

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

DIEGO PINHEIRO DOS SANTOS

ILUMINAÇÃO PÚBLICA DE SÃO VICENTE DO SUL - COMPARATIVO FINANCEIRO

**ALEGRETE
2015**

DIEGO PINHEIRO DOS SANTOS

ILUMINAÇÃO PÚBLICA DE SÃO VICENTE DO SUL - COMPARATIVO FINANCEIRO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Graduação de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pampa, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. José Wagner Maciel Kaehler

**ALEGRETE
2015**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais)

d724i dos Santos, Diego Pinheiro

Iluminação Pública de São Vicente do Sul -
Comparativo Financeiro / Diego Pinheiro dos Santos.
82 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) --
Universidade Federal do Pampa, ENGENHARIA ELÉTRICA,
2015.

"Orientação: José Wagner Maciel Kaehler".

1. Iluminação Pública. 2. Eficiência Energética.
I. Título.

DIEGO PINHEIRO DOS SANTOS

ILUMINAÇÃO PÚBLICA DE SÃO VICENTE DO SUL - ABORDAGEM FINANCEIRA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Eficiência Energética

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 1 de julho de 2015.

Banca examinadora:



Prof. Dr. José Wagner Maciel Kaehler
Orientador



Prof. Ma. Natalia Braun Chagas
UNIPAMPA



Prof. Me. Guilherme Sebastião da Silva
UNIPAMPA

Dedico este Trabalho aos meus pais, Jairo e Maria Helena, ao meu irmão, Fábio e minha namorada, Cátia.

Agradecimentos

Primeiramente queria agradecer aos meus pais Jairo e Maria Helena que se empenharam ao máximo para que pudesse concluir meus estudos.

Ao meu irmão Fábio pelo apoio incondicional.

A minha namorada Cátia pelas palavras de incentivo, por todo amor e carinho prestados nesses anos de convivência.

Ao professor José Wagner, que de imediato aceitou trabalhar nesse projeto, pelos ensinamentos e paciência, meu muito obrigado.

A Prefeitura Municipal de São Vicente do Sul pelos dados reunidos, esses indispensáveis para realização do trabalho.

Aos amigos Arian, Benhur, Charles, Douglas, Henrique, Theodoro parceiros de estudo nesta caminhada e também extensão de minha família nesses anos de graduação.

A Universidade Federal do Pampa por toda estrutura prestada ao longo do curso.

Agradeço a todos que de uma forma ou de outra ajudaram e contribuíram para a conclusão desta etapa de minha vida.

*“O êxito da vida não se mede pelo caminho que
você conquistou, mas sim pelas dificuldades que
superou no caminho.”*

Abraham Lincoln

RESUMO

A iluminação pública tem papel fundamental na qualidade de vida dos habitantes de uma cidade. Na maioria dos pequenos municípios os administradores têm dúvidas de como funciona a tarifação da fatura de iluminação pública.

Este trabalho apresentará uma abordagem financeira da iluminação pública do município de São Vicente do Sul, e ao término esclarecerá como ocorre essa tarifação e se o montante repassado pela concessionária ao município condiz com carga instalada para este tipo de consumo. Para isso realizou um levantamento de campo minucioso, recolhimento de dados e documentos para consulta, junto a Prefeitura Municipal.

Ao final reuniu-se um banco de dados para a consulta das partes envolvidas, (Concessionária e Prefeitura), esclareceu as dúvidas referentes à fatura e sugeriu uma alternativa para o sistema de Iluminação Pública a substituição das lâmpadas de Vapor de Mercúrio de Alta Pressão por lâmpadas de Vapor de Sódio de Alta Pressão, agregando qualidade na iluminação e diminuição da fatura de energia neste tipo carga.

Palavras-chaves: Iluminação; Iluminação Pública; Regulamentação; Tarifação.

ABSTRACT

Public lighting plays a key role in the quality of life of the inhabitants of a city. In most small towns administrators have doubts of how charging for the invoice street lighting bill.

This paper present a financial approach to public lighting the municipality of São Vicente do Sul, and the end will was clarify how this charging occurs and if the cash amount transferred by the concessionarie to the municipality matches load installed for this type of consumption. For it conducted a thorough survey of the field, gathering data and documents for consultation, through the Municipality.

At the end we met a database for consultation of the parties involved, (Utility and City Hall), clarified the doubts about the bill and suggested an alternative to the public lighting system to replace the Mercury Vapor lamps High Pressure for lamps Vapor High Pressure Sodium, adding quality lighting and reduced energy bill this charge type.

Keywords: lighting; Street lights; regulations; Charging.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

cd/m² - Candelas por metro quadrado

CIE - International Commission on Illumination

°C - Graus Celsius

DNAEE - Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica

IESNA - Illuminating Engineering Society of North America

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

IP - Iluminação Pública

IRC - Índice de reprodução de cores

K - Kelvin

kHz - Quilo Hertz

kWh - Quilo Watts Horas

LED - Light emitting diode (Diodo Emissor de Luz)

lm/m² - Lúmens por metro quadrado

mm - milímetros

NBR - Norma Brasileira

PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

PROCEL RELUZ - Programa Nacional de Iluminação Pública e Sinalização Semafórica Eficientes

RCB - Relação custo benefício

TCC - Temperatura de cor correlata

VSAP - Vapor de sódio de alta pressão

VMAP - Vapor de mercúrio de alta pressão

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Equipamentos que compõem a iluminação pública	21
FIGURA 2 - Tipos de Braço usados na Iluminação Pública	22
FIGURA 3 - Gráfico Percentual da Iluminação Pública no Brasil.....	29
FIGURA 4 - Mapa utilizado como subsídio para realização do levantamento	44
FIGURA 5 - Fluxograma de execução do trabalho	44
FIGURA 6 - Arranjo para medição com Luxímetro	52
FIGURA 7 - Dados eficiência Luminária Aberta.....	54
FIGURA 8 - Representação cores falsas lâmpadas VMAP 125 W.....	55
FIGURA 9 - Resultados iluminância pista de rodagem lâmpada VMAP 125 W	55
FIGURA 10 - Resultados iluminância pista de passeio lâmpada VMAP 125 W	56
FIGURA 11 - Dados eficiência Luminária PHILIPS SRP 222.....	57
FIGURA 12 - Representação cores falsas lâmpadas VSAP 100 W	58
FIGURA 13 - Resultados iluminância pista de rodagem lâmpada VSAP 100 W.....	59
FIGURA 14 - Resultados iluminância pista de passeio lâmpada VSAP 100 W	59
FIGURA 15 - Dados eficiência Luminária Fechada	61
FIGURA 16 - Representação cores falsas lâmpadas VMAP 250 W.....	62
FIGURA 17 - Resultados iluminância pista de rodagem lâmpada VMAP 250 W	62
FIGURA 18 - Resultados iluminância pista de passeio lâmpada VMAP 250 W	63
FIGURA 19 - Representação cores falsas lâmpadas VSAP 150 W	65
FIGURA 20 - Resultados iluminância pista de rodagem lâmpada VSAP 150 W.....	65
FIGURA 21 - Resultados iluminância pista de passeio lâmpada VSAP 150 W	65

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Fontes de luz aplicadas na Iluminação Pública do Brasil.....	29
TABELA 2 - Características lâmpadas utilizadas na Iluminação Pública do Brasil	30
TABELA 3 - Comparativo Lâmpadas VSAP x VMAP	31
TABELA 4 - Classes de iluminação para cada tipo de via	33
TABELA 5 - Requisitos de luminância e uniformidade	34
TABELA 6 - Iluminância média mínima e uniformidade para cada classe de iluminação	34
TABELA 7 - Classes de iluminação para cada tipo de via com uso de pedestres	35
TABELA 8 - Iluminância média e uniformidade mínima por classe de iluminação	35
TABELA 9 - Alternativas de Substituição de Lâmpadas.....	39
TABELA 10 - Dados Reunidos junto a Prefeitura Municipal	45
TABELA 11 - Dados levantados do sistema de Iluminação Pública.....	46
TABELA 12 - Compatibilização do novo consumo	47
TABELA 13 - Novo valor da fatura de energia.....	48
TABELA 14 - Comparação dos dados reais com os novos dados levantados	48
TABELA 15 - Comparação financeira dos dados reais com os novos dados levantados	49
TABELA 16 - Características simulada com lâmpada VMAP 125 W.....	53
TABELA 17 - Resultados pista de rodagem lâmpada VMAP 125 W	54
TABELA 18 - Resultados pista de Passeio lâmpada VMAP 125 W	54
TABELA 19 - Resultado iluminância lâmpada VMAP 125 W	56
TABELA 20 - Características simulada com lâmpada VSAP 100 W.....	57
TABELA 21 - Resultados pista de rodagem lâmpada VSAP 100 W	58
TABELA 22 - Resultados pista de Passeio lâmpada VSAP 100 W.....	58
TABELA 23 - Resultado iluminância lâmpada VSAP 100 W	59
TABELA 24 - Características simulada com lâmpada VMAP 250 W.....	60
TABELA 25 - Resultados pista de rodagem lâmpada VMAP 250 W	61
TABELA 26 - Resultados pista de Passeio lâmpada VMAP 250 W	61
TABELA 27 - Resultado iluminância lâmpada VMAP 250 W	63
TABELA 28 - Características simulada com lâmpada VSAP 150 W.....	63
TABELA 29 - Resultados pista de rodagem lâmpada VSAP 150 W	64
TABELA 30 - Resultados pista de Passeio lâmpada VSAP 150 W.....	64
TABELA 31 - Resultado iluminância lâmpada VSAP 150 W	66

TABELA 32 - Custos de Implantação	68
TABELA 33 – Nova configuração do sistema de Iluminação Pública.....	68
TABELA 34 - Custos anualizados por equipamento.....	69

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
1.1 Objetivo Geral	17
1.2 Objetivos Específicos	18
1.3 Estrutura do Trabalho	18
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1 Iluminação Pública	19
2.2 Conceitos Luminotécnicos	19
2.3 Equipamentos do Sistema de Iluminação Pública	21
2.3.1 Braço	22
2.3.2 Cabos e Ferragens.....	22
2.3.3 Relé Fotoelétrico	23
2.3.4 Reator.....	23
2.3.5 Luminária.....	25
2.3.6 Lâmpada.....	26
2.3.6.1 Lâmpada de Vapor de Mercúrio Alta Pressão.....	26
2.3.6.2 Lâmpada de Vapor de Sódio Alta Pressão	27
2.3.6.3 Lâmpada de Vapor Metálico Alta Pressão	27
2.3.6.4 Lâmpadas Fluorescentes Compactas	28
2.3.6.5 Comparativo das Lâmpadas Comumente Utilizadas	28
2.4 Normas e Padrões.....	31
2.5 Medição, Tarifação e Custeio	35
2.6 Políticas para melhoramento da Iluminação Pública	37
2.6.1 Eficiência energética do Sistema de Iluminação Pública.....	38
2.6.2 Análise de Viabilidade Técnica do Projeto.....	39
2.7 Considerações Finais.....	41
3. ESTUDO DE CASO	43
3.1 Metodologia	43
3.2 Resultados Obtidos	45
3.3 Considerações Finais.....	49

4. ESTUDO DE CAMPO	51
4.1 Levantamento de Campo Rua Coronel Pilar	52
4.2 Solução Proposta para Substituição de Lâmpadas de VMAP 125 W	56
4.3 Levantamento de Campo Rua Brasil	60
4.4 Solução Proposta para Substituição de Lâmpadas de VMAP 250 W	64
4.5 Considerações Finais.....	66
5. VIABILIDADE ECONÔMICA	67
5.1 Custos de Implementação	67
5.2 Custos Anualizados	68
5.3 Relação Custo Benefício e Tempo de Retorno Simples.....	69
5.4 Considerações Finais.....	70
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	71
6.1 Sugestões para Trabalhos Futuros.....	72
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
ANEXO A	75
ANEXO B.....	76
ANEXO C.....	77
ANEXO D.....	79
ANEXO E	80
ANEXO F	81
ANEXO G.....	82

1. INTRODUÇÃO

A iluminação pública está ligada diretamente na qualidade de vida dos habitantes de uma cidade, permitindo aos mesmos aproveitar os espaços públicos no período noturno.

Tem papel fundamental nas cidades, proporcionando iluminação no tráfego de pessoas, veículos e bicicletas, no destaque de monumentos, praças, prédios ressaltando a beleza de áreas urbanas, orientando percursos e evidenciando áreas de lazer.

Sendo que uma iluminação pública de qualidade gera aspectos positivos em um município, favorecendo o turismo (datas comemorativas), comércio noturno, lazer noturno (atividades físicas ao ar livre, passeios), ajudando social e economicamente as pessoas.

No Brasil, a iluminação Pública teve seu início com a chegada da Família Real no início do século XIX, onde os governantes se propuseram a modernizar o espaço comum e melhorar a segurança pública. Apesar deste crescimento ser de forma vagarosa, neste período foram criadas diferentes tecnologias como a iluminação a óleo, a gás e a elétrica, dentre outras descobertas que ajudaram a melhorar as redes de Iluminação Pública (ELETROBRAS, 2008).

No início do século XX, intensifica-se a evolução da geração de energia no Brasil, contribuindo para a evolução da iluminação pública. Este acréscimo ainda foi ampliado a partir dos anos 1960 quando se inicia a utilização em larga escala das lâmpadas de descarga (ROSI-TO, 2009).

Segundo a (ELETROBRAS, 2008), a iluminação pública no Brasil corresponde a aproximadamente 4,5% da demanda nacional e a 3,0% do consumo total de energia elétrica do país. O equivalente a uma demanda de 2,2 GW e ao consumo de 9,7 bilhões de kWh/ano. Atualmente, o Brasil conta com aproximadamente 15 milhões de pontos de iluminação pública espalhados pelo país.

Para os critérios de seleção quanto ao tipo de lâmpada a ser instalado é necessário o conhecimento de normas e padrões que poderão ser informadas pela concessionária responsável, ou ainda pelas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

As condições de fornecimento de energia destinado à iluminação pública, assim como ao fornecimento geral de energia elétrica, são regulamentadas especificamente pela Resolução Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) nº 414/2010, em substituição à Resolução nº.

456/2000 e das anteriores Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) 158/89 (específica de Iluminação Pública) e DNAEE 466/97 (das condições gerais de fornecimento de energia elétrica).

A tarifa aplicável ao fornecimento de energia elétrica para Iluminação Pública é estabelecida pela ANEEL que define como a classe B4 para a iluminação pública, sendo a tarifa B4a aplicável quando o ponto de entrega for a conexão do sistema de distribuição do concessionário com as instalações de Iluminação Pública, ou seja, quando a concessionária não for responsável pelo parque de iluminação pública. Já quando o ponto de entrega de energia for o serviço de iluminação (bulbo da lâmpada), sendo a concessionária é responsável pela manutenção do sistema de IP, a tarifa a ser adotada é a B4b.

No que se refere as ações voltadas à melhoria, no ano 2000 foi lançado o Procel Reluz, uma iniciativa da Eletrobras apoiada pelo Ministério de Minas e Energia. Desde seu lançamento, o Programa já ajudou a economizar 885 milhões de kWh de energia elétrica por meio da melhoria de mais de 2,5 milhões de pontos de IP (ELETROBRAS, 2013).

De acordo com (SANTANA, 2010), observa-se que o Brasil possui um sistema de iluminação pública distribuída em muitos municípios, sendo que os menores não têm profissionais habilitados para prestar serviços de operação e manutenção e muito menos para dirimir eventuais dúvidas referentes a iluminação pública. Além disso, as concessionárias também não têm pessoal suficiente para realizar um trabalho de levantamento de dados sobre a iluminação pública nas regiões onde são responsáveis.

Neste contexto o trabalho tem por objetivo verificar a compatibilidade entre o valor repassado pela concessionária AES Sul à Prefeitura Municipal condiz com a potência total instalada. Ainda com os dados coletados em campo pode-se elaborar um banco de dados para consulta tanto da Administração Municipal como da AES Sul.

1.1 Objetivo Geral

O presente trabalho visa verificar se a carga total instalada referente a iluminação pública, confere com os valores de conta de energia correspondentes a este tipo de carga, buscando esclarecer se o atual modelo de medição é adequado.

1.2 Objetivos Específicos

Contribuir com as partes envolvidas (Prefeitura Municipal e Concessionária), dirimindo dúvidas da efetividade e da eficácia dos serviços públicos de iluminação, propiciando futuramente gerar um banco de dados dos pontos de iluminação levantados, para consulta da Administração Municipal e Concessionária;

Com os dados levantados, mostrar comparações financeiras e compatibilizar com a norma vigente.

Produzir fontes para discussão da medição atual;

Avaliar uma alternativa eficiente para redução da demanda atual.

1.3 Estrutura do Trabalho

O capítulo 1 apresenta alguns dados e problemas enfrentados pelas partes envolvidas, bem como, algumas razões que justificam a elaboração deste trabalho e são apresentados os objetivos que se espera atingir.

O capítulo 2 tem por objetivo demonstrar uma revisão bibliográfica sobre a Iluminação Pública. Neste capítulo serão apresentados os equipamentos que compõem o sistema, tarifação, custeio, medição, as principais lâmpadas utilizadas, normas e padrões a serem considerados e ao final deste uma conclusão referente a estes tópicos.

O capítulo 3 apresenta a metodologia adotada neste estudo, incluindo a coleta de informações, posteriormente são mostrados os resultados obtidos e a comparação com a situação atual do sistema.

O capítulo 4 apresenta as medições recolhidas em campo e após a simulação destes dados no software DIALux, também encontra-se propostas e simulações para melhoria no sistema de Iluminação Pública.

No capítulo 5 são apresentados os estudos de custo benefícios para alternativa proposta.

Por fim, destacam-se as considerações finais sobre o estudo realizado e fazem-se algumas recomendações e sugestões para trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo visa apresentar, resumidamente, os conceitos teóricos necessários para a compreensão geral da Iluminação Pública (IP), conceitos necessários aos próximos capítulos. Espera-se esclarecer os conceitos técnicos sobre a IP, equipamentos, normas, padrões, medição, custeio, tarifação entre outros.

2.1 Iluminação Pública

A IP é o serviço que tem o objetivo de prover luz ou claridade artificial aos logradouros públicos no período noturno ou nos escurecimentos diurnos ocasionais, incluindo locais que demandem iluminação permanente no período diurno. (ROSITO, 2009).

Os serviços de IP abrangem ruas, avenidas, praças, túneis e outros logradouros de domínio público, de uso comum e que possuem livre acesso, também aqueles destinados à iluminação de monumentos e obras de arte encontradas em áreas públicas, excluindo o fornecimento de energia elétrica que possua por objetivo qualquer forma de publicidade ou propaganda. A exploração dos serviços de IP é de total competência do município e o patrimônio é geralmente de sua propriedade. Portanto, é de interesse da administração, gerir de forma eficiente este serviço, de maneira a garantir níveis suficientes de iluminação e utilizar de forma racional a energia disponibilizada.

2.2 Conceitos Luminotécnicos

A luz é expressa através de conceitos e grandezas. Neste item são descritos os conceitos necessários para a compreensão dos dados e tabelas utilizadas para caracterização das tecnologias empregadas na IP e alguns conceitos fundamentais para a compreensão dos fenômenos

relacionados à iluminação. Segundo (ROSITO, 2009), (NASCIMENTO, 2012) para realização de um projeto de iluminação eficiente, é fundamental a compreensão dos seguintes conceitos e grandezas:

Fluxo luminoso: refere-se à quantidade total de luz emitida por uma fonte, sendo que este fluxo é medido em lúmens (lm). No período da utilização das fontes luminosas ao longo de sua vida útil as lâmpadas sofrem redução de seu fluxo luminoso, esta depreciação é ocasionada pela degradação de seus materiais construtivos.

