

ESTUDOS DE VIABILIDADE TÉCNICA, ECONÔMICO-FINANCEIRA E JURÍDICA PARA A ESTRUTURAÇÃO DO PROJETO DE PARCERIA PÚBLICO-PRIVADA PARA A OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO, EXPANSÃO, OTIMIZAÇÃO E MODERNIZAÇÃO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA DO MUNICÍPIO DE SÃO VICENTE (PPP)

Relatório de Engenharia

1 ÍNDICE

1	Índice.....	1
2	Glossário.....	3
3	Introdução.....	5
4	O parque de iluminação.....	6
4.1	Caracterização do parque.....	6
4.2	Diagnóstico do parque.....	6
4.3	Limitações existentes.....	7
4.3.1	Posicionamento dos postes.....	7
4.3.2	Cadastro.....	8
5	Metodologia do projeto de engenharia.....	9
5.1	Objetivos do projeto.....	9
5.2	Diretrizes do trabalho.....	9
5.3	Nível de detalhamento do projeto de engenharia.....	10
5.4	Escopo e aspectos não abordados no projeto.....	11
5.5	Tecnologias consideradas.....	11
5.6	Metodologia de projeto.....	11
5.6.1	Mapeamento e classificação de vias.....	12
5.6.2	Estrutura e especificação da solução.....	14
5.6.3	Estudos luminotécnicos.....	14
5.6.4	Dimensionamento da solução.....	15
5.6.5	Referências para projeto.....	16
5.7	Normas observadas.....	16
5.8	Base de informações utilizadas.....	16
5.9	Estimativas de custos e investimentos.....	17
6	Mapeamento das vias.....	18
6.1	Classificação das vias.....	18
6.2	Síntese quantitativa da classificação de vias.....	18
7	Estrutura e especificação da solução.....	19
7.1	Estrutura geral.....	19
7.2	Remodelação dos pontos existentes.....	20
7.2.1	Instalação de novas luminárias.....	20
7.2.2	Troca dos braços de suporte.....	21
7.2.3	Materiais de montagem.....	21
7.2.4	Configuração do posteamento existente.....	21
7.2.5	Aterramento das luminárias LED.....	21
7.3	Correção pontos escuros.....	23
7.4	Expansões.....	24
7.5	Gestão do parque.....	24

7.5.1	CCO	24
7.5.2	Telegestão.....	25
7.6	Projeto Elétrico	26
8	Estudos luminotécnicos	27
8.1	Amostragem de vias.....	27
8.2	Perfil de luminárias consideradas.....	27
8.3	Estudos luminotécnicos para as calhas padrão	27
9	Dimensionamento da solução	29
9.1	Quantificação geral.....	29
9.2	Dimensionamento de equipamentos e materiais	29
9.3	Matrizes de Instalação	31
9.3.1	Modernização e efficientização do parque existente	31
9.3.2	Pontos existentes com LED	31
9.3.3	Correção de pontos escuros.....	32
9.3.4	Expansões	32
9.3.5	Sumário.....	32
9.4	Consumo de energia elétrica	33
9.5	Ajustes para pontos a serem instalados até a PPP	34
9.5.1	Pontos a serem remodelados	34
9.5.2	Meta de economia de energia.....	35
9.6	Cronograma de implantação.....	36
9.6.1	Cronograma geral	36
9.6.2	Priorização	36
9.7	Plano de investimentos e operação.....	37
10	Conclusões.....	38
11	Anexo I - Vida útil do LED	40
12	Anexo II – Montagem de luminária.....	41
13	Anexo III – Instalação de postes.....	42
13.1	Implantação de poste entre vão de média tensão	42
13.2	Instalação de vão de rede em baixa tensão	42
14	Anexo V - Estudos luminotécnicos.....	44

2 GLOSSÁRIO

ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica.

CAPEX: Abreviação do termo em inglês *Capital Expenditure*, são as despesas de capital ou investimento em capital. Sob essa categoria classificam-se os investimentos realizados em equipamentos e instalações para o funcionamento de um negócio.

