 com lâmpadas VMC 80 W e VSO 100 W**

A Figura 16 mostra a iluminação com a lâmpada Vapor Mercúrio 80W que foi substituída pela iluminação com lâmpada Vapor de sódio 100 W como mostra a Figura 17, ambas da Rua Ipanema esquina com a Rua Javari - 3º poste sentido Rua Tietê.



**Figura 16 - Foto Rua Ipanema com Rua Javari - 3º poste sentido Rua Tietê – Iluminação com lâmpada VMC 80 W (Setembro 2011)**



**Figura 17 - Foto Rua Ipanema com Rua Javari - 3º poste sentido Rua Tietê – Iluminação com lâmpada VSO 100 W (Outubro 2011)**

### 5.1.3 Rua Itaúna com Rua Javari - 2º Poste Sentido Rua Tietê

- Luminária com lâmpada Vapor de Mercúrio

As medições foram realizadas no dia 20 de setembro de 2011. O céu estava normal, ou seja, sem nuvens, céu estrelado, a potência da lâmpada instalada era de 80 W, fabricante Empalux, o tempo de uso estimado da lâmpada era de 5.000 h, a luminária utilizada é do tipo aberta, fabricante Orion. A altura de montagem é de 7 m, a luminária estava sustentada por um braço curto, a largura da via é de 7 m e o espaçamento de um poste ao outro de aproximadamente 30 m. Com árvores próximas.

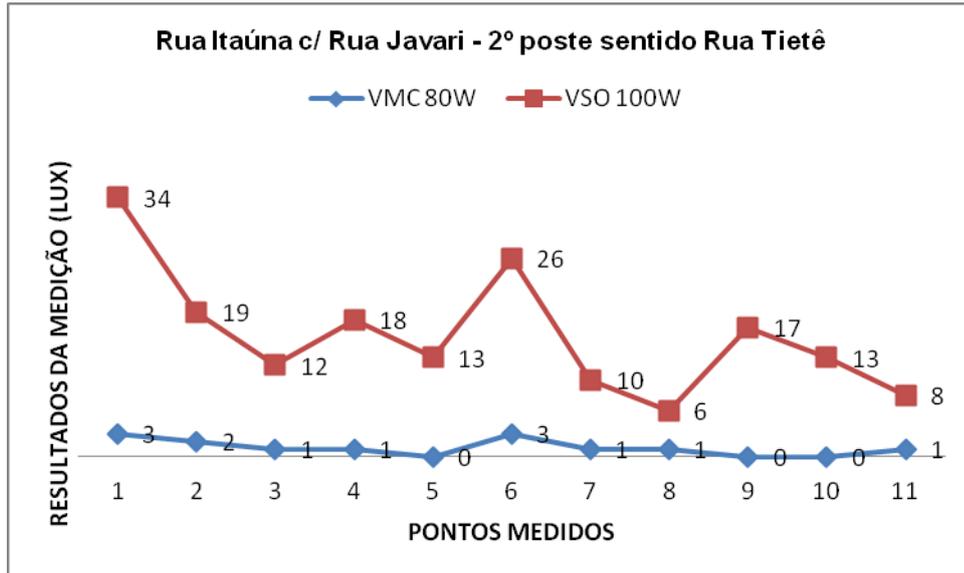
- Luminária com lâmpada Vapor de Sódio

As medições foram realizadas no dia 28 de outubro de 2011, o céu estava normal, ou seja, sem nuvens, céu estrelado, a potência da lâmpada instalada era de 100 W, fabricante, Empalux, o tempo estimado de uso é de 320 h, a luminária utilizada é do tipo aberta, fabricante, Almirante. A altura de montagem, sustentação da luminária, largura da via e espaçamento dos postes, são as mesmas da situação acima descrita.

A Tabela 5 e o Figura 18 apresentam os resultados obtidos em cada ponto medido na Rua Javar com Rua Javari, 2º poste sentido Rua Tietê. Com a lâmpada Vapor Mercúrio 80 W, através da medição com o luxímetro, foi encontrado valor nulo nos pontos 5, 9 e 10, localizados nas extremidades laterais, lado este que a iluminação é prejudicada por existir galhos de árvores, e valor máximo de 3 lux nos pontos 1 e 6, localizados a frente do poste. Com a lâmpada Vapor Sódio 100 W, através da medição com o luxímetro, foi encontrado valor mínimo de 8 lux extremidade lateral, e valor máximo de 34 lux no 1, localizado a frente do poste, abaixo da luminária.