Intensidade luminosa: é expressa em candelas (cd), e é a intensidade do fluxo luminoso projetado em uma determinada direção.

Iluminância: é o fluxo luminoso que incide sobre uma superfície, situada em certa distância da fonte, por unidade de área. A medida para iluminância é o lúmens por metro quadrado (lm/m²) ou lux.

Luminância: A luminância medida em candelas por metro quadrado (cd/m²), é a intensidade luminosa refletida por uma superfície aparente, podendo ser considerada como a medida física do brilho de uma superfície iluminada ou de uma fonte de luz, sendo através dela que os seres humanos enxergam.

Temperatura de cor correlata: (TCC), identifica-se que as fontes de luz podem emitir luz de aparência de cor entre “fria” e “quente”, sendo que as cores “quentes” possuem uma aparência avermelhada ou amarelada e as cores “frias” são azuladas. As aparências “quente” e “fria” têm sentido inverso ao da TCC, 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).

A existência de diferentes temperaturas de cor permite um maior conforto visual, em consonância com o ambiente envolvente, se traduzindo naturalmente em melhor qualidade de iluminação. Para a maioria dos pontos de IP a temperatura de cor das lâmpadas de descarga não se considera como item importante, já que os logradouros públicos atualmente são iluminados tendo em vista os custos com a manutenção e a economia de energia elétrica alcançada com a vida útil e a eficiência energética das lâmpadas.

Fator ou índice de reflexão: é a relação entre o fluxo luminoso refletido e o incidente e varia em função das cores e dos acabamentos das superfícies e das suas características de refletância, sendo que por ser um índice não possui unidade de medida.

O índice de reprodução de cor (IRC): mede quanto à luz artificial se aproxima da natural do sol, fator este preponderante na comparação de fontes de luz com a mesma TCC ou para a escolha da lâmpada. Este índice é obtido calculando a curva espectral e definindo o IRC de cada produto em laboratórios dos fabricantes ou de órgãos especializados, e seus valores variam de 0 a 100, sendo que, quanto mais próximo de 100, melhor o IRC.

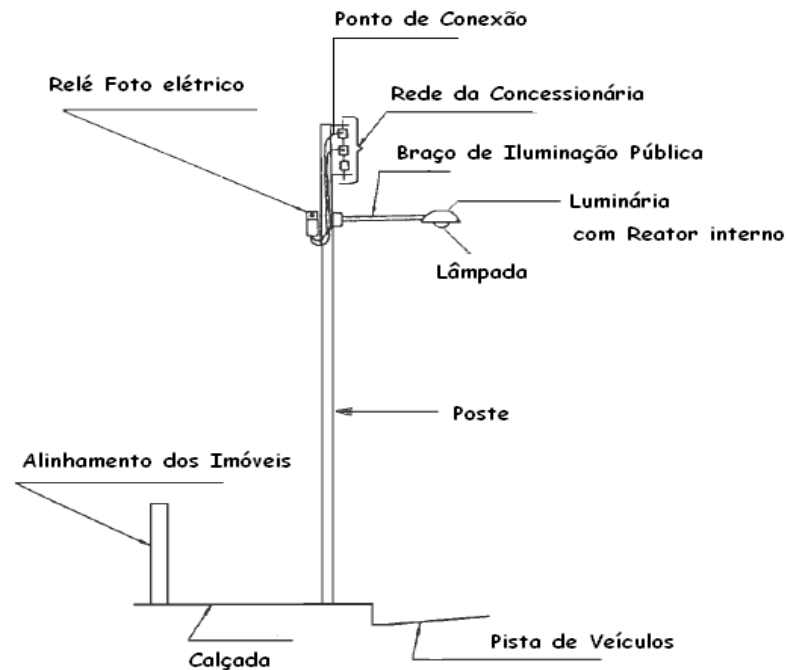
Uma lâmpada com IRC de 60 a 70, por exemplo, é indicada para áreas de circulação, e as lâmpadas com IRC acima de 80 são destinadas a locais em que a distinção de cores é importante, como lojas, floriculturas, entre outros.

As lâmpadas que tem melhores IRC são aquelas que possuem filamento, tanto incandescentes comuns como halógenas, pois esses tipos de lâmpadas imitam em seu processo de funcionamento a luz do Sol, por incandescência. Alguns autores tomam como referência a medida da correspondência da cor de um objeto com o padrão de cor, como exemplo, a lâmpada incandescente, considerada 100, ou seja, quanto mais próximo de 100 melhor será o IRC e conseqüentemente maior os detalhes percebidos da cor refletida proporcionada pela a luz.

2.3 Equipamentos do Sistema de Iluminação Pública

Para avaliar o sistema de IP e necessário conhecer os equipamentos que compõem esse sistema destacando: Rede de distribuição da concessionária, Braço, Cabos e Ferragens, Luminária, Relé fotoelétrico, Reator, Lâmpada. A figura 1 permite visualizar os equipamentos encontrados em sistema de IP.

FIGURA 1 – Equipamentos que compõem a iluminação pública.



Fonte: SANTANA, 2010.

2.3.1 Braço

Na IP os braços são usados para que a luminária seja projetada à frente do poste, de modo que a luz seja bem distribuída. Segundo (COPEL, 2012) no que diz respeito à distribuição de luminosidade, o ângulo de fixação da luminária em relação à horizontal, proporcionada pelo braço, tem fundamental importância, pois pode comprometer o desempenho do conjunto óptico.

Sendo assim as especificações de ambos equipamentos devem estar de acordo neste quesito. Os braços mais comuns usados em IP são do tipo BR-1 para luminárias abertas e potências de 70 a 100 W, BR-2 para luminárias fechadas e potências de 150 a 250 W e BR-3 para luminárias fechadas e potências de 250 a 400 W, cujas características são mostradas nas figura 2, respectivamente.

FIGURA 2 - Tipos de Braço usados na Iluminação Pública

(a) Braço BR-1

(b) Braço BR-2

(c) Braço BR-3



Fonte: COPEL, 2012.

2.3.2 Cabos e Ferragens

Para realizar a conexão elétrica entre os diversos equipamentos citados, é recomendado o uso de cabo de cobre com dupla isolamento em Polietileno reticulado, bitola de 2,5 milímetros quadrados, para todos os tipos e potências de lâmpadas. Dentre as ferragens necessárias podem ser citados parafusos, arruelas, porcas, terminais, conectores, fita isolante entre outros.

2.3.3 Relé Fotoelétrico

O relé controla o acendimento e desligamento da lâmpada de acordo com o nível de luz presente no ambiente.

Como o ambiente que funciona a IP normalmente é ao ar livre, a lâmpada deve ser acionada quando houver a necessidade de iluminação artificial, ou seja, no final do dia e deve ser imediatamente apagada ao amanhecer quando já possuir luz natural suficiente para garantir o trânsito seguro de veículos e pedestres. Também deve ser acionada durante o dia quando o nível de iluminação artificial natural for muito baixo.

Dos equipamentos que fazem parte do sistema de IP, o que apresenta maiores problemas, principalmente no que diz respeito ao alto índice de manutenção, taxa de falhas e baixa confiabilidade é o relé fotoelétrico, que vem sofrendo um processo de evolução nos últimos anos

no Brasil devido às características dos sistemas de IP das cidades, em que o comando é feito individualmente. É um produto adquirido em grandes quantidades por concessionárias e prefeituras que são as gestoras do sistema, não somente por sua larga utilização, mas proporcionalmente à quantidade de pontos instalados. Tal fato revela o alto índice de substituição do produto em um curto espaço de tempo.

Para ter a garantia da qualidade dos relés fotoelétricos, são realizados inúmeros ensaios definidos pela ABNT NBR 5123/98, entre eles, ensaio de operação, ensaio de limites de funcionamento variando a temperatura de -5 Graus Celsius (°C) a 50 °C, ensaio de impulso de tensão simulando descargas atmosféricas, ensaio de durabilidade verificando 5.000 operações do relé, o que na prática, significaria o funcionamento em torno de 13 anos, resistência a corrosão por meio de ensaio de névoa salina, grau de proteção, resistência a radiação ultravioleta para verificar a degradação da tampa do relé sob efeito da luz solar, entre outros.

2.3.4 Reator

Define-se o reator como o componente que possui a função de limitar a corrente elétrica a ser fornecida para a lâmpada, ou seja, é um ponto chave para a iluminação eficiente e para garantir a vida útil das lâmpadas. Um reator bem projetado e que tenha uma durabilidade alta diminui consideravelmente o índice de manutenções do sistema como um todo. Para garantir um melhor custo-benefício deve-se utilizar um reator com perdas reduzidas, esse menor índice de perdas pode ser deduzido da fatura de energia elétrica do município.

No Brasil há o Programa de Etiquetagem do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) e do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), o qual os reatores para lâmpadas a vapor de sódio, amplamente utilizados em IP, fazem parte. É considerado um diferencial positivo adquirir um reator com o selo, pois o mesmo possui uma garantia de cinco anos, perdas reduzidas e um preço compatível com os demais reatores de mercado devido à sua ampla utilização.

Nos dias atuais, dois tipos de reatores estão disponíveis no mercado que podem ser usados na IP, são eles o eletrônico e o eletromagnético. O eletromagnético é encontrado nas instalações atuais, devido à sua maior robustez e menor custo.

Para IP, temos ainda as opções de reatores internos, alojados na luminária, e externos, encaixados através de uma alça ao poste.

O reator eletromagnético é formado por uma bobina de fio de cobre enrolada ao redor de um núcleo de material ferro-magnético. No momento da ligação da lâmpada e do reator à rede, começa a circular uma corrente elétrica na bobina do reator, o que gera uma perda de energia em forma de calor que é conhecida como perda Joule, por esse motivo o reator esquenta quando funciona.

O fato de o reator ser magnético faz com que ele vibre e emita ruído, contudo o preenchimento correto do reator com resina poliéster ameniza a vibração a níveis bem imperceptíveis, além de permitir a dissipação térmica.

As principais barreiras para que aumente do uso de reatores eletrônicos são o pouco conhecimento, o custo inicial alto, da ordem de três a quatro vezes o custo de reatores eletromagnéticos, para modelos de melhor qualidade, e a existência de alguns reatores eletrônicos de baixa qualidade no mercado.

Verificando a baixa eficiência relativa dos reatores eletromagnéticos produzidos e vendidos no Brasil, os reatores eletrônicos tendem a reduzir o consumo de eletricidade para lâmpadas de descarga em cerca de 25 a 30%, porém alguns modelos nacionais são de baixa qualidade, com pequena vida útil e altas distorções harmônicas, o que pode vir a prejudicar o funcionamento de outros equipamentos que estejam ligados na mesma rede. Para evitar este problema, devem ser construídos já com um filtro de harmônicas.

2.3.5 Luminária

Outro equipamento que está presente num ponto de IP é a luminária, ela tem a função de abrigar a lâmpada, para protegê-la contra variações do clima e vandalismo, também refletem a luz da lâmpada no sentido do solo, proporcionando maior luminosidade no ambiente onde estiver instalada.

Há vários fatores relevantes na especificação e compra de luminárias para IP, os mais importantes são o corpo refletor, porta-lâmpada, fechamento, alojamento para equipamentos auxiliares e a tomada para relé.

As luminárias reflexivas são aquelas que possuem corpo refletor interno, os refletores podem utilizar o alumínio polido e anodizado, revestimento com película de prata ou uma cama-

da vitrificada, esses materiais são normalmente importados da Alemanha ou Estados Unidos da América. Já que no custo do material estão incluídos os custos de importação e transporte, uma luminária reflexiva de alta qualidade custa cerca de cinco a dez vezes mais do que as luminárias comuns feitas de aço pintado. Porém, o uso da luminária reflexiva pode incrementar de uma maneira global a eficiência das instalações em cerca de 30 a 50%, permitindo o uso de menor número de lâmpadas e reatores, com uma emissão equivalente de luz.

O uso de luminárias reflexivas cresce no Brasil devido ao alto custo da eletricidade, tentativas de aprimoramento dos sistemas de iluminação e crescente divulgação desta medida de eficiência. Apesar disso, a adoção destas luminárias é limitada pelo seu alto custo, o qual se deve em parte à importação do material utilizado na fabricação delas.

As luminárias abertas não possuem, em sua parte inferior, nenhum material que proteja a lâmpada da ação do tempo e de vândalos, sendo o tipo mais barato encontrado no mercado, mas a lâmpada instalada nela tende a ter menor vida útil quando comparada à lâmpadas instaladas em luminárias fechadas, devido principalmente às variações climáticas. Em contrapartida as luminárias fechadas com tela, que geralmente são metálicas, têm um custo um pouco mais elevado comparando com as luminárias abertas. Sua vantagem, porém, é que a tela protege a lâmpada contra a ação de vândalos, mesmo que a lâmpada continua sofrendo com a variação da temperatura ambiente, sendo que em condições normais sua vida útil não será muito diferente da vida útil das lâmpadas instaladas em luminárias abertas.

As luminárias fechadas com difusor, que podem ser materiais comuns ou refratores tendem a ter maior vida útil, pois além estarem protegidas contra a ação de vândalos, não há grandes variações de temperatura ou risco de umidade no interior da luminária, dependendo de seu grau de proteção IP. Quando o fechamento é feito com material refrator, a distribuição da luz é melhor, isto ocorre devido às propriedades físicas do material, que refrata em diversas direções a luz que recebe da lâmpada, fazendo com que a área iluminada sob o poste seja maior. Encontra-se hoje no mercado refratores de policarbonato, vidro temperado e acrílico.

2.3.6 Lâmpada

Os tipos de lâmpadas existentes no mercado são numerosos e cobrem praticamente todos os campos de aplicações deste ambientes internos e externos como e caso da IP. Em geral as lâmpadas são classificadas, de acordo com o seu mecanismo básico de produção de luz.

Neste estudo priorizaremos as lâmpadas de Descarga que segundo (ROSITO, 2009) é um dispositivo que gera luz por meio de um tubo com um gás ou vapor ionizado. Os meios gasosos mais utilizados são o vapor de mercúrio ou argônio. Há dois tipos de lâmpadas de descarga: Lâmpadas de Descarga de Alta Pressão e Lâmpada de Descarga de Baixa Pressão.

2.3.6.1 Lâmpada de Vapor de Mercúrio Alta Pressão

A lâmpada de Vapor de Mercúrio de Alta Pressão (VMAP) emite uma luz de aparência branca-azulada, com uma emissão na região visível dos comprimentos de onda do amarelo, verde e azul faltando, porém a radiação vermelha.

Utilizam o princípio da descarga em alta pressão, através do vapor de mercúrio. Uma descarga elétrica entre os eletrodos leva os componentes internos do tubo de descarga a produzirem luz. É uma lâmpada de reação com partida dada por meio de um resistor.

Uma vez iniciado o arco entre um dos eletrodos principais e o eletrodo auxiliar, o vapor de mercúrio contido no tubo vaporiza-se, propiciando um meio condutor favorável. Assim, entre os eletrodos principais, se forma um arco, produzindo energia luminosa em escala visível, pois o vapor de mercúrio encontra-se em alta pressão. O tempo entre a partida e a estabilização total do fluxo luminoso de uma lâmpada de vapor de mercúrio varia de 2 a 15 minutos. A eficiência luminosa chega a 55 lm/W e ela pode ser encontrada com potências que variam de 80 a 1.000W.

2.3.6.2 Lâmpada de Vapor de Sódio Alta Pressão

E a lâmpada mais recomendada para o sistema de IP. A lâmpada VSAP possui luz amarelada com eficiência de até 140 lm/W. Seu IRC em torno de 20% e vida mediana entre 16.000 a 36.000 horas. Para seu funcionamento além do reator e necessário o ignitor que serve para dar partida na lâmpada.

O tubo de descarga, feito de óxido de alumínio sinterizado, para resistir à intensa atividade química do vapor de sódio à temperatura de funcionamento de 700°C, é posto num invólucro de vidro duro, a vácuo. As lâmpadas de VSAP emitem energia sobre uma grande parte do espectro visível.

Esta radiação apresenta uma cor amarelo-alaranjada característica, que a torna mais sensível à nossa vista, deste modo a iluminação resultante do emprego desta lâmpada causa uma impressão muito mais agradável do que a lâmpada de VMAP, embora o preço da lâmpada de VSAP seja um pouco mais elevado do que a de VMAP, o seu rendimento elevado torna-a gradualmente mais solicitada em inúmeras aplicações.

2.3.6.3 Lâmpada de Vapor Metálico Alta Pressão

A lâmpada de vapor metálico é semelhante à lâmpada de mercúrio de alta pressão, ou seja, utiliza um tubo de descarga de sílica fundida inserida no interior de um bulbo de quartzo transparente.

Utilizam-se iodetos, pois são quimicamente menos reativos, a adição de metais introduz raios no espectro que fazem melhorar as características de reprodução de cores da lâmpada. Um ciclo regenerativo similar ao das lâmpadas incandescentes halógenas ocorre nas lâmpadas vapor metálico, que são lâmpadas de vapor de mercúrio aperfeiçoadas.

As lâmpadas são de altíssima eficiência energética, excelente reprodução de cores (melhor do que as de sódio e de mercúrio), longa durabilidade e baixa emissão de calor (valorizam o brilho dos metais, por isso são ótimas para concessionárias e lojas de joias), pois emite uma luz muito branca e brilhante (geralmente possuem vidro claro e transparente), possibilitando direcionar seu foco - são lâmpadas de luz puntiforme. São largamente utilizadas em lojas (vitrines), em áreas externas (como fachadas e praças), como iluminação de destaque e até mesmo em residências de alto padrão.

As lâmpadas de vapor metálico apresentam eficácia luminosa de 65 a 100 lm/W e índice de reprodução de cores superior a 80%. São disponíveis no comércio lâmpadas de 70 W a 2000 W, sendo utilizadas em aplicações onde a reprodução de cores é determinante, como por exemplo, na iluminação de vitrines, estúdios cinematográficos, e na iluminação de eventos com transmissão pela televisão.

2.3.6.4 Lâmpadas Fluorescentes Compactas

As lâmpadas fluorescentes compactas são consideradas fontes luminosas de baixo consumo e de baixa emissão térmica, tendo um rendimento luminoso que varia de 40 lm/W a 60 lm/W (até cinco vezes superiores ao das lâmpadas de incandescência), com uma duração de vida média cerca de dez vezes maior, superior à 10.000 horas.

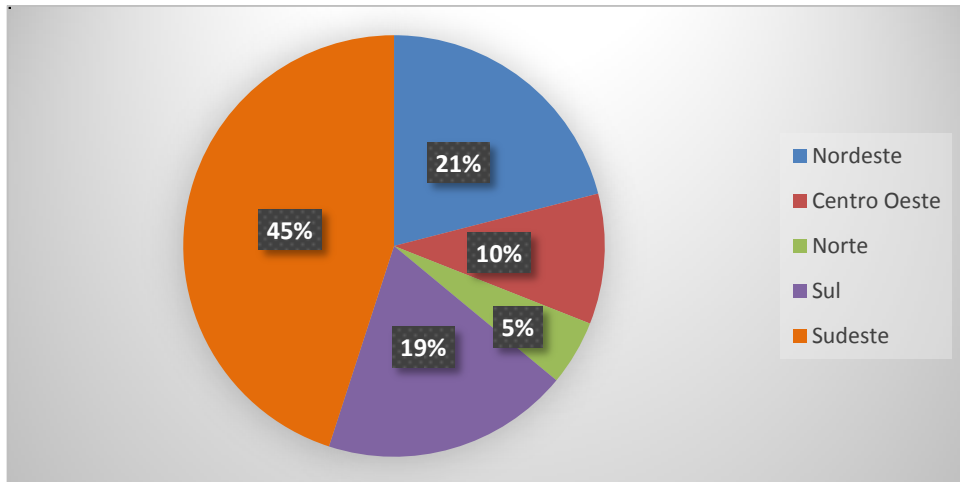
As lâmpadas fluorescentes compactas não integradas têm a vantagem, em relação às anteriores de seu peso reduzido e de serem mais econômicas dado que o sistema de arranque é separado, podendo ser reutilizado ao terminar a duração de vida da lâmpada.