CCO: Centro de Controle de Operações. O local onde é realizado o monitoramento centralizado da rede.

CPFL: Companhia Piratininga de Força e Luz.

Circuito de iluminação pública: rede de energia elétrica para alimentação das unidades de iluminação pública, exclusiva e de propriedade da Prefeitura. É do tipo Aéreo, quando, por padrão, os condutores são fixados aos postes de concreto da distribuidora de energia elétrica local e/ou aos postes de iluminação pública do Município, ou do tipo Subterrâneo, quando os condutores são instalados em eletrodutos ou enterrados diretamente no solo.

Comando em Grupo: é um conjunto de equipamentos formado por chave de proteção e comando, e uma chave magnética com relé fotoelétrico de acionamento do circuito. Este conjunto poderá estar conectado ao transformador exclusivo de iluminação pública ou à rede secundária da distribuidora de energia elétrica local para operar um conjunto de unidades.

Comando Individual: é o equipamento formado por um relé fotoelétrico para operar a unidade de iluminação pública individualmente, conectado diretamente à rede de alimentação de energia.

Distribuidora: Distribuidora local de energia elétrica. Para o caso de São Vicente refere-se à CPFL.

EE: Energia Elétrica.

Eficiência Energética: Relação entre quantidade de energia empregada e iluminação disponibilizada.

Eficiência Luminosa: a eficiência luminosa é a relação entre o fluxo luminoso emitido por uma fonte de luz alimentada por energia elétrica e a potência elétrica desta fonte de luz. É medida em lúmen por Watt (lm/W).

Fluxo Luminoso: O fluxo luminoso é a radiação total emitida por uma fonte de luz que pode produzir estímulo visual. É medida em lúmens (lm).

HID: *High Intensity Discharge* ou lâmpada de descarga de alta intensidade.

Iluminância: medida da densidade da intensidade de luz projetada numa região; unidade: lux (lx).

IP: Iluminação Pública.

IRC: Índice de Reprodução de Cor, com escala de 0 a 100. É utilizado para medir a fidelidade de cor que a iluminação reproduz nos objetos.

L70: Valor indicativo em horas no qual o fluxo luminoso do LED será de 70% do valor nominal, em 100% de uma amostra de LED's.

LED: *Light-emitting Diode* ou Diodo Emissor de Luz.

Luminotécnica: Aplicação das técnicas de iluminação, considerada sob seus vários aspectos.

OPEX: Abreviação do termo em inglês *Operational Expenditure*, são as despesas de operar o negócio.

Plano de Iluminação Urbana: referência ao Plano Diretor de Iluminação Pública de São Vicente.

Pontos de luz / Pontos de IP: Quantidade de pontos de iluminação pública existente na rede de IP.

PPP: Parceria Público Privada; quando usada aqui de forma isolada se refere à PPP de Iluminação Pública do município de São Vicente.

Unidade de iluminação pública: caracteriza-se como um conjunto completo formado por uma ou mais luminárias e respectivos acessórios indispensáveis ao seu funcionamento e sustentação, podendo também ser identificada como ponto de iluminação pública, independentemente do número de lâmpadas e luminárias nela instalada.

3 INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta o Projeto de Engenharia para o parque de iluminação pública de São Vicente. Os estudos de engenharia são apresentados em quatro relatórios distintos:

1. Relatório de Engenharia: apresenta o projeto de engenharia para o parque de iluminação pública;
2. Plano de Iluminação Pública de Destaque: projeto de engenharia e plano de implantação de iluminação de monumentos, edifícios históricos, espaços públicos e outras edificações e áreas de interesse especial;
3. Relatório Ambiental: elementos necessários e suficientes para atender aos requisitos legais e avaliação de todas as questões relacionadas ao licenciamento ambiental ou a riscos ambientais;
4. Plano de Investimentos e Operações: apresenta a orçamentação de investimentos e custos conforme projeto de engenharia; o cronograma de implantação; o planejamento e especificação das operações do parque.