**Tabela 5: Resultados das medições na R. Itaúna c/ R. Javari 2º poste sentido R Tietê – 2011**

Ponto Medido	Resultado VMC 80 W (lux)	Resultado VSO 100 W (lux)
1	3	34
2	2	19
3	1	12
4	1	18
5	0	13
6	3	26
7	1	10
8	1	6
9	0	17
10	0	13
11	1	8



**Figura 18 - Gráfico Medição 3 com lâmpadas VMC 80 W e VSO 100 W**

A Figura 19 mostra a iluminação com a lâmpada Vapor Mercúrio 80 W que foi substituída pela iluminação com lâmpada Vapor de sódio 100 W como mostra a Figura 20, ambas da Rua Itaúna esquina com a Rua Javari - 2º poste sentido Rua Tietê.



**Figura 19 - Foto Rua Itaúna com Rua Javari - 2º poste sentido Rua Tietê – Iluminação com lâmpada Vapor de Mercúrio 80 W (Setembro 2011)**



**Figura 20 - Foto Rua Itaúna com Rua Javari - 2º poste sentido Rua Tietê – Iluminação com lâmpada Vapor de Sódio 100 W (Outubro 2011)**

## 5.2 SIMULAÇÃO FOTOMÉTRICA

Foi realizado contato com a fabricante das luminárias utilizadas pela Prefeitura de Foz do Iguaçu, para solicitar o fornecimento dos dados fotométricos da luminária, por não ter obtido resposta positiva, os testes foram realizados por amostragem.

Foi disponibilizado pela empresa Repume Iluminação, um programa que foi desenvolvido especialmente para ela que faz a simulação do ensaio fotométrico. Para a realização do ensaio, foi considerado que todos os parâmetros são iguais, ou seja, dimensões da rua, altura e distância do posteamento, inclinação do poste/luminária, sem contribuição externa e o mesmo modelo de luminária. Desta forma, foram realizadas duas simulações, onde a diferença entre elas se atém a mudança da lâmpada, do modelo 80 Watts Vapor de Mercúrio e lâmpada modelo 100 Watts Vapor de Sódio. Os resultados são dados em lux.

Nos ensaios é importante ser destacado quatro indicativos:

- Médio: Iluminamento médio – é a integração de todos os pontos da área;
- Mín. e Max: Menor e maior leitura;
- Mín./Méd – Indica a uniformidade, ela estabelece uma leitura entre o claro e o escuro, quanto maior o valor melhor.

- Fluxo da lâmpada – É a quantidade de lumens fornecida pela lâmpada em esfera integradora.

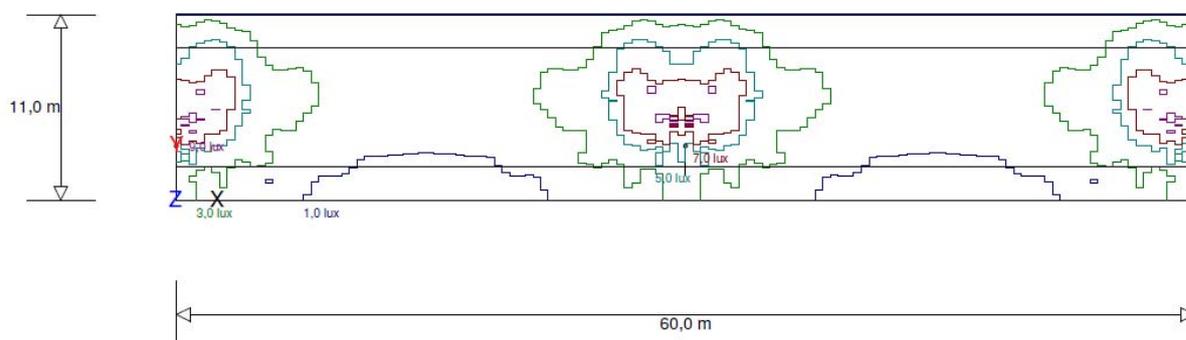
### 5.2.1 Ensaio 1 – Lâmpada Vapor de Mercúrio 80 W

Para a realização deste ensaio, foram considerados os parâmetros já mencionados, utilizando a lâmpada VMC 80 W que eram utilizadas no sistema de iluminação do Conjunto Libra.

A Figura 21 apresenta o mapeamento da distribuição angular da intensidade luminosa e o Quadro 16 os resultados obtidos, considerando a distância entre os postes de 30 metros, tendo os resultados no eixo Y de metro a metro e no eixo X de 5 em 5 m.