O funcionamento das lâmpadas fluorescentes compactas não é diferente do das lâmpadas fluorescentes convencionais, embora tenham uma forma mais compacta e são constituídas por um tubo de descarga curvado ou por uma combinação de vários tubos de menor dimensão. Alguns modelos têm uma ampola exterior englobando o tubo de descarga, a qual modifica a aparência e as propriedades fotométricas da lâmpada.

2.3.6.5 Comparativo das Lâmpadas Comumente Utilizadas

Segundo o último levantamento cadastral realizado pelo PROCEL/ELETROBRAS, feito em 2008 junto às distribuidoras de energia elétrica, há 15 milhões de pontos de IP instalados no país, como mostra a figura 3.

FIGURA 3 - Gráfico Percentual da Iluminação Pública no Brasil.



Fonte: ELETROBRAS, 2008.

Em relação aos tipos e quantidades de lâmpadas instaladas no Brasil, destinadas à IP, um estudo da ELETROBRAS de 2008, denota que as lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão e as de vapor de mercúrio são as mais empregadas, principalmente em trevos rodoviários, cruzamentos de vias, grandes avenidas e acessos a rodovias, como pode ser observado na tabela 1.

TABELA 1 - Fontes de luz aplicadas na Iluminação Pública do Brasil.

Tipo de lâmpada	Quantidade	Percentual
Vapor de Sódio	9.294.611	62,93%
Vapor de Mercúrio	4.703.012	31,84%
Mista	328.927	2,22%
Incandescente	210.417	1,42%
Fluorescente	119.535	0,81%
Vapor Metálico	108.173	0,73%
Outras	5.134	0,03%
Total	14.769.309	100%

Fonte: ELETROBRAS, 2008.

A tabela 2 apresenta as principais características das lâmpadas geralmente utilizadas em iluminação pública. São localizadas características como vida útil, fluxo luminoso, temperatura da cor, IRC.

TABELA 2 - Características lâmpadas utilizadas na Iluminação Pública do Brasil.

Tipo	Vida Útil (h)	Fluxo Luminoso (lm)	Temperatura da cor (K)	IRC (%)
Incandescente	1.000	1.300 a 8.400	2.700	100
Mista	6.000	3.000 a 13.000	3.600 a 4.600	60
Vapor de Mercúrio	12.000 a 15.000	3.600 a 35.000	3.800 a 4.100	45
Vapor de Sódio	18.000 a 36.000	5.600 a 90.000	2.000	20
Vapor Metálico	8.000 a 15.000	5.000 a 38.000	3.000 a 5.900	80

Fonte: PROCEL, 2006.

As VSAP são consideradas as que melhor atendem a proposta da iluminação pública atualmente, mas futuramente com o decréscimo do preço das lâmpadas de LEDs, esta tecnologia tornará-se atrativa. Uma lâmpada de VSAP produz um fluxo luminoso excelente que por sua vez, decresce com a vida mediana da lâmpada, porém esta queda do fluxo luminoso é relativamente baixa. Quando uma lâmpada está no final de sua vida mediana, o fluxo luminoso é cerca de 90% do inicial.

Como podemos verificar na tabela 1 as lâmpadas de VSAP e VMAP são as mais utilizadas no sistema de IP no Brasil. Logo, configuram as lâmpadas de descarga de maior importância na estrutura de IP.

Por suas características de criação, a lâmpada de VMAP, gera cerca de duas vezes menos fluxo luminoso que a de VSAP, e sabendo que o fluxo luminoso é muito importante para a iluminação de qualquer ambiente, pois ele indica um valor para a capacidade de uma fonte luminosa emitir luminosidade.

Para a iluminação pública não se faz necessária uma alta fidelidade de reprodução das cores, e os valores de IRC das lâmpadas de VSAP são considerados aceitáveis pelas agências regulatórias. As lâmpadas VSAP tem TCC de 1.900K a 2.100K (neutras ou quentes), enquanto as de VMAP apresentam TCC de 3.350K a 4.300K (frias), a lâmpada de VMAP é muito perigosa, pelo fato de usar como substância o mercúrio.

Os vapores do mercúrio são altamente tóxicos e são inodoros e invisíveis no caso de a lâmpada se quebrar, sendo que a pessoa não percebe quando o mercúrio entra em seu organismo. A tabela 3 apresenta uma comparação entre as lâmpadas VSAP e VMAP.

TABELA 3 - Comparativo Lâmpadas VMAP x VSAP.

Características	VSAP	VMAP
Potências (W)	70, 100, 150, 250, 400	80, 125, 250, 400
Eficiência luminosa (Lux)	80 a 150	45 a 58
Vida Mediana (horas)	18.000 a 32.000	9.000 a 15.000
Equipamentos auxiliares	Reator e Ignitor	Reator
IRC (%)	22 a 25	40 a 55
TCC (K)	1.900 a 2.100	3.350 a 4.300

Fonte: PROCEL,2008.

2.4 Normas e Padrões

Uma das formas fundamentais de especificação e avaliação do resultado de um sistema de iluminação dá-se por meio de normas que definam os níveis mínimos de quantidade de luz num determinado ambiente para que se tenham boas condições visuais e que proporcione o pleno desenvolvimento das atividades nele propostas, por esse motivo existem diversas normas e critérios de avaliação das condições anteriormente citadas. Algumas concessionárias de energia no Brasil que administram a IP definem seus próprios padrões de avaliação.

Dentre estas normas destaca-se a Norma Técnica Brasileira NBR 5101: 1992 que foi substituída pela NBR5101: 2012 que fixa requisitos, considerados como mínimos necessários à iluminação de vias públicas, os quais são destinados a proporcionar segurança no tráfego de pedestres e veículos. Diversas modificações foram implementadas, como os critérios de luminância, adequação ao Código de Trânsito Brasileiro (definição de vias), iluminação do passeio avaliação, compatibilidade com a arborização e os índices mínimos atualizados (ABNT NBR 5101, 2012).

Os critérios adotados internacionalmente pela International Commission on Illumination (CIE) 115:2010 e Illuminating Engineering Society of North America (IESNA) RP-8 consideram não os níveis de iluminância sobre uma determinada área de avaliação na via pública, como o adotado pela NBR 5101:2012, mas sim o resultado que essa luz incidente nessa área gera de efeito visual aos olhos de um observador padrão. Essa mudança de critério de avalia-

ção está ligada ao fato de o ser humano não enxergar a luz que incide em uma determinada superfície, e sim a reflexão que essa superfície oferece aos olhos do observador.

No entanto, quando definida uma posição padrão para esse observador, existe a possibilidade de se determinar qual a quantidade de luz que está sendo dirigida a ele a partir de uma determinada área de avaliação. O que está sendo avaliado, portanto é a parcela de luz que está direcionada ao observador.

O critério a ser considerado não é mais o da iluminância (lux), mas o da luminância (cd/m^2), com isso, a versão atual da norma considera os níveis de luminância necessários para o atendimento das condições mínimas de segurança para os usuários das vias públicas, cabendo ressaltar que não são todos os usuários que estão dentro dos veículos observando os mesmos pontos. Embora esta versão da norma pressuponha a aplicação de critérios de luminância para avaliação, estes são considerados, sobretudo em vias de alto tráfego de veículos e cuja importância da mesma seja definida em função de condições de uso mais críticas.

Dessa forma, para estas vias a avaliação da luminância deve ser considerada em conjunto com a iluminância, sendo o caso de avenidas e vias de grande fluxo de veículos e normalmente com alta velocidade. Para as demais vias, onde o tráfego de veículos não seja tão relevante o critério da iluminância média mínima continuará sendo o principal critério de avaliação. É importante verificar que como a luminância trata da avaliação da quantidade de luz refletida por unidade de área, há de se estabelecer que essa luminância seja necessariamente em função da capacidade de reflexão da luz da superfície iluminada e também da posição do observador.

Embora esses parâmetros não sejam definidos em normas ou recomendações que definem níveis de luminância necessários para a utilização de determinados locais, existem normas que mencionam quais são as características que relacionam os critérios de avaliação da IP. Uma das mais utilizadas é a CIE 140:2007 que define quais os parâmetros de refletância e também de posicionamento do observador para que possa se avaliar os níveis de iluminação segundo as normas vigentes.

Outro fator que deve ser considerado nesta versão da norma é o fato de ela ter um critério de avaliação para vias de uso de pedestres, isso porque a versão anterior não considerava ambientes para esse tipo de usuário. Nesse sentido, NBR 5101:2012 faz considerações sobre o uso prioritário de pedestres numa via e possui uma avaliação específica para isso. Essa preocupação é bastante atual e representa um avanço em benefício dos usuários do ambiente público, particularmente os pedestres, pois estes - diferentemente dos veículos que possuem fa-

róis para iluminar o local por onde trafegam - não são providos de iluminação própria, dependendo exclusivamente da IP para o aumento de sua segurança (ROIZENBLATT, 2009).

Abaixo se encontram dados relevantes para a realização de projetos de iluminação pública. Inicialmente, a avaliação dos tipos de vias a serem consideradas para determinação dos níveis de iluminação necessários passa a ser considerado em função das características apresentadas na Tabela 4.

TABELA 4 - Classes de iluminação para cada tipo de via.

Descrição da via	Classe de Iluminação
Vias de trânsito rápido; Vias de alta velocidade de tráfego, com separação de pistas, sem cruzamentos em nível e com controle de acesso; Vias de trânsito rápido em geral; Autoestradas.	
Volume de tráfego intenso	V1
Volume de tráfego médio	V2
Vias arteriais; Vias de alta velocidade de tráfego com separação de pistas; Vias de mão dupla, com cruzamentos e travessias de pedestres eventuais em pontos bem definidos; Vias rurais de mão dupla com separação por canteiro ou obstáculo.	
Volume de tráfego intenso	V1
Volume de tráfego médio	V2
Vias coletoras; Vias de tráfego importante; Vias radiais e urbanas de interligação entre bairros, com tráfego de pedestres elevado.	
Volume de tráfego intenso	V2
Volume de tráfego médio	V3
Volume de tráfego leve	V4
Vias locais; Vias de conexão menos importante; Vias de acesso residencial.	
Volume de tráfego médio	V4
Volume de tráfego leve	V5

Fonte: ABNT, 2012.

Os níveis de iluminação necessários para os mais diversos tipos de vias devem atender aos requisitos de luminância, iluminância e uniformidade. Os níveis de luminância estão descritos na Tabela 5.

TABELA 5 - Requisitos de luminância e uniformidade

Classe de iluminação	Lmed	UO ≥	UL ≥	TI (%)	SR
V1	2,00	0,40	0,70	10	0,5
V2	1,50	0,40	0,70	10	0,5
V3	1,00	0,40	0,70	10	0,5
V4	0,75	0,40	0,60	15	-
V5	0,50	0,40	0,60	15	-

Lmed: luminância média; UO: uniformidade global; UL: uniformidade longitudinal; TI: (treshold increment ou incremento de limiar); SR: (sourround ratio – razão das adjacências).

NOTA 1: Os critérios de TI e SR são orientativos assim como as classe V4 e V5.

NOTA 2: As classes V1, V2 e V3 são obrigatórias para a luminância.

Fonte: ABNT, 2012.

Além dos níveis de luminância há a necessidade de atendimento aos níveis de iluminância nos mais diversos tipos de via. Estes níveis estão apresentados na Tabela 6.

TABELA 6 - Iluminância média mínima e uniformidade para cada classe de iluminação.

Classe de Iluminação	Iluminância média mínima Emed (lux)	Fator de uniformidade mínimo Umin = Emin/Emed
V1	30	0,4
V2	20	0,3
V3	15	0,2
V4	10	0,2
V5	5	0,2

Fonte: ABNT, 2012.

Na Tabela 7 estão descritas as características de cada tipo de via e sua respectiva classe de iluminação levando consideração os pedestres.

Na tabela 8 estão apresentados os níveis de iluminância e uniformidades necessárias para atender às exigências visuais em cada tipo de via.

TABELA 7 - Classes de iluminação para cada tipo de via com uso de pedestres.

Descrição da via	Classe de Iluminação
Vias de uso noturno intenso por pedestres (por exemplo, calçadões, passeios de zonas comerciais).	P1
Vias de grande tráfego noturno de pedestres (por exemplo, passeios de avenidas, praças, áreas de lazer).	P2
Vias de uso noturno moderado por pedestres (por exemplo, passeios, acostamentos).	P3
Vias de pouco uso por pedestres (por exemplo, passeios de bairros residenciais).	P4

Fonte: ABNT, 2012.

TABELA 8 - Iluminância média e uniformidade mínima por classe de iluminação.

Classe de iluminação	Iluminância horizontal média Emed (lux)	Fator de uniformidade mínimo $U_{min} = E_{min}/E_{med}$
P1	20	0,3
P2	10	0,25
P3	5	0,2
P4	3	0,2

Fonte: ABNT, 2012.

2.5 Medição, Tarifação e Custeio

Neste tópico será abordado o tempo de funcionamento do sistema para medição, como ocorre essa tarifação e considerações de como e formada a fatura de energia para este tipo de carga e o custeio deste serviço.

Segundo a Resolução ANEEL nº 414/2010 a regulamentação do Setor Elétrico recomenda, mas não obriga o concessionário a instalar medição apropriada para a mensuração do fornecimento de energia para a IP. Os valores de consumo de energia ou demanda de potência ativas podem ser estimados, com base no período de consumo e na carga instalada, incluída a

carga própria dos equipamentos auxiliares (reator/ignitor) ou das perdas no sistema, quando for o caso.

De acordo com a REN 414/2010, da ANEEL: Art. 24

Para fins de faturamento da energia elétrica destinada à iluminação pública ou à iluminação de vias internas de condomínios, o tempo a ser considerado para consumo diário deve ser de 11 (onze) horas e 52 (cinquenta e dois) minutos, ressalvado o caso de logradouros que necessitem de iluminação permanente, em que o tempo é de 24 (vinte e quatro) horas por dia do período de fornecimento.

De acordo com a REN 479/2012 da ANEEL:

Art. 13. Alterar o art. 21 da Resolução Normativa no 414, de 2010, que passa a vigorar com a seguinte redação: “Art. 21. A elaboração de projeto, a implantação, expansão, operação e manutenção das instalações de iluminação pública são de responsabilidade do ente municipal ou de quem tenha recebido deste a delegação para prestar tais serviços. (Revogado pela Câmara em Abril de 2015)

A IP funciona à noite, ocasionalmente ocorrem escurecimentos diurnos que acionam os equipamentos. Para fins de faturamento a concessionária convencionou-se a consideração de doze horas de funcionamento diárias não importando a estação do ano e nem a região que se encontra a cidade. Este fato de números de horas faturáveis causa controvérsia, pois na primavera e no verão a um aumento nas horas de sol o que diminui as horas de funcionamento da IP, a ainda o problema com relés fotoeletricos que com o mau funcionamento ativam a iluminação causando desperdício de energia elétrica.

Resumindo para municípios onde a concessionária não instalou medidor o consumo mensal de energia elétrica para fins de faturamento é estimado como sendo o produto da potência instalada (Lâmpadas + Perdas) pelo número de horas de funcionamento no mês, geralmente expresso em kWh (QuiloWatts Hora). Neste caso os administradores ficam encarregados de informar qualquer alteração de carga no sistema. Conforme anexo A.

No caso de fornecimento destinado para IP, efetuado a partir de circuito exclusivo, a concessionária deverá instalar os respectivos equipamentos de medição quando solicitados pelo consumidor. Apesar disso, em geral, o faturamento é efetuado através dos dados cadastrais (com base na potência das lâmpadas).

Caso a alternativa de medição seja adotada de forma mais abrangente em circuitos de IP exclusivos, as informações cadastrais não serão mais necessárias para o faturamento e poderá então haver perda dessas informações, fato que vem gerando preocupação na composição dos próximos levantamentos nacionais de IP.

Existem dois tipos de tarifa a B4a e B4b. A primeira utiliza a alimentação em baixa tensão, sistema que é encontrado em São Vicente do Sul, o sistema pertence ao Município, sendo a concessionária responsável por fornecer a energia elétrica.

A cobrança do custeio do serviço de IP que tem como finalidade assegurar os custos de operação, manutenção e expansão da rede de IP, foi inserida na Constituição Federal no artigo 149-A pela Emenda Constitucional 39, de 19 de dezembro de 2002, a partir desta emenda ficou determinado que os Municípios e o Distrito Federal poderão instituir contribuição, na forma das respectivas leis, para o custeio do serviço de IP na fatura do consumo de energia elétrica (BRASIL. Constituição, 1988).

Portanto cabe as Prefeituras Municipais estabelecer as contribuições de IP e submetem a minuta de Lei para aprovação das Câmaras de Vereadores, observando o estabelecido na Constituição Federal.

Geralmente as prefeituras criam cobranças conforme a classe de consumo (Residencial, Poder Público, Comercial, Industrial) as porcentagens variam conforme a classe, e quanto maior o consumo maior contribuição.

2.6 Políticas para melhoramento da Iluminação Pública

A IP é primordial para a segurança dos usuários e desenvolvimento socioeconômico dos municípios. A ELETROBRAS, através do PROCEL incentiva a apresentação de projetos que ajudem a melhorar a eficiência dos serviços públicos ligados ao uso da energia elétrica, entre eles a IP.

Na implementação do PROCEL, a obtenção de recursos financeiros se configura como uma das maiores dificuldades enfrentadas pelas prefeituras municipais e concessionárias de energia, sendo impossível melhorar a eficiência energética dos sistemas existentes, expandir os sistemas de IP a novas áreas e realizar iluminação especial em obras e monumentos de valor histórico, cultural, artístico e ambiental.

Buscando um potencial relativamente significativo de melhoria da eficiência energética nos sistemas de IP, a ELETROBRAS instaurou o Programa Nacional de Iluminação Pública Eficiente – ReLuz, contando com o apoio do Ministério de Minas e Energia (Manual de Instruções PROCEL/RELUZ, 2006).

O ReLuz tem como objetivo principal promover o desenvolvimento de sistemas eficientes de IP, valorizar espaços públicos e conseqüentemente melhorar as condições de segurança e qualidade de vida nas cidades brasileiras. Na busca de assegurar esses requisitos são utilizadas tecnologias novas e eficientes, que verificam os princípios de conservação de energia e as normas técnicas específicas vigentes, além dos critérios técnicos e econômicos estabelecidos pelo ReLuz.

Os projetos ReLuz podem ser de cinco tipos distintos. Os projetos de melhoria têm como principais objetivos reduzir a potência instalada e assegurar a qualidade do serviço, através da substituição dos equipamentos existentes por outros de eficiência e maior vida útil, para isso deve-se fazer um diagnóstico do sistema atual de IP do município para após comparar com um sistema proposto. Os projetos de expansão visam ampliar o sistema de IP a áreas ainda não beneficiadas com reforço da rede de média e baixa tensão, atendendo aos critérios de eficiência energética e os parâmetros luminotécnicos devem estar de acordo com a norma NBR 5101 – Iluminação Pública.