O Projeto de Engenharia foi elaborado no nível de anteprojeto. Este relatório traz como anexos os projetos, estudos luminotécnicos e demais informações que especificam o projeto.

Há outro documento diretamente relacionado ao Projeto de Engenharia: o Caderno de Encargos, que descreve a especificação dos serviços, incluindo métricas de medição de aderência.

Este projeto foi construído utilizando conclusões do Relatório de Diagnóstico da Rede de Iluminação Pública de São Vicente. Segue também as diretrizes da Prefeitura de São Vicente sobre o escopo da remodelação do parque e da implantação de telegestão, bem como busca atender as solicitações e indicações da Prefeitura de São Vicente a respeito do parque.

Este relatório não é vinculante. Desta forma, eventuais interessados em participar da licitação podem adotar premissas diferentes das descritas nesse documento, sempre em consonância com as exigências estabelecidas no Edital de Licitação. Adicionalmente, esse estudo não tem qualquer valor para questionamento por parte dos licitantes, nem tampouco poderá servir, no futuro, de subsídio para quaisquer pleitos e solicitações de reequilíbrio econômico-financeiro da PPP de iluminação pública do município de São Vicente.

4 O PARQUE DE ILUMINAÇÃO

Esta seção sintetiza o conteúdo do Relatório de Diagnóstico da Rede de Iluminação Pública de São Vicente, com informações atualizadas do cadastro, e apresenta outras informações sobre parque e a cidade, de forma a criar o contexto necessário para apresentação do projeto de engenharia. Para maiores detalhes, cabe consultar o Relatório de Diagnóstico da Rede de Iluminação Pública de São Vicente e o Relatório do Estudo Ambiental.

4.1 Caracterização do parque

São Vicente é uma cidade do Estado de São Paulo, com 332 mil habitantes em 2010¹ e está em processo de crescimento acelerado, com taxa de crescimento muito acima da média brasileira, conforme apresentado no Relatório de Diagnóstico da Rede de Iluminação Pública.

Principais características do parque de Iluminação Pública do município de São Vicente:

- Total de pontos de luz: 25.460;
- Predominância do Parque: 78% usa Vapor de Sódio; 8% já conta com LED; 13% usa Multivapores Metálicos;
- Parque com predominância de vapor de sódio de baixa potência: 34,1% do parque usa Vapor de Sódio 100W;
- Baixo IRC: 51,7% do parque é vapor de sódio com IRC de 25%, o que se traduz em aspecto de luz amarelada.
- Parque atrelado à rede de distribuição; a configuração do posteamento foi pensada na distribuição de energia, e não na iluminação. 37% dos casos observados tem distância superior a 35m;
- 8% do parque usa tecnologia LED atualmente;
- Estado de conservação longe de ideal;
- 76% das luminárias são abertas, que hoje são consideradas inadequadas. Nelas há grande perda de eficiência;
- Altura das luminárias: 82% de 6m a 7m;
- Consumo de energia elétrica: 20,0 GWh/ano
- Carga instalada na rede elétrica: 4,9 MW

O sistema de iluminação pública de São Vicente está, em sua maior parte, instalado nas estruturas das redes de distribuição de energia elétrica da concessionária local - CPFL. Porém, estruturas específicas para iluminação pública, alimentadas por circuitos aéreos ou subterrâneos e com luminárias especiais, são encontradas em praças e avenidas.

4.2 Diagnóstico do parque

O parque atual, de forma geral, não atende de forma completa aos padrões da NBR 5101; apresenta apenas 7% de atendimento integral à norma. O atendimento ao padrão de iluminância da NBR 5101 é de 63%, porém a variável que se mostra crítica é a uniformidade da iluminação, devido majoritariamente à grande distância entre os postes e baixa altura das luminárias para tal distância.