## REPUME ILuminação Pública

ILUMINAÇÃO	Medio: 3.4 lux	Medio/Min: 4.0	Dist. entre Postes: 30.0 m	Luminária: DI-540/A
	Min: 0.9 lux	Max/Min: 10.8	Largura da Via: 7.0 m	Lâmpada: V.MERCURIO 80W
	Máx: 9.3 lux	Min/Médio: 0.2	Largura da Calçada: 2.0 m	Fluxo da lâmpada: 10000
		Min/Max: 0.1	Largura do Canteiro: 2.0 m	Quant. de Lum. por Conjunto: 1
		Grade de cálculo	Altura de Montagem: 7.0 m	FPL(LLF): 0.85
		X: 1.00 m	Comp. do braço: 1.70 m	
	Y: 1.00 m	Ângulo de inclinação: 10.0º		



**Figura 21 – Simulação com lâmpadas Vapor Mercúrio 80 W**  
**Fonte: REPUME (2011)**

Y/X	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
9	4.1	3	2.2	2.1	2.2	3	4.1	3	2.2	2.1	2.2	3	4.1
8	5.1	3.4	2.3	2.2	2.3	3.4	5.1	3.4	2.3	2.2	2.3	3.4	5.1
7	7.2	3.9	2.4	2.2	2.4	3.9	7.2	3.9	2.4	2.2	2.4	3.9	7.2
6	7.5	4.7	2.4	1.8	2.4	4.7	7.5	4.7	2.4	1.8	2.4	4.7	7.5
5	9.3	4.2	2.1	1.4	2.1	4.2	9.3	4.2	2.1	1.4	2.1	4.2	9.3
4	7.2	4.2	1.8	1.1	1.8	4.2	7.2	4.2	1.8	1.1	1.8	4.2	7.2
3	5.8	3.9	1.5	1	1.5	3.9	5.8	3.9	1.5	1	1.5	3.9	5.8
2	3.5	3.1	1.1	0.9	1.1	3.1	3.5	3.1	1.1	0.9	1.1	3.1	3.5

**Quadro 16 – Resultados da simulação com a lâmpada Vapor Mercúrio 80 W**  
**Fonte: REPUME (2011)**

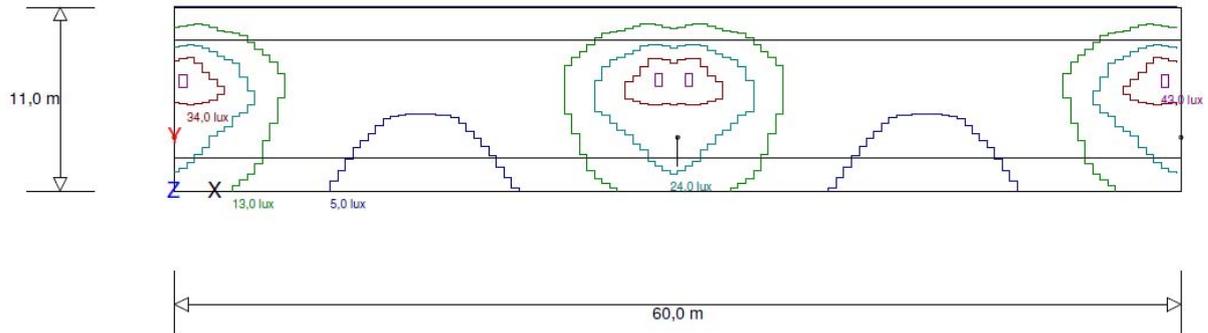
### 5.2.2 Ensaio 2 – Lâmpada VSO 100 W Tubular Posição do Soquete “2” na Vertical “C” Horizontal

Para a realização deste ensaio, foram considerados os parâmetros já mencionados, utilizando a lâmpada VSO 100 W que está substituindo as lâmpadas VMC 80 W no sistema de iluminação do Conjunto Libra.

A Figura 22 apresenta o mapeamento da distribuição angular da intensidade luminosa e o Quadro 17 os resultados obtidos, considerando a distância entre os postes de 30 metros, tendo os resultados no eixo Y de metro a metro e no eixo X de 5 em 5 m. A posição do soquete “2” na vertical “C” horizontal, são dígitos de posicionamento, adotados conforme o modelo e potência da lâmpada especificada, ou seja, é uma instrução de montagem.