Os projetos de iluminação especial pretendem aplicar iluminação decorativa em monumentos de valor cultural, artístico e ambiental, e em praças públicas de grande circulação e orlas marítimas. Já os projetos de iluminação de áreas públicas esportivas são financiados pela Eletrobrás e se utilizam da técnica de projeção, através de lâmpadas e projetores, seguindo as normas NBR 8837 – Iluminação Esportiva – Especificações e NBR 5461 – Terminologia, os projetos devem apresentar, no mínimo, considerações elétricas, luminotécnicas e lista de materiais. Os projetos de inovação tecnológica na IP representam novos equipamentos que contribuam para a eficiência energética na IP e recebem apoio da ELETROBRAS.

2.6.1 Eficiência Energética do Sistema de Iluminação Pública

Cada vez mais a eficiência energética tem sido um meio necessário para se resolver as questões dos problemas de energia no país e no mundo, apesar de algumas pessoas ainda terem a visão de que a única forma de se ofertar energia é a construção de novas hidrelétricas, termelétricas e usinas nucleares. Estão à nossa disposição novas tecnologias que podem ser utilizadas para economizar e gerar energia, e essas serem disponibilizadas no sistema elétrico nacional.

O Plano Nacional de Eficiência Energética, do Ministério de Minas e Energia, propõe em seu item de potencial de redução de consumo a substituição integral de todos os tipos de lâmpadas hoje existentes na IP, por lâmpadas de VSAP. Considerando esta substituição pode-se verificar que existe na IP um potencial de redução de aproximadamente 9% da demanda e na economia de energia (MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA, 2010).

Para promover a eficiência energética do sistema de IP a PROCEL criou o manual de instruções do ReLuz que são critérios e os procedimentos destinados a orientar as concessionárias de energia elétrica, distribuidoras, geradoras e transmissoras, no cumprimento das etapas para obtenção de financiamento de projetos no âmbito do Programa Nacional de Iluminação Pública Eficiente - ReLuz.

No manual encontra-se informações da melhor alternativa de lâmpada a ser substituída conforme tabela 9. Há também os procedimentos de cálculos para verificar se o projeto é viável item 2.6.2 deste trabalho.

TABELA 9 - Alternativas de Substituição de Lâmpadas

Lâmpada existente	Alternativa eficiente
2 x Fluorescentes de 40 W	VSAP 70
Fluorescente 110 W	VSAP 70
VMAP 125 W	VSAP 100 W
VMAP 250 W	VSAP 150 W
VMAP 400 W	VSAP 250 W
VMAP 700 W	VSAP 400 W

Fonte: Manual de Instruções PROCEL RELUZ, 2006.

2.6.2 Análise da Viabilidade Técnica do Projeto

Na análise para verificação da viabilidade dos projetos de iluminação pública, é verificada a solução proposta em conformidade com os dados técnicos, econômicos e orçamentários apresentados, além de identificar os benefícios de cunho social, econômico e ambiental. Neste tópicos toda base foi retirado do Manual de Instruções PROCEL/RELUZ.

A relação custo benefício dos projetos de melhoria é determinada, considerando-se: como benefício, a redução de demanda e a energia anual economizada e como custo, o investimento total anualizado, de acordo com a vida útil de cada equipamento a ser instalado.

Assim, a relação custo benefício será dada pela expressão (1):

$$RCB = \frac{K}{(EE \times CEE) + (RD \times CED)} \quad (1)$$

Onde,

EE = Energia economizada [MWh/ano];

CEE = Custo unitário evitado de energia [R\$/MWh];

RD = Redução de demanda [kW];

CED = Custo unitário evitado de demanda [R\$/kW.ano].

K = Investimento total anualizado.

Cálculo da Redução de Demanda

A redução da demanda é obtida pela seguinte expressão (2):

$$RD = PTE - PTP \quad (kW) \quad (2)$$

Onde,

PTE = potência total instalada no sistema existente

PTP = potência total instalada no sistema proposto

O Cálculo da Energia Economizada – EE, é dada pela expressão (3):

$$EE = \frac{RD \times 4.380}{1000} \quad (MWh/ano) \quad (3)$$

4.380 = número de horas de funcionamento anual do sistema de iluminação pública.

Cálculo do investimento anualizado

O investimento anualizado do projeto será composto pelo somatório dos investimentos anualizados correspondentes a cada equipamento, considerando-se sua respectiva vida útil, segundo metodologia descrita na expressão (4):

$$K = \sum CA \quad (4)$$

Onde,

CA = custo anualizado para cada tipo de equipamento, encontra-se na expressão (5):

$$CA = FRC \times CPE \quad (5)$$

Onde,

FRC = fator de recuperação de capital, dada pela expressão (6):

$$FRC_{(i,n)} = \left[\frac{i \times (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} \right] \quad (6)$$

Onde,

n = vida útil esperada de cada equipamento/tipo, em anos (h/ano)

i = taxa de desconto: 12% a.a..

CPE = custo do equipamento acrescido da parcela correspondente a outros custos diretos (exceto materiais) e custos indiretos, calculado pela expressão (7):

$$CPE = CE + \left[\frac{(OCD + CDI)}{CM} \right] \times CE \quad (7)$$

Onde,

CE = Custo do equipamento/tipo;

OCD = Soma dos outros custos diretos, excluindo os de materiais;

CDI = Soma dos custos indiretos, e

CM = Custo total de materiais.

Este indicador procura evidenciar o resultado do investimento. Quanto menor o índice, melhor é o resultado, ou seja, $RCB \leq 0,80$. Para obter este índice basta calcular o total de benefícios obtidos, calcular o total das despesas, e após dividir as despesas pelos benefícios.

2.7 Considerações Finais

Observa-se que o tipo de lâmpada preferido em serviços de IP são as lâmpadas de descarga. Dentre estas, destacam-se a VMAP que cada vez mais perde espaço para Vapor metálico e para VSAP que apresentam resultados de melhor desempenho no sistema de IP.

Outro fator de importância e consideração da NBR 5101 que classifica as vias conforme a sua utilização e o tipo de usuários garantindo assim segurança.

Nos projetos de IP a viabilidade econômica tem que apresentar um resultado favorável, ou seja, um $RCB \leq 0,80$ para que o projeto considere-se viável.

3. ESTUDO DE CASO

Este estudo de caso foi conduzido com o objetivo de verificar se o modelo de tarifação atual confere com o consumo real de energia neste tipo de carga.

Como referência, realizou-se o trabalho na cidade de São Vicente do Sul, situada na região Central do Rio Grande do Sul, com aproximadamente 8.500 habitantes. Neste capítulo apresenta-se o desenvolvimento prático do trabalho e seus resultados.

3.1 Metodologia

A metodologia prevista neste trabalho baseia-se principalmente na coleta de dados referentes aos pontos individuais de iluminação pública. A partir de então, estes dados serão usados como referência para verificação da remuneração financeira repassada pela prefeitura à concessionária.

Primeiramente, foi visitada a Prefeitura Municipal de São Vicente do Sul, e junto a Secretaria de Planejamento foi exposto o estudo que se direcionaria a IP da cidade. A partir deste foram reunidos documentos necessários para o início dos trabalhos.

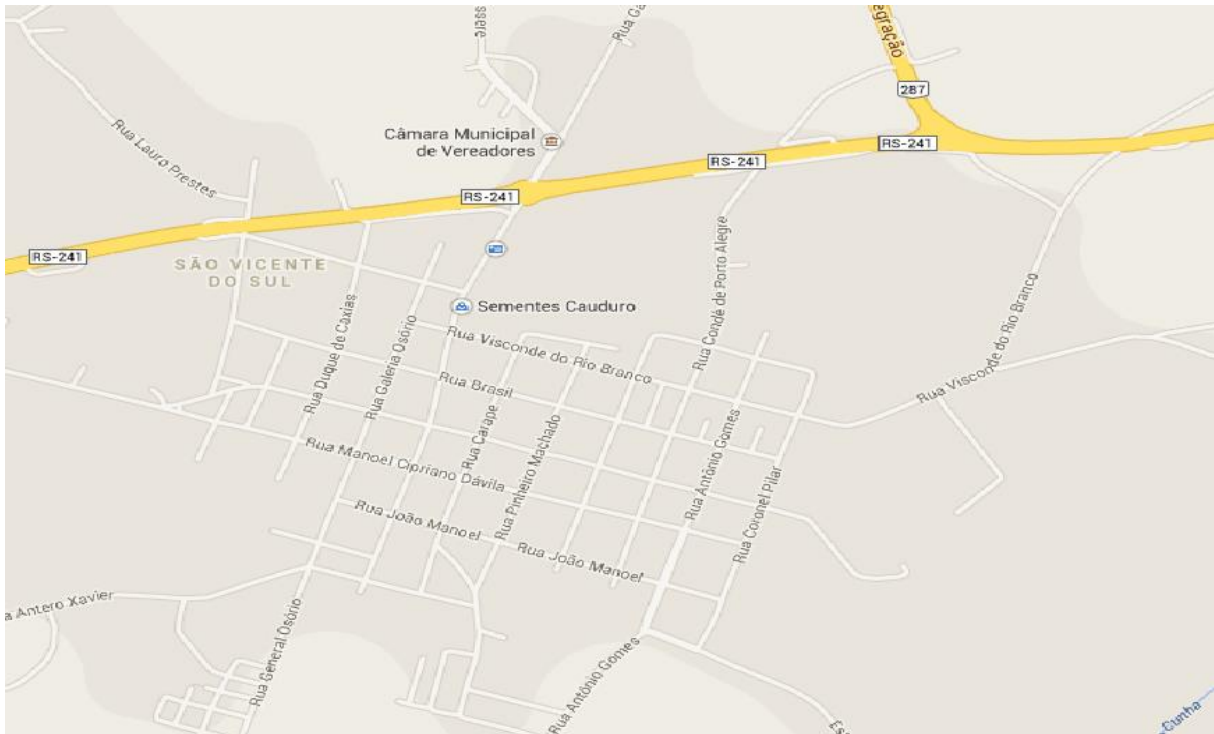
Realizaram-se contatos com a concessionária para aquisição dos dados como números de pontos de iluminação, potência de cada ponto, potência total. No entanto, a concessionária não informou os dados solicitados.

Após a reunião dos documentos passou-se a parte prática do trabalho, que se refere a levantamento de cada ponto de iluminação existente na cidade e interior, para isso utilizamos uma planilha anexo B, para facilitar realizou-se o levantamento por ruas como segue a figura 4.

Com a planilha gerada em cada rua visitada será possível criar um banco de dados atualizados com os pontos de iluminação, facilitando a consulta por parte da Prefeitura e também atualizando os dados da Concessionária.

Na sequência são feitas planilhas de comparações entre os dados levantados e dados reais, mostrando diferenças entre os itens analisados.

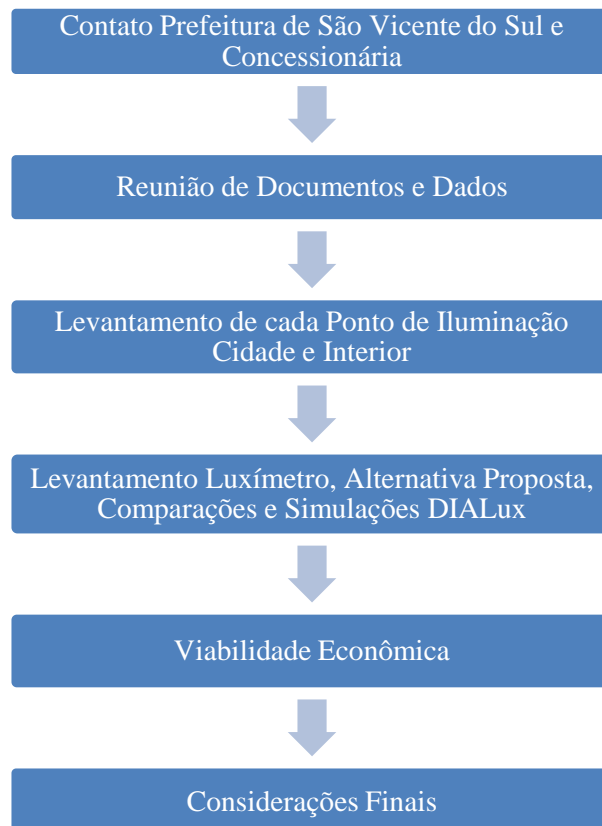
FIGURA 4 - Mapa utilizado como subsídio para realização do levantamento.



Fonte: Google Maps, 2015.

A seguir esta demonstrado os passos seguidos para execução deste trabalho em forma de fluxograma na figura 5.

FIGURA 5 - Fluxograma de execução do trabalho.



3.2 Resultados Obtidos

Neste capítulo serão apresentados os resultados a partir dos dados levantados e comparações com documentos reunidos junto a Administração Municipal.

A seguir estão os dados da fatura de energia recolhidos junto a Prefeitura Municipal, referente ao período de abril de 2014 a março de 2015.

Na tabela 10 encontram-se os valores de consumo de cada mês, o valor total da fatura de energia e também o valor que é repassado ao município pela Concessionária. Este valor e cobrado de cada consumidor é e estipulado pela Lei Municipal Nº 3878/2002 e suas alterações pela Lei Municipal Nº 3891/2003 e a Lei Municipal Nº 3908/2003 que enquadra os consumidores segundo sua classe de consumo residencial, comercial, industrial, poder público, serviço público e consumo próprio.

Ao analisar os valores é possível notar que o valor repassado é insuficiente para quitação total da fatura. Assim, a Administração tem que compensar o restante do valor.

TABELA 10 - Dados Reunidos junto a Prefeitura Municipal.

Mês/Ano	Valor Fatura	Valor repassado a		Histórico de Consumo (kWh)
		Prefeitura	Diferença	
Abr/14	R\$ 8.971,91	R\$ 8.425,08	R\$ 546,82	46.900
Mai/14	R\$ 10.777,07	R\$ 7.134,26	R\$ 3.642,81	48.463
Jun/14	R\$ 12.110,27	R\$ 7.055,77	R\$ 5.054,49	46.900
Jul/14	R\$ 12.807,99	R\$ 7.029,69	R\$ 5.778,29	48.463
Ago/14	R\$ 12.772,78	R\$ 7.747,72	R\$ 5.025,06	48.463
Set/14	R\$ 12.402,96	R\$ 7.985,53	R\$ 4.417,42	46.900
Out/14	R\$ 12.901,83	R\$ 7.653,60	R\$ 5.248,22	48.463
Nov/14	R\$ 12.572,62	R\$ 7.688,83	R\$ 4.883,78	46.900
Dez/14	R\$ 12.887,78	R\$ 7.861,66	R\$ 5.026,10	48.463
Jan/15	R\$ 12.741,03	R\$ 8.780,79	R\$ 3.960,23	48.463
Fev/15	R\$ 13.179,28	R\$ 9.732,35	R\$ 3.446,91	43.773
Mar/15	R\$ 13.987,09	R\$ 10.253,49	R\$ 3.733,59	48.463
Total	R\$ 148.112,62	R\$ 97.348,77	R\$ 50.763,72	570.614

Na parte prática do trabalho (levantamento dos pontos IP), observou-se o uso de dois tipos de braço: Braço BR-1 onde possui luminária aberta para lâmpadas de VMAP de 125 W e outro tem Braço BR-2 onde possui luminária com refrator em vidro para lâmpadas de 250 W de VMAP e VSAP, nos dois casos há reatores eletromagnéticos externos com diferenciação para o tipo de lâmpada utilizada e relé fotoelétrico individual para cada ponto.

Outro fator importante é o posicionamento do conjunto de iluminação no caso de São Vicente do Sul todo ele é unilateral, ou seja, utilizado quando os postes estão localizados numa mesma face da pista de rolamento. É a configuração mais utilizada para projetos de IP, quando os postes da rede de distribuição são utilizados.

Na tabela 11 encontram-se os dados referentes compilados do levantamento realizado no município os tipos e quantidades de lâmpadas e reatores eletromecânicos existentes na IP, além das potências consumidas por cada equipamento. Vale salientar que a Prefeitura não tinha nenhum cadastro do tipo em seus arquivos. Observa-se um consumo de 1.889 kWh/dia. Nota-se que, apesar de a resolução 414 da ANEEL prever 11 horas e 52 minutos de acionamento por dia, foi adotado o valor de 12 horas de utilização do serviço.

TABELA 11 - Dados levantados do sistema de Iluminação Pública.

Tipo de lâmpada	Pontos	Potência (W)	Perda reator (W)	Potência+ Perda Reator (W)	Total Geral (kW)	Horas /dia
Vapor de Mercúrio	688	125	14	139	96	12
Vapor de Mercúrio	110	250	30	280	31	
Vapor de Sódio	36	250	30	280	10	
Vapor de Mercúrio	17	400	45	445	8	
Vapor de Sódio	12	400	45	445	5	
Vapor Metálico	20	250	30	280	6	
Fluorescente Compacta	64	34	4	38	2	
Total	947	-	-	-	157	1.889 kWh

Com os dados do levantamento foi possível compatibilizar o novo consumo mensal na tabela 12, verificando-se que este ultrapassou o histórico existente na fatura de energia em estudo, chegando a um total anual de 689.627 kWh.

TABELA 12 - Compatibilização do novo consumo.

Mês/Ano	Números de Dias	Novo Consumo (kWh)
Abr/14	30	56.682
Mai/14	31	58.571
Jun/14	30	56.682
Jul/14	31	58.571
Ago/14	31	58.571
Set/14	30	56.682
Out/14	31	58.571
Nov/14	30	56.682
Dez/14	31	58.571
Jan/15	31	58.571
Fev/15	28	52.903
Mar/15	31	58.571
Total	365	689.627

Com os dados do levantamento realizou-se a projeção de um novo valor da fatura, mostrado na tabela 13, utilizando como base os valores de impostos e tarifas existentes na conta de energia analisada. Nota-se que o valor ultrapassa o valor total encontrado na fatura o que demonstra que a concessionária está deixando de arrecadar. Nota-se que na coluna “custos administrativos” apresenta taxa que a concessionária cobra do município relativos aos serviços de elaboração do custeio referente a IP para cada consumidor da cidade.

A seguir, na tabela 14, é realizado um comparativo entre os valores reunidos pela Prefeitura e os dados levantados. Observa-se uma variação de aproximadamente 10.000 kWh mensais a menos do valor que está na fatura de energia, ou seja, a concessionária deixa de receber por esses kWh.

TABELA 13 - Novo valor da fatura de energia.

Tarifa sem		Custo		
ICMS	Valor Energia	ICMS	Administrativo	Total
R\$ 0,140750	R\$ 7.977,94	R\$ 1.994,49	R\$ 720,44	R\$ 10.692,87
R\$ 0,166608	R\$ 9.758,40	R\$ 2.439,60	R\$ 684,17	R\$ 12.882,17
R\$ 0,193991	R\$ 10.995,73	R\$ 2.748,93	R\$ 737,55	R\$ 14.482,21
R\$ 0,199824	R\$ 11.703,90	R\$ 2.925,97	R\$ 702,90	R\$ 15.332,77
R\$ 0,199074	R\$ 11.659,97	R\$ 2.914,99	R\$ 713,13	R\$ 15.288,09
R\$ 0,199220	R\$ 11.292,12	R\$ 2.823,03	R\$ 723,69	R\$ 14.838,84
R\$ 0,201335	R\$ 11.792,40	R\$ 2.948,10	R\$ 705,21	R\$ 15.445,71
R\$ 0,202159	R\$ 11.458,70	R\$ 2.864,68	R\$ 721,05	R\$ 15.044,43
R\$ 0,200482	R\$ 11.742,44	R\$ 2.935,61	R\$ 742,83	R\$ 15.420,88
R\$ 0,197809	R\$ 11.585,88	R\$ 2.896,47	R\$ 758,01	R\$ 15.240,36
R\$ 0,225878	R\$ 11.949,59	R\$ 2.987,40	R\$ 820,08	R\$ 15.757,07
R\$ 0,217651	R\$ 12.748,04	R\$ 3.178,01	R\$ 802,06	R\$ 16.737,11
Total	R\$ 134.665,10	-	-	R\$ 177.162,50

TABELA 14 - Comparação dos dados reais com os novos dados levantados.