De uma forma geral, a rede de iluminação pública de São Vicente, se excluídos os pontos LED, é antiga, com uma predominância muito grande de luminárias abertas. Os braços estão em bom estado, mas é prudente um planejamento cuidadoso durante a modernização, pois

¹ Fonte: Projeção IBGE (2019).

foi constatado que alguns braços não suportam o peso das luminárias LED que foram colocadas e já apresentam arqueamento. Recomenda-se que sejam previstas as trocas dos braços para todas as luminárias LED.

Atualmente a cidade não conta com classificação de vias para IP, nem com um plano diretor de iluminação.

A maior parte do sistema de iluminação pública é acionado através de equipamentos fotoelétricos, sendo o acionamento por linha dedicada de IP é marginal, conforme observado.

O cadastro hoje existente contém apenas informações sobre o tipo de luminária, potência, tipo de medição, código do poste e localização georreferenciada; e não contém a maior parte das informações que seriam importantes para a gestão da rede de iluminação pública. O resultado final do diagnóstico do parque pode ser lido na íntegra no relatório de diagnóstico.

4.3 Limitações existentes

4.3.1 POSICIONAMENTO DOS POSTES

As instalações de IP estão, em grande parte, conectadas diretamente à rede de distribuição da concessionária. Existe uma interdependência elevada do sistema de iluminação pública do município de São Vicente em relação à rede de distribuição de energia elétrica. De resto, a quase totalidade das demais vias utilizam o posteamento da rede de distribuição de energia.

A configuração do posteamento da concessionária é condição crítica para a iluminação. Ela foi pensada exclusivamente sob o ponto de vista da distribuição de energia, sem também considerar, com a devida importância, a iluminação pública. Isso é patente na Figura 1, que mostra as distâncias médias entre luminárias atuais.

Os postes da rede de distribuição também estão ocupados por outros serviços além da iluminação pública (por exemplo, rede de TV a cabo), o que limita as alturas de montagem das luminárias com prejuízo à distribuição da luz emitida.

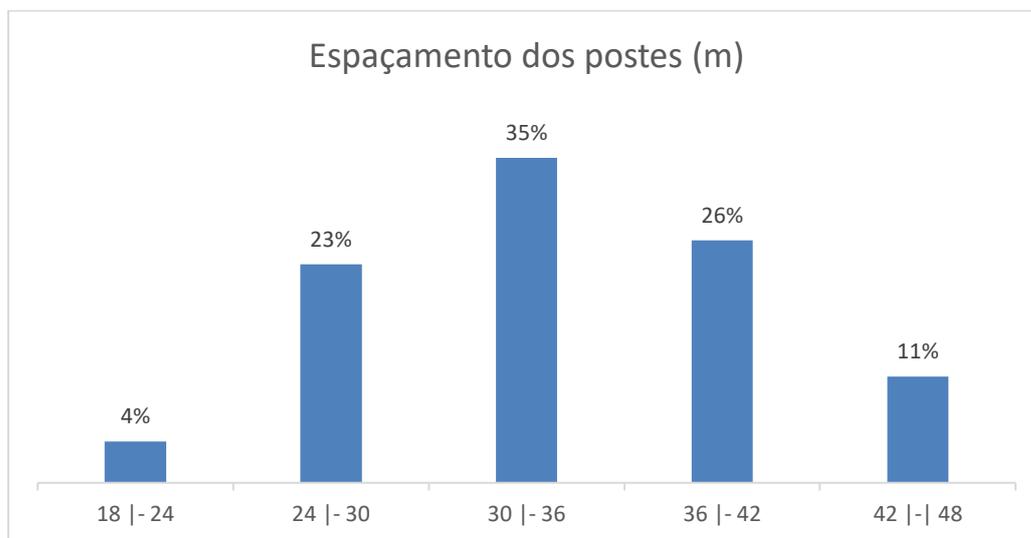


Figura 1 - Espaçamento entre postes

Há formas de contornar tais limitações, com os devidos investimentos, que serão tratados na seção 7.