## REPUME Iluminação Pública

ILUMINAÇÃO	Medio: 15.0 lux	Medio/Min: 4.3	Dist. entre Postes: 30.0 m	Luminária: DI-802
	Min: 3.5 lux	Max/Min: 12.1	Largura da Via: 7.0 m	Lâmpada: V.S100W TUBULAR POSIÇÃO DO SOQ
	Máx: 42.6 lux	Min/Médio: 0.2	Largura da Calçada: 2.0 m	UETE "2" NA VERTICAL "C" HORIZONTAL
		Min/Max: 0.1	Largura do Canteiro: 2.0 m	Fluxo da lâmpada: 10000
	Grade de cálculo	Altura de Montagem: 7.0 m	Quant. de Lum. por Conjunto: 1	
	X: 1.00 m	Comp. do braço: 1.70 m	FPL(LLF): 0.85	
	Y: 1.00 m	Ângulo de inclinação: 10.0°		



**Figura 22 – Simulação com lâmpadas Vapor Sódio 100 W posição do soquete alterada**  
 Fonte: REPUME (2011)

Y/X	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
9	19.4	12	8.7	8.6	8.7	12	19.4	12	8.7	8.6	8.7	12	19.4
8	30.2	15.7	9.5	8.4	9.5	15.7	30.2	15.7	9.5	8.4	9.5	15.7	30.2
7	39.4	19.4	9	8	9	19.4	39.4	19.4	9	8	9	19.4	39.4
6	42.6	22.8	8.2	6.9	8.2	22.8	42.6	22.8	8.2	6.9	8.2	22.8	42.6
5	33.1	22.3	7.2	5.6	7.2	22.3	33.1	22.3	7.2	5.6	7.2	22.3	33.1
4	32.5	18.3	6.4	4.5	6.4	18.3	32.5	18.3	6.4	4.5	6.4	18.3	32.5
3	31.4	15.6	5.9	4	5.9	15.6	31.4	15.6	5.9	4	5.9	15.6	31.4
2	30.1	14	5.5	3.5	5.5	14	30.1	14	5.5	3.5	5.5	14	30.1

**Quadro 17 – Resultados da simulação c/ lâmpada VSO 100 W c/ posição do soquete alterada**

Fonte: REPUME (2011)

### 5.3 CUSTO PARA SUBSTITUIÇÃO DAS LUMINÁRIAS

Baseado no custo de cada luminária equipada com lâmpadas VSO 100 W foi realizado o estudo prevendo o investimento que o Município de Foz do Iguaçu terá que realizar para a melhoria do sistema de iluminação pública das vias classificadas como Leve, ou seja, baixo fluxo de pedestre e baixo fluxo motorizado em todo o município.

O Quadro 18 dá a quantidade de luminárias de VMC 80 E 125 W conforme levantamento de 2010 que estão sendo retiradas do sistema de iluminação pública do município e o valor deste investimento, considerando o custo da luminária equipada com lâmpada VSO 100 W.

Material utilizado	Valor unitário	Quantidade de luminárias a serem substituídas		Valor total
		VMC 80 W 15000	VMC 125 W 5233	
Luminária equipada com lâmpada VSO 100 W	R\$ 104,57	R\$ 1.568.550,00	R\$ 547.214,81	R\$ 2.115.764,81

**Quadro 18 – Quantidade de luminárias a serem trocadas X investimento**

O Quadro 19 apresenta o consumo mensal e anual das luminárias com lâmpadas VMC 80 e 125 W e da luminária com lâmpada VMC 100 W baseado no levantamento das quantidades de luminárias instaladas no sistema de iluminação pública de Foz do Iguaçu.

Tipo/ Potência	Quantidade	Consumo mensal por luminária	Consumo anual por luminária	Consumo total anual
Mercúrio 80 W	15.000	R\$ 6.31	R\$ 75.72	R\$ 1.135.800,00
Mercúrio 125 W	5.233	R\$ 9.64	R\$ 115.68	R\$ 605.353,44
Sódio 100 W	3.313	R\$ 8.04	R\$ 96.48	R\$ 319.638,24
Números totais de consumo	23.546			R\$ 2.060.791,68

**Quadro 19 – Consumo mensal e anual da iluminação existente**

Ao serem realizadas as substituições de todas as luminárias com lâmpadas VMC 80 e 125 W para luminárias equipadas com lâmpadas VSO 100 W, haverá um aumento aproximado no consumo de 10%, conforme mostra o Quadro 17.

TIPO / POTÊNCIA	Quantidade	Consumo mensal por luminária	Consumo anual por luminária	Consumo total anual
Sódio 100 W	23.546	R\$ 8,04	R\$ 96,48	R\$ 2.271.718,08

**Quadro 20 – Consumo mensal e anual da iluminação proposta**

## 6 CONCLUSÃO

A partir da crise de energia do ano de 2001, a busca por soluções que reduzissem o consumo da energia elétrica, tornou-se ainda mais evidente.

A iluminação pública é essencial à qualidade de vida nos centros urbanos, por permitir aos habitantes, que desfrutem plenamente do espaço público no período noturno. Devido a sua importância, a melhoria na qualidade se faz necessária.