Mês/Ano	Números de Dias	Histórico de Consumo (kWh)	Novo Histórico Consumo (kWh)	Diferença de Consumo (kWh)
Abr/14	30	46.900	56.682	9.782
Mai/14	31	48.463	58.571	10.108
Jun/14	30	46.900	56.682	9.782
Jul/14	31	48.463	58.571	10.108
Ago/14	31	48.463	58.571	10.108
Set/14	30	46.900	56.682	9.782
Out/14	31	48.463	58.571	10.108
Nov/14	30	46.900	56.682	9.782
Dez/14	31	48.463	58.571	10.108
Jan/15	31	48.463	58.571	10.108
Fev/15	28	43.773	52.903	9.130
Mar/15	31	48.463	58.571	10.108
Total	365	570.614	689.627	119.013

A tabela 15 apresenta os novos valores da fatura de energia obtidos a partir das tabelas 13 e 14, a qual demonstra uma comparação entre os valores levantados e os valores da fatura real. A partir desta análise verifica-se que a concessionária deixa de receber da Prefeitura um valor anual de R\$ 29.049,88.

TABELA 15 - Comparação financeira dos dados reais com os novos dados levantados.

Mês/Ano	Valor Fatura de Energia	Valor Fatura de Energia Novo	Diferença Faturas
Abr/14	R\$ 8.971,91	R\$ 10.692,87	R\$ 1.720,96
Mai/14	R\$ 10.777,07	R\$ 12.882,17	R\$ 2.105,10
Jun/14	R\$ 12.110,27	R\$ 14.482,21	R\$ 2.371,94
Jul/14	R\$ 12.807,99	R\$ 15.332,77	R\$ 2.524,78
Ago/14	R\$ 12.772,78	R\$ 15.288,09	R\$ 2.515,31
Set/14	R\$ 12.402,96	R\$ 14.838,84	R\$ 2.435,87
Out/14	R\$ 12.901,83	R\$ 15.445,71	R\$ 2.543,87
Nov/14	R\$ 12.572,62	R\$ 15.044,43	R\$ 2.471,81
Dez/14	R\$ 12.887,78	R\$ 15.420,88	R\$ 2.533,10
Jan/15	R\$ 12.741,03	R\$ 15.240,36	R\$ 2.499,32
Fev/15	R\$ 13.179,28	R\$ 15.757,11	R\$ 2.577,79
Mar/15	R\$ 13.987,09	R\$ 16.737,11	R\$ 2.750,03
Total	R\$ 148.112,62	R\$ 177.162,50	R\$ 29.049,88

3.3 Considerações Finais

De posse dos dados de levantamentos é possível notar a grande quantidade de lâmpadas de VMAP que apresenta inúmeras desvantagens se compararmos com as lâmpadas VSAP. Analisando a questão de consumo verifica-se que ao comparar o histórico de consumo das faturas com os recolhidos em campo têm-se uma diferença de 10.000 kWh ao mês chegando a aproximadamente 120.000 kWh ao ano, valores estes que geram um prejuízo a Concessionária de R\$ 29.049,88.

Conclui-se que o banco de dados que a Concessionária utiliza como base para elaboração da fatura está desatualizado, além do que o município também não informa à Concessionária das alterações na rede de IP.

Observou-se, durante a realização dos estudos apresentados neste capítulo, que não há uma comunicação eficiente entre a prefeitura e a concessionária, no sentido de manter a atualização dos bancos de dados de iluminação pública.

Outra questão é quanto a contribuição para IP, onde a Lei municipal e do ano de 2002 a sua última atualização e de 2003, portanto os valores cobrados estão desatualizados ocasionando que o valor arrecadado não consegue quitar por completo a fatura de energia.

4. ESTUDO DE CAMPO

Devido ao número excessivo de lâmpadas de VMAP, dirigiu-se um estudo prático para realizar o levantamento da iluminância (lm/m^2 ou lux), nas vias que possuem as lâmpadas de 125 W de VMAP e as lâmpadas de 250 W de VMAP.

Para escolha das vias considerou-se as que apresentavam características compatíveis com a maioria das ruas encontradas em São Vicente do Sul.

Com utilização do luxímetro foi possível realizar o levantamento que seguiu os itens que constam na NRR 5101. Para definir os pontos da malha, primeiramente foi medida a distância entre postes, com isso podemos definir o espaçamento longitudinal mostrado na expressão (8):

$$Sgl = \frac{S}{16} \quad (8)$$

Onde:

Sgl - Espaçamento longitudinal

S - Espaçamento entre postes

Posteriormente foi medida a distância da via, com isso pode-se definir o espaçamento transversal mostrado na expressão (9):

$$Sgt = 0,2 * fr \quad (9)$$

Onde:

Sgt - Espaçamento transversal

fr - Largura da faixa de rolamento

Nota-se que os pontos extremos das linhas transversal estão afastados a uma distância igual a $0,1 * fr$ em relação ao meio-fio. Para medição em passeio público utiliza-se a seguinte regra:

- Para largura menor que 3 metros:
 - uma linha transversal no centro da calçada;
 - as linhas transversais em número igual da rua.
- Para largura maior ou igual a 3 metros:

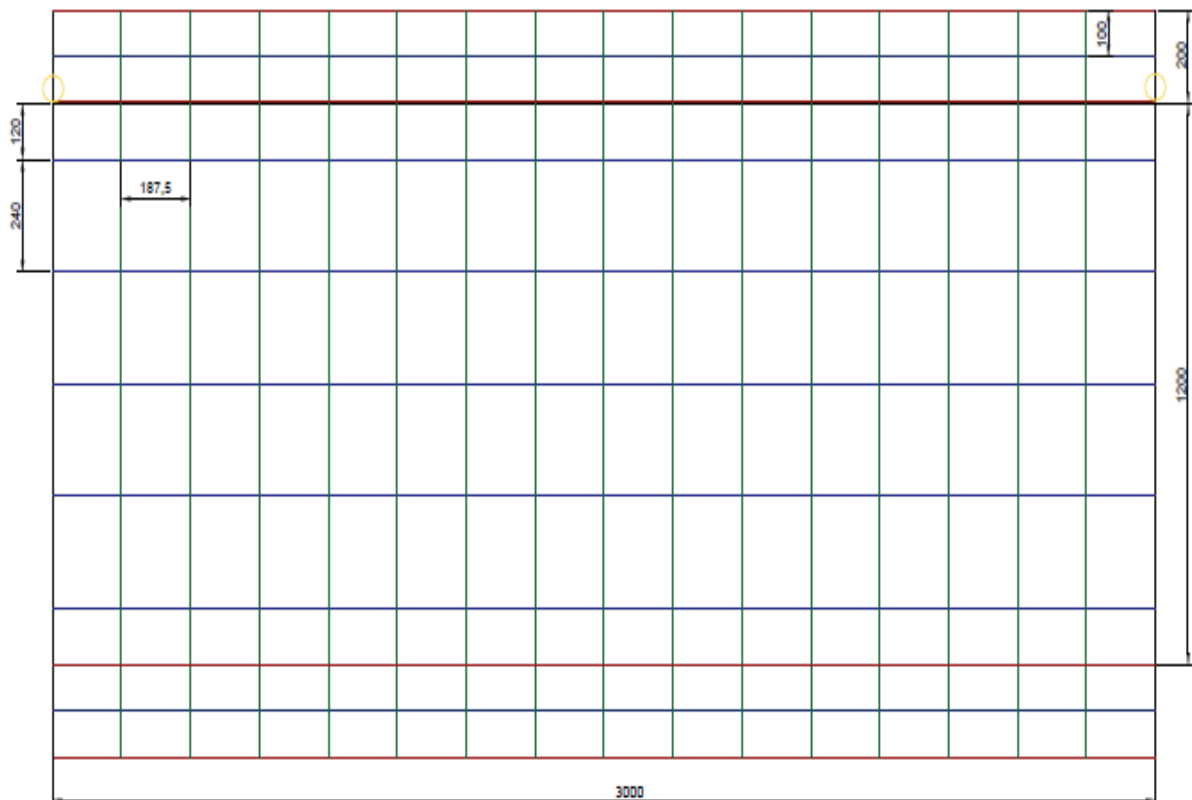
- duas linhas longitudinais espaçadas entre elas em uma distância d e entre uma linha e a extremidade da calçada adjacente espaçada em $d/2$;
- as linhas transversais em número igual da rua.

Nas ruas onde o estudo direcionou-se, o passeio público apresenta uma largura inferior a 3 metros.

Com esses dados definidos e com o uso de uma trena foi possível marcar os pontos, e com o luxímetro realizou-se a medição.

Com essas características montou-se o arranjo (figura 6) para medição, seguindo orientação da NBR 5101, utilizando as expressões 8 e 9. Esse arranjo foi utilizado para os dois casos analisados, devido a largura da via e distância entre postes serem as mesmas.

FIGURA 6 – Arranjo para medição com luxímetro.



4.1 Levantamento de Campo Rua Coronel Pilar

Na tabela 16 apresenta as características da Rua Coronel Pilar.

TABELA 16 - Características simulada com lâmpada VMAP 125 W

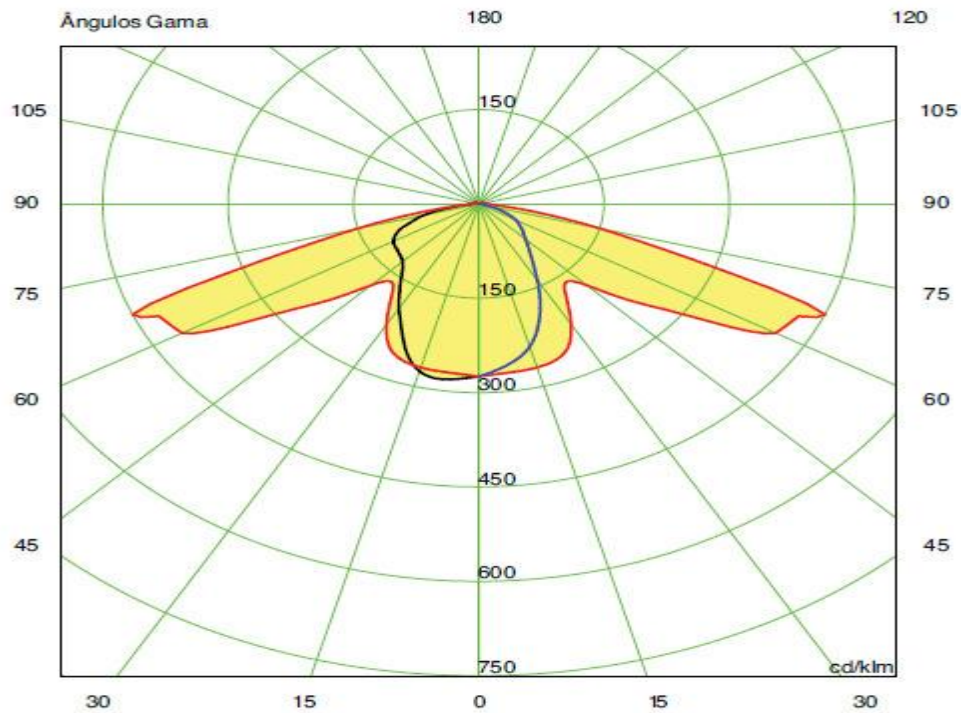
Item	Descrição
Distribuição	De um lado
Distância entre postes	30 metros
Altura de montagem	7,25 metros
Pendor	0,70 metros
Inclinação do braço extensor	5°
Comprimento do braço extensor	1 metro
Passeios	2 metros em cada lado
Pavimento do passeio	Pedra Tijolo
Pista de rodagem	12 metros
Quantidade das faixas de rodagem	2
Pavimento pista de rodagem	Paralelepípedo (cor tijolo)
Fator de manutenção	0,57
Luminária	Aberta
Lâmpada	EMPALUX 125 W
Fluxo luminoso (lâmpada)	4.200 lm
Fluxo luminoso (luminária)	2.100 lm

No anexo C estão os valores encontrados com luxímetro, percebe-se que na parte oposta a localização dos postes a Iluminância é nula. Nota-se que na medição externa em nenhum momento conseguiu atingir as metas que estão estabelecidas na NBR 5101.

Após as medições, foram realizadas simulações com a utilização do software DIALUX. Obedecendo as características encontradas na determinada rua, conforme tabela 16.

Para o fluxo luminoso da luminária considerou-se 2.100 lm, ou seja, eficiência da luminária de 50%.

FIGURA 7 – Dados de eficiência Luminária Aberta.



Nas tabela 17 e 18 estão os dados alcançados com a simulação e os dados mínimos a serem atingidos, as vias foram classificadas conformes as tabelas 4 a 8, que são subsídios retirados da NBR 5101. Nota-se que em nenhum dos casos foram atingidos os critérios da norma.

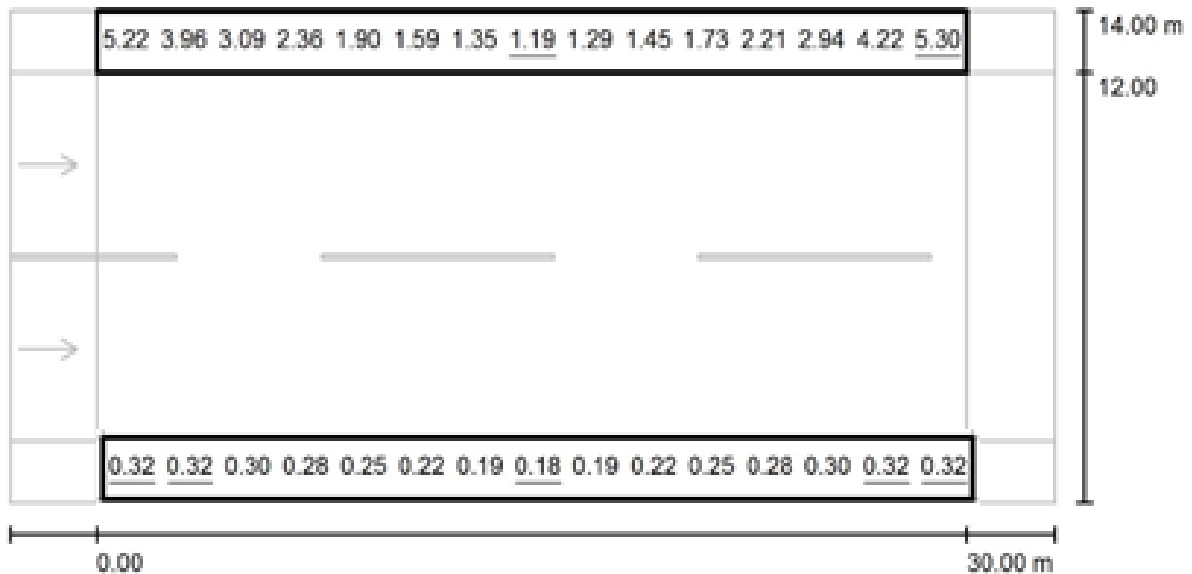
TABELA 17 - Resultados pista de rodagem lâmpada VMAP 125 W

Descrição	Valores			
	Lm [cd/m ²]	U0	UI	TI[%]
Valores obtidos com a simulação	0.14	0.11	0.56	12
Valores nominais segundo a NBR 5101	≥ 0.50	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15

TABELA 18 - Resultados pista de passeio lâmpada VMAP 125 W

Descrição	Valores	
	Em [lx]	U0
Valores reais passeio 1	0.26	0.68
Valores reais passeio 2 (local dos postes)	2.65	0.45
Valores nominais segundo a NBR 5101	3	0.2

Na Representação em Cores Falsas cada cor corresponde a um determinado nível de iluminância (lux), de acordo com uma escala apresentada ao lado da figura 8, permitindo identi-



Na tabela 19 observam-se os dados de iluminância.

TABELA 19 – Resultados iluminância lâmpada VMAP 125 W

Descrição	Valores				
	E_m [lx]	E_{\min} [lx]	E_{\max} [lx]	E_{\min}/E_m	E_{\min}/E_{\max}
Pista de rodagem 125 W	2.29	0.30	11	0.131	0.027
Passeio 1 125 W	2.65	1.19	5.30	0.448	0.224
Passeio 2 125 W	0.26	0.18	0.32	0.684	0.562

4.2 Solução Proposta para Substituição de Lâmpada de VMAP 125W

Conforme foi verificado na IP, para situação de lâmpadas de 125 W de mercúrio não atende os mínimos exigidos na NBR 5101, tanto para pista de rodagem, como para passeio público. Para reverter este quadro sugeriu-se uma alternativa para atender a NBR 5101, com ajuda do DIALux simulou-se a proposta, utilizando as características recolhidas em campos.

Para realização do projeto primeiramente insere-se as dimensões e características da rua em análise, posteriormente seleciona-se o tipo de luminária, lâmpada, altura de montagem, distâncias de postes, tipo de braço e outros parâmetros conforme tabela 20.

TABELA 20 - Características simulada com lâmpada VSAP 100 W

Item	Descrição
Distribuição	De um lado
Distância entre postes	30 metros
Altura de montagem	8 metros
Pendor	2,20 metros
Inclinação do braço extensor	15°
Comprimento do braço extensor	2,50 metros
Passeios	2 metros em cada lado
Pavimento do passeio	Pedra Tijolo
Pista de rodagem	12 metros
Quantidade das faixas de rodagem	2
Pavimento pista de rodagem	Paralelepípedo (cor tijolo)
Fator de manutenção	0,57
Luminária	PHILIPS SRP222
Lâmpada	SON-TPP100W
Fluxo luminoso (lâmpada)	10.700 lm
Fluxo luminoso (luminária)	8.881 lm

Observa-se que foi necessário as trocas dos seguintes itens: braço, altura de montagem, lâmpada e luminária para conseguir atender os requisitos mínimos da NBR 5101. Na figura 11 mostra a eficiência desta luminária que é de 83%, ou seja, capacidade de emitir o fluxo luminoso produzido pela lâmpada.

FIGURA 11 – Dados de eficiência Luminária PHILIPS SRP222

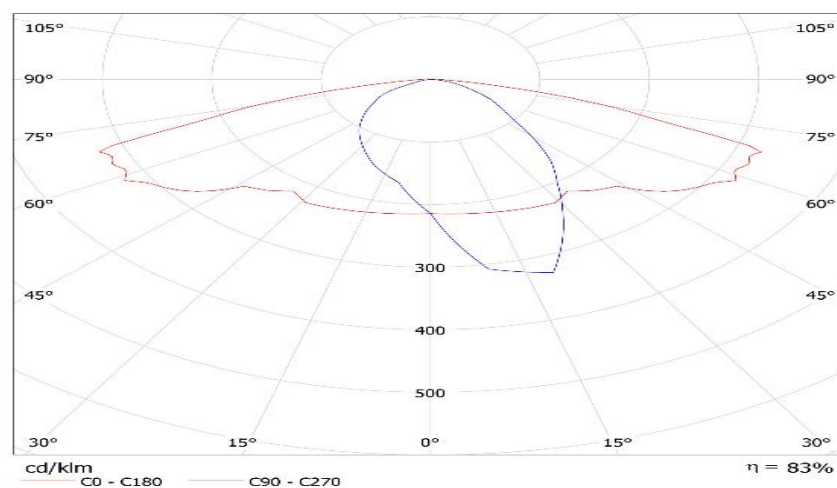


Tabela 21 e 22 estão os dados alcançados com a simulação e os dados mínimos a serem atingidos, as vias foram classificadas conformes as tabelas 4 a 8, que são subsídios retirados da NBR 5101, observa-se que o cálculo luminotécnico atingiu as expectativas na lâmpada de 100 W de VSAP. Na tabela 21 estão os dados obtidos na pista de rodagem, e na tabela 22 estão os dados do passeio para pedestres, observa-se que na pista de passeio todos os resultados atenderam a NBR 5101.

TABELA 21 - Resultados pista de rodagem lâmpada VSAP 100 W

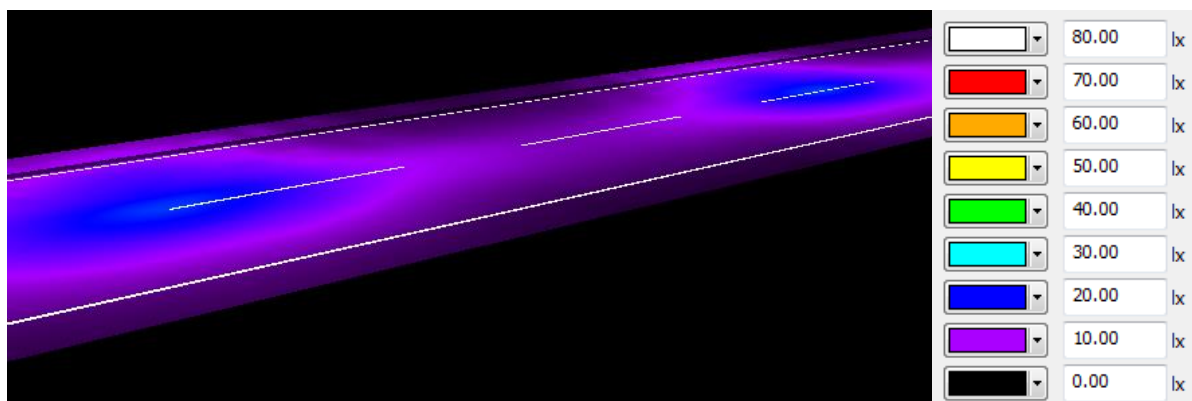
Descrição	Valores			
	Lm [cd/m ²]	U0	U1	TI[%]
Valores obtidos com a simulação	0.55	0.42	0.76	14
Valores nominais segundo a NBR 5101	≥ 0.50	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15

TABELA 22 - Resultados pista de passeio lâmpada VSAP 100 W

Descrição	Valores	
	Em [lx]	U0
Valores reais passeio 1	3.29	0.76
Valores reais passeio 2 (local dos postes)	4.78	0.56
Valores nominais segundo a NBR 5101	3	0.2

Na Representação em Cores Falsas cada cor corresponde a um determinado nível de iluminância (lux), de acordo com uma escala apresentada ao lado da figura 12, permitindo identificar como ocorre a distribuição da luz no ambiente. Na figura 12 com lâmpada 100 W de VSAP, ocorre melhora significativa na uniformidade e distribuição da iluminância.

FIGURA 12 – Representação cores falsas lâmpada VSAP 100W



As figuras 13 e 14 respectivamente mostram os resultados obtidos na grade de medição 15 x 5 na pista de rodagem e 15 x 1 em cada lado do passeio de pedestres, conforme NBR 5101.

FIGURA 13 – Resultados iluminância pista de rodagem lâmpada VSAP 100W

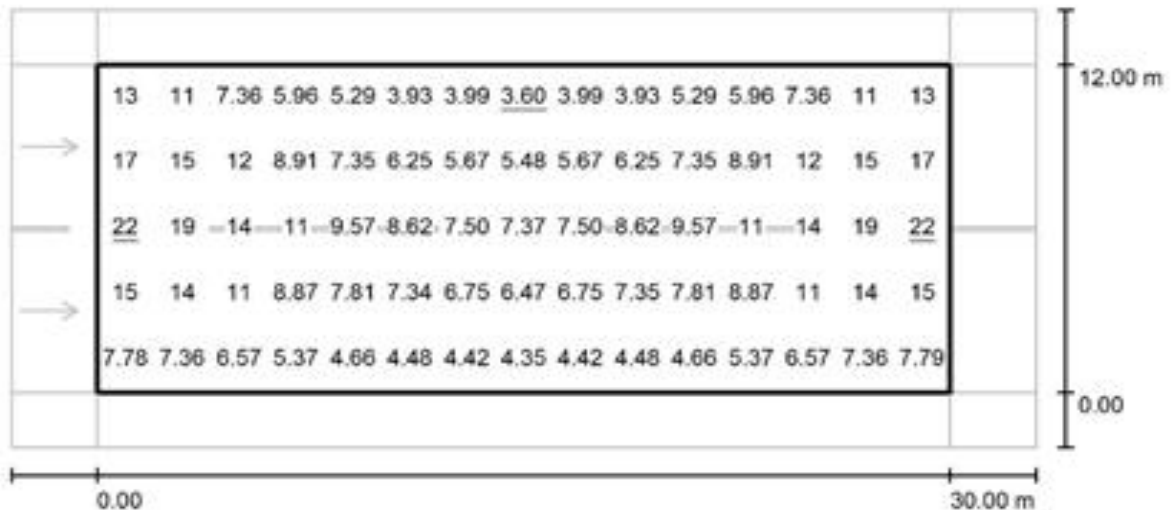
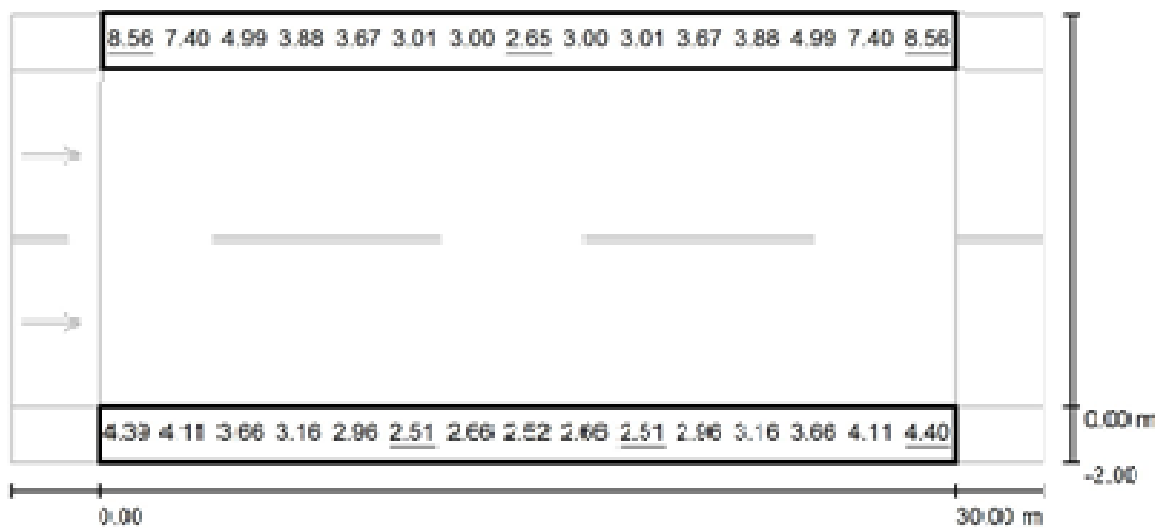


FIGURA 14 – Resultados iluminância pista de passeio lâmpada VSAP 100W



Na tabela 23 observam-se os dados de iluminância.

TABELA 23 – Resultados iluminância lâmpada VSAP 100 W

Descrição	Valores				
	E_m [lx]	E_{min} [lx]	$E_{máx}$ [lx]	E_{min}/E_m	$E_{min}/E_{máx}$
Pista de rodagem 100 W	9.05	3.60	22	0.398	0.166
Passeio 1 100 W	3.29	2.51	4.40	0.761	0.570

Passeio 2 100 W	4.78	2.65	8.56	0.555	0.310
-----------------	------	------	------	-------	-------

4.3 Levantamento de Campo Rua Brasil

Na tabela 24 apresenta as características da Rua Brasil.

TABELA 24 - Características simulada com lâmpada VMAP 250 W

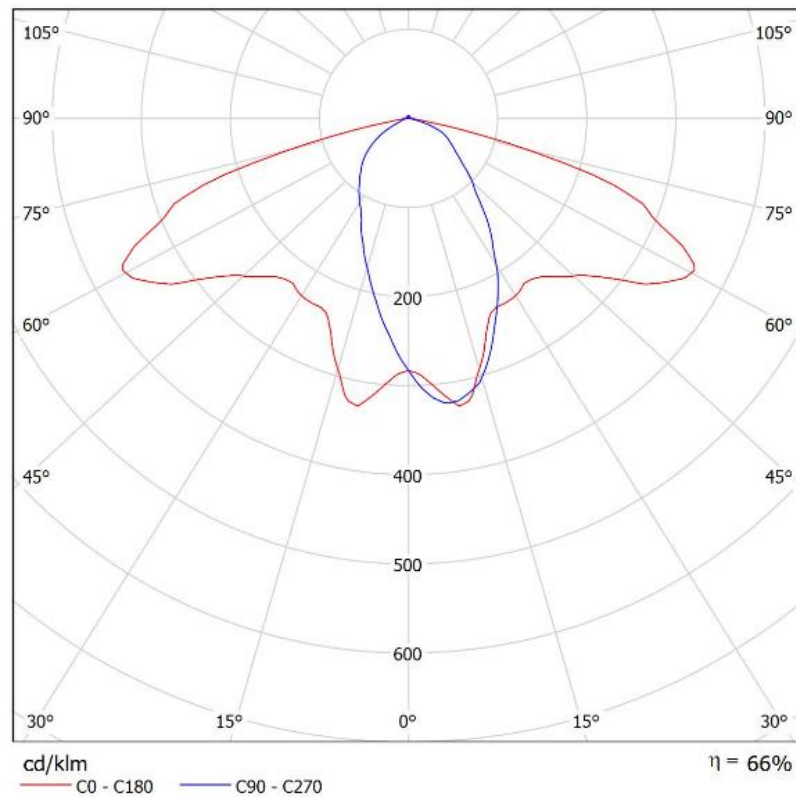
Item	Descrição
Distribuição	De um lado
Distância entre postes	30 metros
Altura de montagem	7,50 metros
Pendor	2,20 metros
Inclinação do braço extensor	5°
Comprimento do braço extensor	2,50 metros
Passeios	2 metros em cada lado
Pavimento do passeio	Pedra Tijolo
Pista de rodagem	12 metros
Quantidade das faixas de rodagem	2
Pavimento pista de rodagem	Alfasto
Fator de manutenção	0,57
Luminária	Fechada com refletor em vidro
Lâmpada	OSRAM 250W
Fluxo luminoso (lâmpada)	12.800 lm
Fluxo luminoso (luminária)	8.487 lm

No anexo C estão os valores encontrados com luxímetro.

Após as medições, foram realizadas simulações com a utilização do software DIALUX. Obedecendo as características encontrada na determinada rua, conforme tabela 24.

Na figura 15 mostra a eficiência desta luminária que é de 66%, ou seja, capacidade de emitir o fluxo luminoso produzido pela lâmpada.

FIGURA 15 – Dados de eficiência Luminária Fechada



Na tabela 25 estão os dados alcançados com a simulação na pista de rodagem e os dados mínimos a serem atingidos pela NBR 5101, observa-se que o cálculo luminotécnico não atingiu as expectativas para lâmpada de 250 W VMAP. Na tabela 26 estão resultados para o passeio de pedestres, onde a norma não foi atendida.

TABELA 25 - Resultados pista de rodagem lâmpada VMAP 250 W

Descrição	Valores			
	Lm [cd/m ²]	U0	UI	TI[%]
Valores reais segundo simulação	0.63	0.16	0.64	15
Valores nominais segundo a NBR 5101	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15

TABELA 26 - Resultados pista de passeio lâmpada VMAP 250 W

Descrição	Valores	
	Em [lx]	U0
Valores reais passeio 1	1.53	0.73
Valores reais passeio 2 (local dos postes)	6.47	0.40

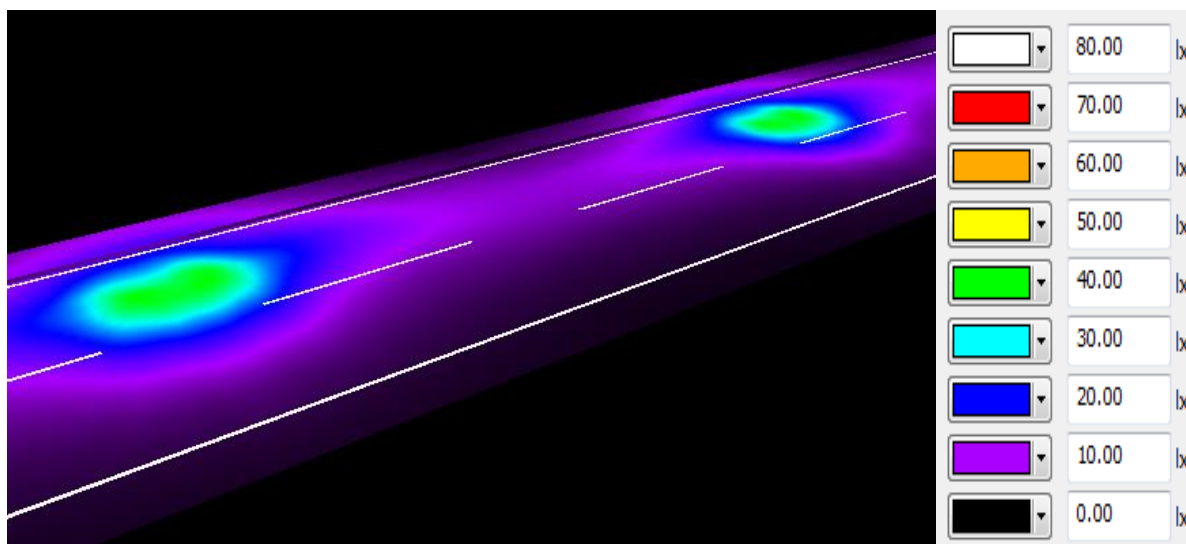
Valores nominais segundo a NBR 5101

5

0.2

Utilizando-se o recurso de cores falsas, é possível uma análise visual do grau de iluminação figura 16.

FIGURA 16 – Representação cores falsas lâmpada VMAP 250W



As figuras 17 e 18 respectivamente mostram os resultados obtidos na grade de medição 15 x 5 na pista de rodagem e 15 x 1 em cada lado do passeio de pedestres, conforme NBR 5101.

FIGURA 17 – Resultados da iluminância pista de rodagem lâmpada VMAP 250W

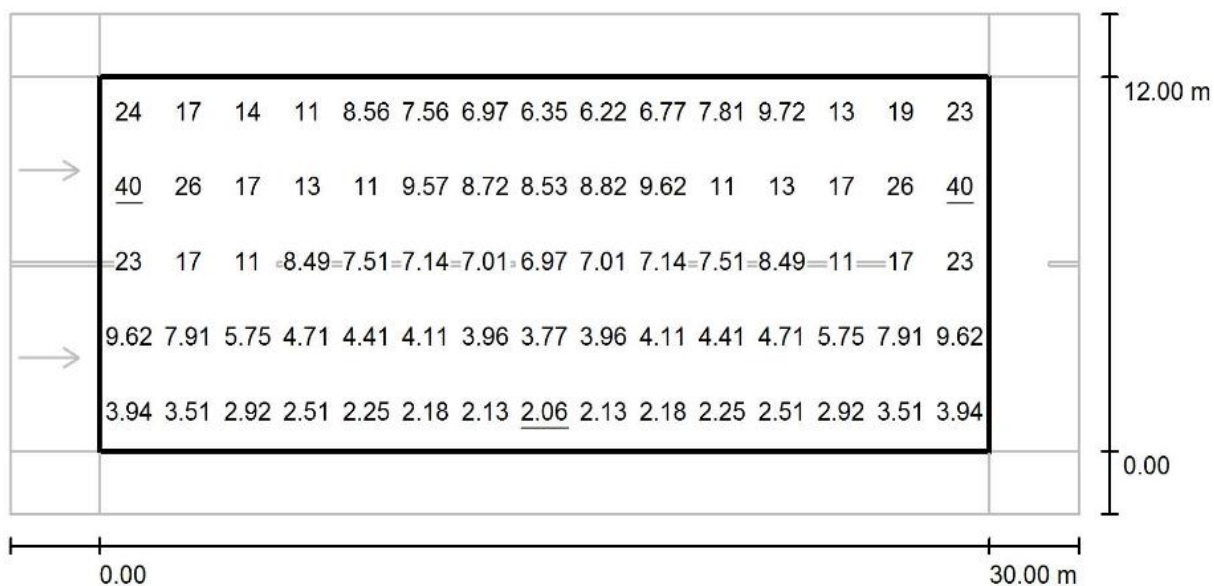
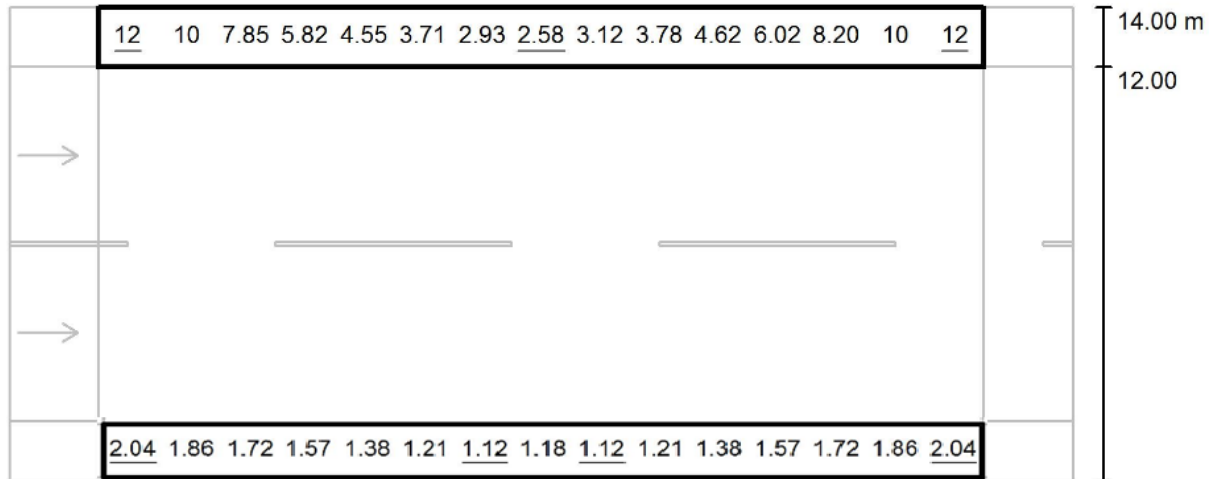


FIGURA 18 – Resultados da iluminância passeio público lâmpada VMAP 250W



Na tabela 27 observa-se os dados de iluminância.

TABELA 27 - Resultados iluminância lâmpada VMAP 250 W

Item	Valores				
	E_m [lx]	E_{min} [lx]	$E_{máx}$ [lx]	E_{min}/E_m	$E_{min}/E_{máx}$
Pista de rodagem 250 W	9.81	2.06	40	0.210	0.051
Passeio 1 250 W	1.53	1.12	2.04	0.733	0.550
Passeio 2 250 W	6.47	2.58	12	0.398	0.219

4.4 Solução Proposta para Substituição de lâmpadas de VMAP 250 W

A segunda simulação compreende a substituição das lâmpadas de VMAP de 250 W para lâmpadas de VSAP de 150 W. Para utilizamos os seguintes dados de projeto na tabela 28.