Neste trabalho apresentou-se o estudo da melhoria no sistema de iluminação pública no município de Foz do Iguaçu. Levando em consideração os testes fotométricos realizados em três postes do Conjunto Libra, bairro que pertence à região R-10 do município.

Os resultados das medições fotométricas encontrados após a substituição das lâmpadas vapor mercúrio por lâmpadas vapor sódio foram superiores em todos os pontos medidos. Sob o ponto de vista dos ensaios fotométricos realizados, percebe-se a diferença do mapeamento da distribuição angular da intensidade luminosa, onde com a lâmpada vapor mercúrio 80 W se percebe a dispersão do mapeamento dos pontos iluminados, as linhas são onduladas, e com a lâmpada vapor sódio 100 W, a distribuição angular é regular. Além dos testes, através das fotos, tem-se como resultado a melhoria visualmente da iluminação das vias.

Considerando o investimento que a prefeitura irá fazer, para realizar a substituição de todos os pontos com lâmpadas VMC 80 e 125 W para lâmpadas VSO 100 W mais o consumo de energia elétrica que resultará; não haverá retorno financeiro, pois o consumo de energia elétrica aumentará aproximadamente 10%, não podendo este, ser considerado energeticamente eficiente. Porém o retorno que a prefeitura já está tendo, tem vindo de maneira verbal, através de agradecimentos e elogios feitos por parte da população, manifestando a satisfação com o trabalho de investimento realizado.

Considerando a padronização da IP e ainda mais a questão de segurança, cabe aos edificadores de políticas públicas estabelecerem normativas que constem nos planos diretores de seus municípios a especificação do sistema de iluminação a adotar para cada região da cidade.

## REFERÊNCIAS

BARBOSA, Robson. **Manual de iluminação pública eficiente**. Rio de Janeiro: IBAM/DUMA, 1998. 84 p. (Guia Técnico Procel).

COPEL. **Manual de Iluminação Pública**. Curitiba, 1998. 34 p.

COPEL. **Norma Técnica Copel – NTC**. 3ª ed. Curitiba, 1998. 48 p.

CPFL, Energia. **Projeto – Iluminação Pública**. São Paulo, 2006. 24 p.

DPIP, Acervo. **Custo dos materiais utilizados na instalação das luminárias**. Foz do Iguaçu, 2011.

DPIP, Acervo. **Termo de Contagem de Lâmpadas da Iluminação Pública**. Cascavel, 2010. 5p.

DPIP, Acervo. **Termo de Contagem de Lâmpadas da Iluminação Pública**. Cascavel, 2009. 5p.

GUERRINI, Délio P. **Iluminação Teoria e Projeto**. 2ª ed. São Paulo: Érica, 2011.

IFSC. Iluminação artificial. Disponível em:

<[http://www.joinville.ifsc.edu.br/~edsonh/PIP%20%20Projeto%20e%20Instalacoes%20Elétricas%20Prediais/Material%20de%20Aula/Aulas/Luminot%C3%A9cnica/Conceito\\_Ilumina%C3%A7%C3%A3o.pdf](http://www.joinville.ifsc.edu.br/~edsonh/PIP%20%20Projeto%20e%20Instalacoes%20Elétricas%20Prediais/Material%20de%20Aula/Aulas/Luminot%C3%A9cnica/Conceito_Ilumina%C3%A7%C3%A3o.pdf)>. Acesso em 17 de Outubro de 2011.

Lâmpadas Empalux. Disponível em:

<<http://www.empalux.com.br/pt/produtos#&panel1-7>>. Acesso em 18 de outubro de 2011.

Luxímetro Minipa. Disponível em:

<<http://www.instemaqinstrumentos.com.br/produtos/minipa/luximetro/luximetro-digital-mlm1011>>. Acesso em 20 de outubro de 2011.

NBR 5101. **Iluminação Pública: procedimento**. Rio de Janeiro, 1992.

Reatores Almirante. Disponível em:

<[http://www.almiranteiluminacao.com.br/?page\\_id=82](http://www.almiranteiluminacao.com.br/?page_id=82)>. Acesso em 18 de Outubro de 2011.

Reatores Ilumatic. Disponível em:

<<http://www.ilumatic.com.br/publica1.asp?id=Reatores%20P%FAblicos>>. Acesso em 18 de outubro de 2011.

Relé Taktgnt. Disponível em:

<<http://www.taktgtn.com.br/>>. Acesso em 20 de outubro de 2011.

SILVA, Mauri L. **Luz Lâmpadas & Iluminação**. Porto Alegre: Pallotti 2002.