TABELA 28 - Características simulada com lâmpada VSAP 150 W

Item	Descrição
Distribuição	De um lado
Distância entre postes	30 metros
Altura de montagem	7,50 metros
Pendor	2,20 metros

Inclinação do braço extensor	15°
Comprimento do braço extensor	2,50 metros
Passeios	2 metros em cada lado
Pavimento do passeio	Pedra Tijolo
Pista de rodagem	12 metros
Quantidade das faixas de rodagem	2
Pavimento pista de rodagem	Alfasto
Fator de manutenção	0,57
Luminária	PHILIPS SRP222
Lâmpada	SON-TPP150W
Fluxo luminoso (lâmpada)	17.500 lm
Fluxo luminoso (luminária)	14.525 lm

Para simulação trocou-se os seguintes itens: lâmpada e luminária com eficiência de 83% a mesma da figura 11.

Na tabela 29 estão os dados alcançados com a simulação na pista de rodagem e os dados mínimos a serem atingidos pela NBR 5101, observa-se que o cálculo luminotécnico atingiu as expectativas apenas para lâmpada de 150 W VSAP. Na tabela 30 estão resultados para o passeio de pedestres, onde em todos os casos a norma foi atendida.

TABELA 29 - Resultados pista de rodagem lâmpada VSAP 150 W

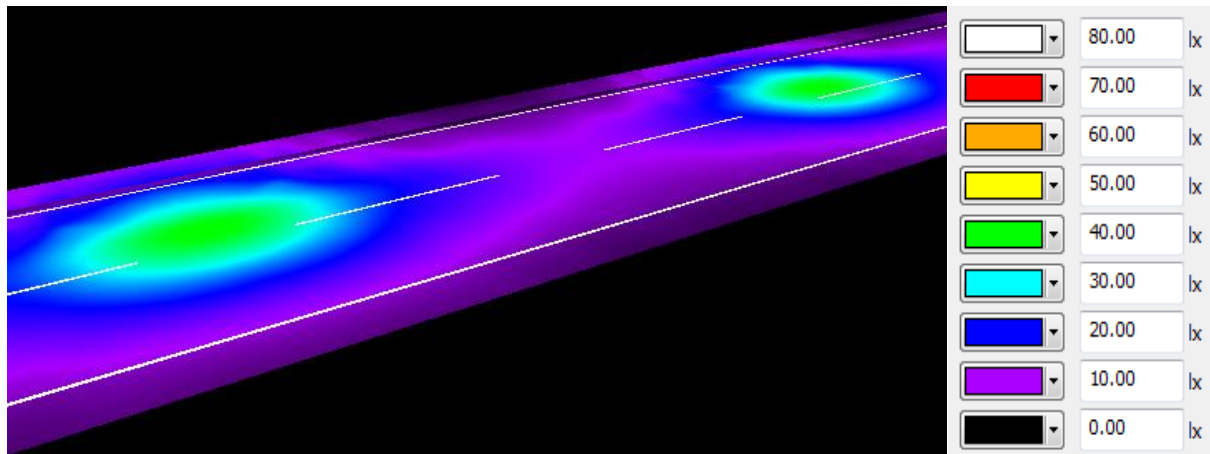
Descrição	Valores			
	Lm [cd/m ²]	U0	UI	TI[%]
Valores reais segundo simulação	0.91	0.40	0.63	14
Valores nominais segundo a NBR 5101	≥ 0.75	≥ 0.40	≥ 0.60	≤ 15

TABELA 30 - Resultados pista de passeio lâmpada VSAP 150 W

Descrição	Valores	
	Em [lx]	U0
Valores reais passeio 1	6.64	0.29
Valores reais passeio 2 (local dos postes)	9.35	0.74
Valores nominais segundo a NBR 5101	3	0.2

Utilizando-se o recurso de cores falsas, é possível uma análise visual do grau de iluminação figura 19.

FIGURA 19 – Representação cores falsas lâmpada VSAP 150W



As figuras 20 e 21 respectivamente mostram os resultados obtidos na grade de medição 15 x 5 na pista de rodagem e 15 x 1 em cada lado do passeio de pedestres, conforme NBR 5101.

FIGURA 20 – Resultados da iluminância pista de rodagem lâmpada VSAP 150W

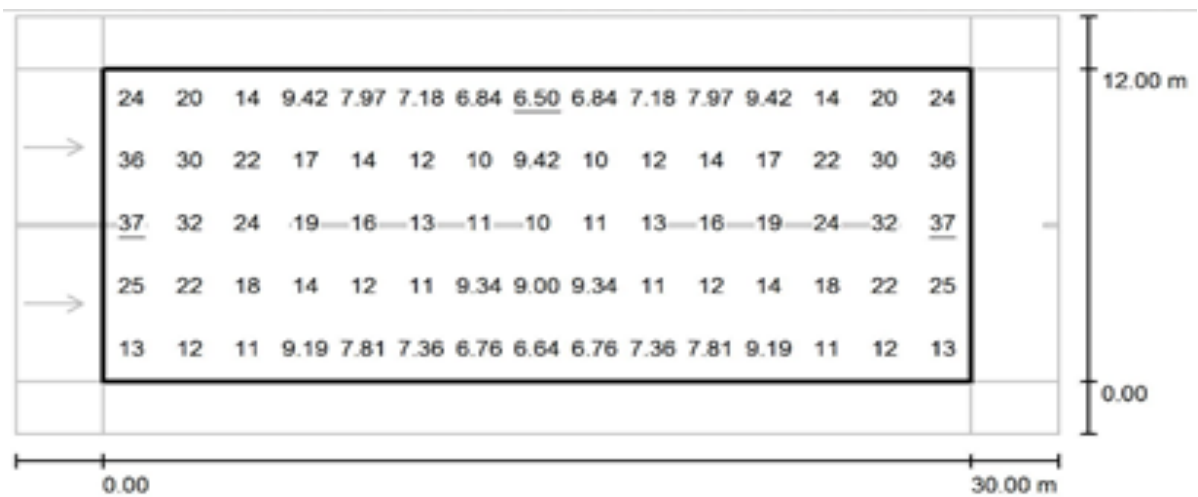
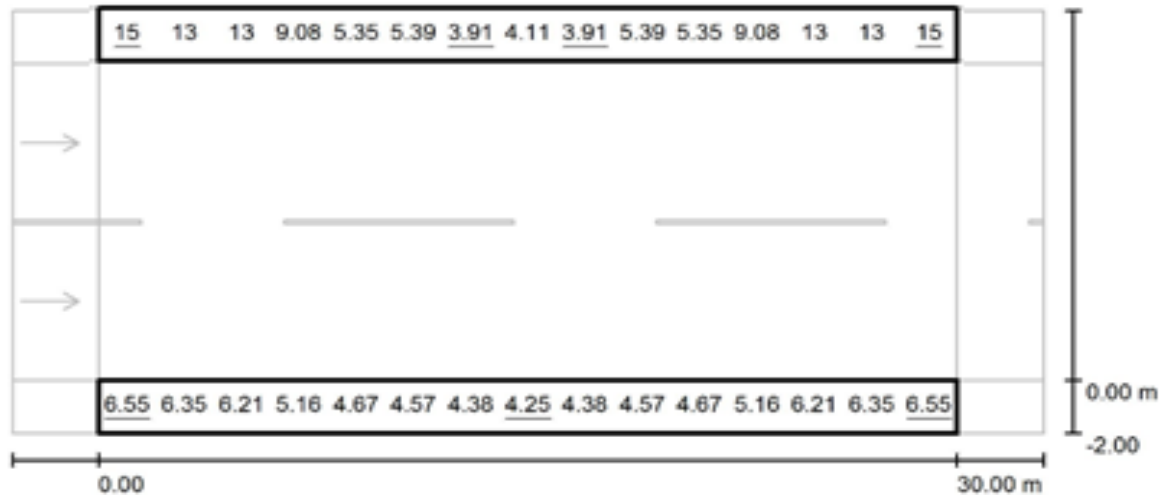


FIGURA 21 – Resultados da iluminância passeio público lâmpada VSAP 150W



Na tabela 31 observa-se os dados de iluminância.

TABELA 31 - Resultados iluminância lâmpada VSAP 150 W

Item	Valores				
	E_m [lx]	E_{min} [lx]	$E_{máx}$ [lx]	E_{min}/E_m	$E_{min}/E_{máx}$
Pista de rodagem 150 W	15	6.50	37	0.420	0.175
Passeio 1 150 W	5.34	4.25	6.55	0.796	0.648
Passeio 2 150 W	8.82	3.91	15	0.552	0.269

4.5 Considerações Finais

Nos dados que foram recolhidos em campo com luxímetro em nenhum dos casos atendeu a norma vigente. Para confirmar os dados foram inseridos no DIALux resultados detalhados no (ANEXO D),

Observa-se uma diferença nos resultados em dados recolhidos com luxímetro e os dados simulados para lâmpada VMAP 125 W, isso deve-se a interferência externas como: arborização, inclinação luminária, iluminação externa (residências) entre outros.

A discrepância é maior na simulação da lâmpada VMAP 250 W, devido a luminária antiga com mais de 30 anos e com muita sujeira acumulada, provável vida útil lâmpada ultrapassada aliados a outros fatores já citados os dados recolhidos com Luxímetro ficaram comprometidos se compararmos com simulação no DIALux.

Ao analisar a atual situação e a alternativa proposta, os cálculos luminotécnicos provam a eficácia, ao confrontar com a NBR 5101 todos os resultados foram atendidos, tanto para pista de rodagem como para o passeio público (ANEXO E). No atual sistema esses resultados não conseguiram atender os valores mínimos da NBR 5101.

5. VIABILIDADE ECONÔMICA

O estudo de viabilidade indica as condições para que os objetivos que se pretendem alcançar dependam mais das próprias ações do que ao acaso. No entanto, há diversos cuidados que devem ser tomados de forma a garantir a viabilidade técnica de um projeto e sua implantação. Os resultados deverão ser condizentes com as condições experimentais.

Dessa forma, este capítulo tem por objetivo estimar os ganhos ou perdas decorrentes e assim, concluir sobre a viabilidade econômica da alternativa proposta. Na sequência são apresentados os custos de implantação da proposta, custos anualizados de cada equipamento substituído e por fim os cálculos referente a relação custo-benefício.

5.1 Custos de Implementação

Os custos envolvidos para a realização da substituição de lâmpadas VMAP para lâmpadas VSAP, são:

- Custo de realização dos estudos de diagnóstico energético e elaboração dos projetos;
- Custo de aquisição dos novos equipamentos de iluminação e materiais necessários para a instalação;
- Custo de remoção dos equipamentos de iluminação ineficientes existentes e instalação dos novos equipamentos eficientes;

Na tabela 32 encontra-se o custo para implementação da alternativa propostas, aquisição dos equipamentos (lâmpadas e reatores), mão-de-obra (instalação), projeto, fiscalização concessionária (custo da fiscalização que a concessionária faz, quando a uma substituição de grandes proporção no sistema IP) e descarte dos materiais retirados, este custo é de R\$ 553.885,50.

TABELA 32 - Custos de implantação

Descrição	Valor
Fiscalização concessionária	R\$ 1.500,00
Aquisição de equipamentos	R\$ 544.035,50
Mão de obra e projeto	R\$ 8.000,00
Descarte materiais retirados	R\$ 350,00
Total	R\$ 553.885,50

5.2 Custos Anualizados

Com os custos de implantação idealizados na tabela 32, é possível calcular o investimento anualizado tabela 34 de cada equipamento substituído neste caso às lâmpadas, reatores, braço e luminária. O custo anualizado foi descrito no item 1.6.2 viabilidade técnica do projeto e utiliza as equações 4, 5, 6 e 7.

Para o estudo da viabilidade analisou-se as duas alternativas propostas e também a substituição de 17 lâmpadas VMAP 400 W, por lâmpadas VSAP 250 W que fazem a iluminação da praça municipal em postes, além das fluorescentes compactas. Na tabela 33 está a nova configuração do sistema de IP do município.

TABELA 33 – Nova configuração do sistema de Iluminação Pública.

Tipo de lâmpada	Pontos	Potência (W)	Perda reator (W)	Potência+ Perda Reator (W)	Total Geral (kW)	Horas /dia
Vapor de Sódio	688	100	14	114	79	12
Vapor de Sódio	110	150	26	176	19	
Vapor de Sódio	36	250	30	280	10	
Vapor de sódio	17	250	30	280	5	
Vapor de Sódio	12	400	45	445	5	
Vapor Metálico	20	250	30	280	6	
Fluorescente Compacta	64	34	4	38	2	
Total	947	-	-	-	126	1.512 kWh

Neste caso tanto para lâmpadas de VSAP de 100W, 150W e 250W considerou-se a vida útil de 36.000 horas (8 anos), reatores e graduadores duração de 10 anos, braço e luminária 20 anos. A taxa de juro foi escolhida 12% que é a considerada para estudos em equipamentos elétricos.

Com a utilização dos graduadores podemos regular a intensidade fluxo da lâmpada diminuindo sua potência em horários de menor circulação de pedestres e carros. No caso de São Vicente do Sul considerou-se o fluxo normal das 18:00 as 23:30, e fluxo reduzido em 50% das 23:30 as 04:30 (total 5 horas), voltando ao fluxo normal das 04:30 as 06:00. (Fluxo normal total 7 horas).

TABELA 34 - Custos anualizados por equipamentos

Equipamento	<i>u</i> (anos)	<i>i</i>	FRC	CPE	Custo
					Anualizado
Lâmpadas	8	12%	0,201303	R\$ 13.559,58	R\$ 2.729,58
Reatores	10	12%	0,176998	R\$ 29.556,12	R\$ 5.230,97
Graduador	10	12%	0,176998	R\$ 124.474,45	R\$ 22.030,01
Luminária	20	12%	0,133879	R\$ 363.335,67	R\$ 48.642,94
Braço	20	12%	0,133879	R\$ 24.588,05	R\$ 3.291,82
Total	-	-	-	-	R\$ 81.925,32

5.3 Relação Custo Benefício e Tempo de Retorno Simples

De posse dos valores dos custos anualizados e custos de implementação é possível com equações 1, 2 e 3 o cálculo da Relação Benefício Custo, citado no item 1.6.2.

De posse da informação dos graduadores, é possível calcular a Redução de Demanda e a Energia Economizada, para dados de fatura e para dados levantados.

Para o cálculo da Redução da Demanda temos a demanda atual que é de 130,3 kW é a demanda da proposta de 126 kW, gerando uma redução de 4,3 kW. Já a energia economizada gira em torno de 18,83 MWh.

Se considerarmos os dados levantados em campo temos uma demanda de 157,5 kW é a demanda da proposta de 126 kW, gerando uma redução de 31,5 kW. Já a energia economizada ficaria em 218,17 MWh. Nota-se que redução de demanda no horário ponta é a mesma, pois o sistema de IP funciona em toda duração do horário de ponta (não há interferência dos graduadores, fluxo luminoso normal). Optou-se para realização do RCB deste caso.

Para o cálculo do benefício anualizado são aplicadas as fórmulas do Custo Unitário Evitado de Demanda – CED e do Custo Unitário Evitado de Energia – CEE que encontram-se no Procedimentos do Programa de Eficiência Energética – PROPEE, Módulo 7 – Cálculo da Viabilidade (ANEXO F).

Para consolidar os cálculos utilizou-se os dados da RESOLUÇÃO HOMOLOGATÓRIA Nº 1.879, DE 14 ABRIL DE 2015 que homologa o resultado do Reajuste Tarifário Anual de 2015, referentes à AES SUL Distribuidora Gaúcha de Energia S.A. Obteve-se como CED R\$ 411,21/MWh e CEE R\$ 424,75/kW. Gernado o investimento evitado de R\$103.012,00 (benefícios). Com dados calculados utilizando a fórmula 1 podemos calcular a RCB que é de 0,79. O detalhamento encontra-se no ANEXO G.

A partir dos dados obtidos é possível a determinação do tempo de retorno simples do investimento, dada pela expressão (10):

$$\text{Tempo de retorno simples} = \frac{\text{Custo de implantação}}{\text{Investimento evitado}} \quad (10)$$

O que retorna um tempo de retorno simples de 5,5 (cinco anos e meio), ou 66 meses.

5.4 Considerações Finais

Com um investimento de R\$ 553.885,50 para implementação do sistema, logo realizou-se os cálculos para a viabilidade econômica da alternativa proposta com resultados calculados o valor do RCB de 0,79 que é favorável considerando que o RCB ideal tem que ser um valor \leq 0,80, segundo o Módulo 7 - Cálculo da Viabilidade (PROPEE).

Esse valor de RCB aceitável, deve-se ao uso dos graduadores em cada ponto de IP, que regula o fluxo luminoso da lâmpada em horários predeterminados, com isso obteve-se um aumento de 63% da energia economizada.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A IP é importante para a qualidade de vida das pessoas, sendo necessária ao desenvolvimento social e econômico dos municípios e constitui-se em um dos vetores mais importantes para a segurança pública dos centros urbanos, no que se refere ao tráfego de veículos e de pedestres e à prevenção da criminalidade.

Apesar de a Constituição Brasileira ter definido que compete aos municípios a responsabilidade sobre a realização de serviços públicos, dentre eles a IP, muitas destas pequenas cidades não tem pessoal qualificado na área o que dificulta a gestão e monitoramento do sistema.

A concessionária por sua vez também não possui funcionários suficientes para levantamento atualizado da IP desses municípios, com isso não poderá auxiliar a Administração em alternativas adequadas de consumo.

No levantamento foi possível verificar que o histórico de consumo constituído na fatura e menor que os dados levantados, uma diferença de 119.013 kWh anualmente, muito pela falta de comunicação da Prefeitura com Concessionária, causando um prejuízo de R\$ 29.049,88 anualmente a Concessionária.

Na simulação é possível verificar que as simulações com o software DIALux, mesmo utilizando as normas do CIE, conseguiu-se satisfazer a NBR 5101. Logo a alternativa proposta é legítima, pois os resultados de simulação foram atendidos. O sistema atual não conseguiu em nenhum dos casos atender a norma vigente na situação da pista de rodagem e no passeio público.

No capítulo 5 onde apresentam-se os resultados de viabilidade econômica, o RCB encontrado é de 0,79 que se enquadra no valor exigido pelo ANEEL/PROCEL de $\leq 0,80$.

O projeto atingiu a meta assinalada no PROCEL, a alternativa traz benefícios para estrutura do sistema de IP da cidade como: Padronização com NBR 5101, diminuição de potência consequentemente da fatura de energia, qualidade de equipamentos entre outros.

Pode-se concluir que a IP é um setor de muita visibilidade, onde tem-se uma grande porcentagem de energia consumida, carecendo na maioria dos municípios de pessoas especializadas, evitando assim desperdícios desnecessários, deste modo percebe-se a importância de estudos como este para comprovar a possibilidade da redução considerável do consumo de

energia elétrica, possibilitando assim, uma melhor utilização da verba pública aumentando os investimentos em qualidade para os cidadãos.

6.1 Sugestões para Trabalhos Futuros

Neste tópicos serão citados algumas sugestões que futuramente poderiam complementar este estudo de caso:

- Estudo de viabilidade em outras cidades da região;
- Gestão e monitoramento de sistemas de iluminação pública;
- Comparação de parâmetros, normas e padrões;
- Eficientização com outros tipos de tecnologias;
- Impactos que alternativa proposta causa aos usuários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Iluminação Pública. Norma técnica ABNT NBR 5101: 2012.** Rio de Janeiro, 2012.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Procedimentos do Programa de Eficiência Energética – PROPEE.** Módulo 7 – Cálculo da Viabilidade. 2013.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **RESOLUÇÃO N.º 414, de 9 de Setembro de 2010 - Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma Atualizada e Consolidada. Brasil, 2010.** Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414comp.pdf>. Acesso em: 14/01/2014.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **RESOLUÇÃO HOMOLOGATÓRIA N.º 1.879, de 14 de Abril de 2015 - Homologa o resultado do Reajuste Tarifário Anual de 2015, as Tarifas de Energia – TE e as Tarifas de Uso do Sistema de Distribuição – TUSD referentes à AES SUL Distribuidora Gaúcha de Energia S.A. - AES SUL e dá outras providências.**

BRASIL. Constituição, 1988. **Constituição da República Federativa do Brasil, promulgada em 5 de outubro de 1988 e suas emendas.** 20. Ed. São Paulo: Saraiva, 1988.

COPEL - Companhia Paranaense de Energia. **Manual de Iluminação Pública.** Paraná, 2012.
ELETROBRAS, Centrais Elétricas Brasileiras S.A. **Iluminação Pública.** 2008. Disponível em: <http://www.eletrabras.com/elb/procel/main.asp?TeamID={EB94AEA0-B206-43DE-8FBE-6D70F3C44E57}>. Acesso em: 20/12/2013.

ELETROBRAS PROCEL. **Iluminação Eficiente: Iniciativas da Eletrobras Procel e Parceiros.** Organizadores: Luiz Eduardo Menandro de Vasconcellos e Marcos Alexandre Couto Limberger. Rio de Janeiro: Eletrobras/Procel, 2013. 266 p.

ESTEVES ASCURRA, R. **Eficiência Elétrica em Iluminação Pública Utilizando Tecnologia LED: Um Estudo de Caso.** Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Ambiental – Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT – Cuiabá, 2013.

FRÓES DA SILVA, L.L. **Iluminação Pública no Brasil: Aspectos Energéticos e Institucionais.** Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro, 2006.

GOOGLE MAPS. **Localização de São Vicente do Sul – Rio Grande do Sul.** Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/place/S%C3%A3o+Vicente+do+Sul+-+RS/@-29.6886464,-54.6831806,15z/data=!3m1!4b1!4m2!3m1!1s0x9501b6b102239d31:0x56b6392f58e3cc1b?hl=pt-BR> . Acesso em: 12/02/2014.

NASCIMENTO, A. **Análise do uso da tecnologia led na iluminação pública: estudo das perspectivas de aplicação na cidade de São Paulo.** Dissertação (Mestrado em Pós-Graduação em Energia) - Universidade Federal do ABC - UFABC, Santo André, 2012.

PHILIPS. **Catálogos de Produtos.** São Paulo, 2012.

PROCEL RELUZ. Eletrobrás. **Manual de Instruções PROCEL/RELUZ.** Rio de Janeiro, Setembro, 2006.

ROIZENBLATT, I. **Critérios da Iluminação Elétrica Urbana.** Tese de Doutorado. Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo, 2009.

ROSITO, L. H. **Desenvolvimento da Iluminação Pública no Brasil.** Revista O Setor Elétrico, 2009. Disponível em: <http://www.osetoreletrico.com.br/ose/sets/2c688ee8/ed.36_fasciculo_capitulo_1_desenvolvimento_da_iluminacao_publica_no_brasil.pdf> . Acesso em: 23/06/2014.

SANTANA, R. M. B. **Iluminação pública: uma abordagem gerencial.** Dissertação (Mestrado em Regulação da Indústria de Energia) - Universidade Salvador - UNIFACS, Salvador, 2010.

ANEXO A - Alteração do sistema de iluminação pública existente.

SOLICITAÇÃO PARA ALTERAÇÃO/AMPLIAÇÃO DO SISTEMA DE IP	
Município solicitante:	
Rua:	Nº:
CEP:	Fone:
Técnico responsável:	
Substituição de luminária	Instalação de luminária
Localização geográfica:	
Tipo de luminária:	Quantidade:
Fabricante:	
Potência:	Perda teórica nos reatores:

ANEXO C – Planilha com os dados de iluminância recolhidos com o luxímetro.

Dados recolhidos pista de rodagem Rua Brasil															
Distância Transversal (m)	Distância Longitudinal (m)														
	187,5	375	562,5	750	937,5	1125	1312,5	1500	1687,5	1875	2062,5	2250	2437,5	2625	2812,5
120	1,2	1,2	1	1	1	1	0,9	0,9	1	1	1,6	1,8	1,9	1,9	2,1
360	1,3	1,5	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,7	1,9	2	2,8	2,9
600	1,3	1,3	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,3	1,3	1,4	1,6	1,7	2	3,1	3
840	1	1	1,1	0,9	0,9	0,9	0,9	1	1	1,1	1,2	1,2	1,5	1,7	1,9
1080	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8	1	1,1	1,2

Dados recolhidos Passeio Público (lado onde estão os pontos de IP) Rua Brasil															
Distância Transversal (m)	Distância Longitudinal (m)														
	187,5	375	562,5	750	937,5	1125	1312,5	1500	1687,5	1875	2062,5	2250	2437,5	2625	2812,5
100	1,6	1,5	1,5	1,1	0,9	1	0,8	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	1,1	1,4	1,6

Dados recolhidos Passeio Público (lado oposto aos pontos de IP) Rua Brasil															
Distância Transversal (m)	Distância Longitudinal (m)														
	187,5	375	562,5	750	937,5	1125	1312,5	1500	1687,5	1875	2062,5	2250	2437,5	2625	2812,5
100	0,5	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	0,8	0,7	0,8	0,9	1

Dados recolhidos pista de rodagem Rua Coronel Pilar															
Distância Transversal (m)	Distância Longitudinal (m)														
	187,5	375	562,5	750	937,5	1125	1312,5	1500	1687,5	1875	2062,5	2250	2437,5	2625	2812,5
120	11,7	7,6	3,7	2	1,3	1,2	0,9	0,6	0,7	1	1,5	2,5	3	6,9	9,9
360	5,9	4,5	2,6	1,5	1,1	0,8	0,6	0,6	0,7	1	1,1	2	3,7	6	8,8
600	2,2	1,8	1,5	0,8	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,7	0,9	1,5	2,3	3,1	3,8
840	0,6	0,6	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,9	1,4	1,6
1080	0,1	0,1	0,2	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,2	0,2	0,3

Dados recolhidos Passeio Público (lado onde estão os pontos de IP) Rua Coronel Pilar															
Distância Transversal (m)	Distância Longitudinal (m)														
	187,5	375	562,5	750	937,5	1125	1312,5	1500	1687,5	1875	2062,5	2250	2437,5	2625	2812,5
100	10,4	6,5	3,1	2,2	2	1,2	1,1	0,7	0,7	0,9	1,2	2,1	3,4	5,6	8,8

Dados recolhidos Passeio Público (lado oposto aos pontos de IP) Rua Coronel Pilar															
Distância Transversal (m)	Distância Longitudinal (m)														
	187,5	375	562,5	750	937,5	1125	1312,5	1500	1687,5	1875	2062,5	2250	2437,5	2625	2812,5
100	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1

Iluminância Rua Coronel Pilar					
	Em (lx)	Emín (lx)	Emáx (lx)	Emín/Em	Emín/Emáx
Pista de Rodagem	1,68	0	11,7	0	0
Passeio Público (lado onde estão os pontos de IP)	3,33	0,7	10,4	0,21	0,07
Passeio Público (lado oposto aos pontos de IP)	0,01	0	0,1	0	0

Iluminância Rua Brasil					
	Em (lx)	Emín (lx)	Emáx (lx)	Emín/Em	Emín/Emáx
Pista de Rodagem	1,27	0,5	2,1	0,39	0,24
Passeio Público (lado onde estão os pontos de IP)	1,11	0,7	1,6	0,62	0,44
Passeio Público (lado oposto aos pontos de IP)	0,71	0,5	1	0,71	0,5

ANEXO D – Planilha dados iluminância obtidos com o DIALux (situação atual).

Dados recolhidos pista de rodagem Rua Brasil															
Distância Transversal (m)	Distância Longitudinal (m)														
	187,5	375	562,5	750	937,5	1125	1312,5	1500	1687,5	1875	2062,5	2250	2437,5	2625	2812,5
120	24	17	14	11	8,56	7,56	6,97	6,35	6,22	6,77	7,81	9,72	13	19	23
360	40	26	17	13	11	9,57	8,72	8,53	8,82	9,62	11	13	17	26	40
600	23	17	11	8,49	7,51	7,14	7,01	6,97	7,01	7,14	7,51	8,49	11	17	23
840	9,62	7,91	5,75	4,71	4,41	4,11	3,96	3,77	3,96	4,11	4,41	4,71	5,75	7,91	9,62
1080	3,94	3,51	2,92	2,51	2,25	2,18	2,13	2,06	2,13	2,18	2,25	2,51	2,92	3,51	3,94

Dados recolhidos Passeio Público (lado onde estão os pontos de IP) Rua Brasil															
Distância Transversal (m)	Distância Longitudinal (m)														
	187,5	375	562,5	750	937,5	1125	1312,5	1500	1687,5	1875	2062,5	2250	2437,5	2625	2812,5
100	12	10	7,85	5,82	4,55	3,71	2,93	2,58	3,12	3,78	4,62	6,02	8,2	10	12

Dados recolhidos Passeio Público (lado oposto aos pontos de IP) Rua Brasil															
Distância Transversal (m)	Distância Longitudinal (m)														
	187,5	375	562,5	750	937,5	1125	1312,5	1500	1687,5	1875	2062,5	2250	2437,5	2625	2812,5
100	2,04	1,86	1,72	1,57	1,38	1,21	1,12	1,18	1,12	1,21	1,38	1,57	1,72	1,86	2,04

Dados recolhidos pista de rodagem Rua Coronel Pilar															
Distância Transversal (m)	Distância Longitudinal (m)														
	187,5	375	562,5	750	937,5	1125	1312,5	1500	1687,5	1875	2062,5	2250	2437,5	2625	2812,5
120	11	6,57	4,66	3,51	2,82	2,45	2,14	2,04	2,13	2,44	2,79	3,48	4,6	6,84	9,94
360	8,64	5,66	3,56	2,67	2,33	2,18	2,01	1,9	2,01	2,18	2,33	2,67	3,56	5,66	8,64
600	3,49	2,77	1,87	1,49	1,36	1,29	1,24	1,18	1,24	1,29	1,36	1,49	1,87	2,77	3,49
840	1,27	1,18	0,93	0,8	0,71	0,65	0,62	0,62	0,62	0,65	0,71	0,8	0,93	1,18	1,27
1080	0,63	0,55	0,5	0,45	0,4	0,34	0,32	0,3	0,32	0,34	0,4	0,45	0,5	0,55	0,63

Dados recolhidos Passeio Público (lado onde estão os pontos de IP) Rua Coronel Pilar															
Distância Transversal (m)	Distância Longitudinal (m)														
	187,5	375	562,5	750	937,5	1125	1312,5	1500	1687,5	1875	2062,5	2250	2437,5	2625	2812,5
100	5,22	3,98	3,09	2,36	1,9	1,59	1,35	1,19	1,29	1,45	1,73	2,21	2,94	4,22	5,3

Dados recolhidos Passeio Público (lado oposto aos pontos de IP) Rua Coronel Pilar															
Distância Transversal (m)	Distância Longitudinal (m)														
	187,5	375	562,5	750	937,5	1125	1312,5	1500	1687,5	1875	2062,5	2250	2437,5	2625	2812,5
100	0,32	0,32	0,3	0,28	0,25	0,22	0,19	0,18	0,19	0,22	0,25	0,28	0,3	0,32	0,32

ANEXO E – Planilha dados iluminância obtidos com o DIALux (alternativa proposta).

Dados recolhidos pista de rodagem Rua Brasil (150 W VSAP)															
Distância Transversal (m)	Distância Longitudinal (m)														
	187,5	375	562,5	750	937,5	1125	1312,5	1500	1687,5	1875	2062,5	2250	2437,5	2625	2812,5
120	13	11	7,36	5,96	5,29	3,93	3,99	3,6	3,99	3,93	5,29	5,96	7,36	11	13
360	17	15	12	8,91	7,35	6,25	5,67	5,48	5,67	6,25	7,35	8,91	12	15	17
600	22	19	14	11	9,57	8,62	7,5	7,37	7,5	8,62	9,57	11	14	19	22
840	15	14	11	8,87	7,81	7,34	6,75	6,47	6,75	7,34	7,81	8,87	11	14	15
1080	7,78	7,36	6,57	5,37	4,66	4,48	4,42	4,35	4,42	4,48	4,66	5,37	6,57	7,36	7,79

Dados recolhidos Passeio Público (lado onde estão os pontos de IP) Rua Brasil															
Distância Transversal (m)	Distância Longitudinal (m)														
	187,5	375	562,5	750	937,5	1125	1312,5	1500	1687,5	1875	2062,5	2250	2437,5	2625	2812,5
100	8,56	7,4	4,99	3,88	3,67	3,01	3	2,65	3	3,01	3,67	3,88	4,99	7,4	8,56

Dados recolhidos Passeio Público (lado oposto aos pontos de IP) Rua Brasil															
Distância Transversal	Distância Longitudinal (m)														
	187,5	375	562,5	750	937,5	1125	1312,5	1500	1687,5	1875	2062,5	2250	2437,5	2625	2812,5
100	4,39	4,11	3,66	3,16	2,96	2,51	2,66	2,52	2,66	2,51	2,96	3,16	3,66	4,11	4,4

Dados recolhidos pista de rodagem Rua Coronel Pilar (100 W VSAP)															
Distância Transversal (m)	Distância Longitudinal														
	187,5	375	562,5	750	937,5	1125	1312,5	1500	1687,5	1875	2062,5	2250	2437,5	2625	2812,5
120	24	20	14	9,42	7,97	7,18	6,84	6,5	6,84	7,18	7,97	9,42	14	20	24
360	36	30	22	17	14	12	10	9,42	10	12	14	17	22	30	36
600	37	32	24	19	16	13	11	10	11	13	16	19	24	32	37
840	25	22	18	14	12	11	9,34	9	9,34	11	12	14	18	22	25
1080	13	12	11	9,19	7,81	7,36	6,76	6,64	6,76	7,36	7,81	9,19	11	12	13

Dados recolhidos Passeio Público (lado onde estão os pontos de IP) Rua Coronel Pilar															
Distância Transversal (m)	Distância Longitudinal (m)														
	187,5	375	562,5	750	937,5	1125	1312,5	1500	1687,5	1875	2062,5	2250	2437,5	2625	2812,5
100	15	13	13	9,08	5,35	5,39	3,91	4,11	3,91	5,39	5,35	9,08	13	13	15

Dados recolhidos Passeio Público (lado oposto aos pontos de IP) Rua Coronel Pilar															
Distância Transversal (m)	Distância Longitudinal (m)														
	187,5	375	562,5	750	937,5	1125	1312,5	1500	1687,5	1875	2062,5	2250	2437,5	2625	2812,5
100	6,55	6,35	6,21	5,16	4,67	4,57	4,38	4,25	4,38	4,57	4,67	5,16	6,21	6,35	6,55

ANEXO F – Fórmulas CED e CEE

Custo Unitário Evitado de Demanda

$$CED = (12 * C_1 * h_p * F_c * 10^{-3}) + (12 * C_2 * h_{fp} * F_c * 10^{-3} * LP)$$

Onde:

CED - Custo Unitário Evitado de Demanda R\$/kWano

12 - meses mês/ano

C₁ - Custo unitário do uso do Sistema de Distribuição no horário de ponta R\$/MWh

C₂ - Custo unitário do uso do Sistema de Distribuição no horário fora de ponta R\$/MWh

LP - Constante de perda de demanda no posto fora de ponta, considerando 1kW de perda de demanda no horário de ponta 1

h_p - Número de horas da ponta em um mês, considerando somente os dias úteis horas

h_{fp} - Número de horas fora da ponta em um mês.

F_c - Fator de carga do segmento elétrico imediatamente a montante daquele considerado ou que sofreu a intervenção, ou ainda, na falta deste, admitir-se-á o médio da distribuidora dos últimos 12 meses.

Custo Unitário Evitado de Energia

$$CEE = \frac{(C_p * LE_p) + (C_{fp} * LE_{fp})}{LE_p + LE_{fp}}$$

$$LE_p = \frac{(7 * LE_1) + (5 * LE_2)}{12}$$

$$LE_{fp} = \frac{(7 * LE_3) + (5 * LE_4)}{12}$$

Onde:

CEE - Custo Unitário Evitado de Energia R\$/MWh

C_p - Custo unitário da energia no horário de ponta na bandeira verde R\$/MWh

C_{fp} - Custo unitário da energia no horário fora de ponta na bandeira verde R\$/MWh

LE_p - Constante de perda de energia no posto de ponta considerando 1 kW de perda de demanda no horário de ponta 1

LE_{fp} - Constante de perda de energia no posto de fora de ponta considerando 1 kW de perda de demanda no horário fora de ponta 1

LE₁ - Constante de perda de energia no posto de ponta de períodos secos considerando 1 kW de perda de demanda no horário de ponta 1

LE₂ - Constante de perda de energia no posto de ponta de períodos úmidos considerando 1 kW de perda de demanda no horário de ponta 1

LE₃ - Constante de perda de energia no posto fora de ponta de períodos secos considerando 1 kW de perda de demanda no horário fora de ponta 1

LE₄ - Constante de perda de energia no posto fora de ponta de períodos úmidos considerando 1 kW de perda de demanda no horário fora de ponta 1

1

ANEXO G – Planilha custos equipamentos, anualizados e RCB.

Equipamento	Quantidade	Valor unitário		Total	
Reator 100W VSAP	688	R\$	34,56	R\$	23.777,28
Reator 150W VSAP	110	R\$	40,20	R\$	4.422,00
Reator 250W VSAP	17	R\$	43,89	R\$	746,13
Luminária PHILLips	798	R\$	445,90	R\$	355.828,20
Graduador externo	798	R\$	152,76	R\$	121.902,48
Braço	688	R\$	35,00	R\$	24.080,00
Lâmpada 100 W VSAP	688	R\$	15,57	R\$	10.712,16
Lâmpada 250 W VSAP	17	R\$	22,25	R\$	378,25
Lâmpada 150 W VSAP	110	R\$	19,90	R\$	2.189,00
Total geral				R\$	544.035,50
Custos Anualizados					
Equipamento	Vida útil (anos)	Taxa de juros	CPE	FRC	CA
Reator 100W VSAP	10	12%	R\$ 24.278,95	0,176984164	R\$ 4.296,99
Reator 150W VSAP	10	12%	R\$ 4.515,30	0,176984164	R\$ 799,14
Reator 250W VSAP	10	12%	R\$ 761,87	0,176984164	R\$ 134,84
Luminária PHILLips	20	12%	R\$ 363.335,67	0,13387878	R\$ 48.642,94
Graduador externo	10	12%	R\$ 124.474,45	0,176984164	R\$ 22.030,01
Braço	20	12%	R\$ 24.588,05	0,13387878	R\$ 3.291,82
Lâmpada 100 W VSAP	8	12%	R\$ 10.938,17	0,201302841	R\$ 2.201,88
Lâmpada 250 W VSAP	8	12%	R\$ 386,23	0,201302841	R\$ 77,75
Lâmpada 150 W VSAP	8	12%	R\$ 2.235,18	0,201302841	R\$ 449,95
Total Custos Anualizados					R\$ 81.925,31

Investimento em Iluminação Pública	
Investimento Total	R\$ 553.886,50
Energia Economizada	218,17 MWh
Redução Demanda Ponta	31,50 kW
Investimento anualizado	R\$ 81.925,31
RCB	0,79
Investimento Evitado	R\$ 103.112,00