4.3.2 CADASTRO

O cadastro de Iluminação Pública é confiável, porém há dados importantes que não constam no cadastro, como, por exemplo, dados sobre a largura do leito motorizado, largura das calçadas e a altura de instalação da unidade de IP. Estas informações normalmente são insumos para os estudos luminotécnicos.

Para as vias principais e secundárias, este problema é menor, pois a quantidade destas vias é pequena², e podemos levantar tais informações. Porém, para as vias locais, tal tipo de levantamento é impraticável no escopo deste trabalho, de forma que, para elas, lidamos com estimativas baseadas em experiência e observações de campo. O cadastro completo do parque é uma das atribuições do concessionário e faz parte do escopo da Fase I da concessão, e deverá abranger todos os pontos de luz do município de São Vicente, seja no perímetro urbano ou na área rural, além de conter informações específicas sobre cada ponto de luz.

² Em termos de número de vias, não em número de pontos de luz nelas.

5 METODOLOGIA DO PROJETO DE ENGENHARIA

5.1 Objetivos do projeto

O Relatório de Diagnóstico da Rede de Iluminação Pública identificou uma necessidade de melhoria do parque: apenas 7% das vias atendem todos os critérios da norma NBR 5101/2018. As causas disto são bem identificadas: cerca de metade da rede tem inadequações, como luminárias abertas, difusor sujo ou amarelado; o distanciamento entre os postes, na grande maioria dos casos, está no intervalo de 30 a 42 metros, considerado elevado para iluminação; a ampla maioria das luminárias possui baixa altura, de 7 metros.

Desta forma, se faz necessária uma a modernização e efficientização do parque de iluminação pública, tanto na área urbana quanto na rural. Para este objetivo, o momento é oportuno: novas tecnologias de luminárias LED e sistemas de Telegestão permitem que se faça a adequação do parque, incluindo aumento de níveis de iluminância e adição de novos pontos de luz, ao mesmo tempo em que se reduz o consumo de energia elétrica. Isto permite que a modernização e adequação do parque promova uma expressiva redução de consumo de energia e melhoria do nível de serviço, em decorrência das ações, abaixo elencadas:

- Adequação do parque à norma NBR 5101/2018;
- Resolução de inadequações identificadas no diagnóstico;
- A modernização e efficientização da rede, com decorrente redução do consumo de energia elétrica concomitante com melhoria na qualidade da iluminação, buscando um equilíbrio na dicotomia entre eficiência energética e qualidade;
- A expansão do parque de iluminação pública do município;
- A valorização urbana por meio da iluminação de áreas verdes, de fachadas e obras de arte, com destaque dos pontos estruturantes da cidade;
- Melhoria dos parâmetros operacionais;

O projeto conta com a introdução de novas tecnologias – não como um objetivo em si mesmo, mas como um instrumento para melhoria e efficientização da rede e dos serviços de iluminação, como o sistema de telegestão e o CCO. Como estamos passando por um momento de ebulição tecnológica no setor de iluminação, com todas as incertezas inerentes ao desenvolvimento futuro de novas tecnologias, buscamos neste projeto criar um parque preparado para incorporação de novas tecnologias a medida que se tornem maduras, assim como tem sido feito nos grandes projetos de IP em desenvolvimento em outras importantes cidades brasileiras, inclusive nas capitais estaduais.

5.2 Diretrizes do trabalho

Conforme decisão da Prefeitura de São Vicente, amparada nos estudos de cenários preliminares deste trabalho, estamos adotando o seguinte norteamento para o trabalho:

- Modernização e efficientização integral do parque, com 100% de tecnologia LED, em cronograma de um ano de implantação.
- Utilização de tecnologia de telegestão e todo o parque.

5.3 Nível de detalhamento do projeto de engenharia

O estudo de engenharia tem, no mínimo, nível de detalhamento de anteprojeto, conforme Lei 11.079/2004, Art. 10 § 4o. O anteprojeto, também conhecido como Modelo Esquemático, é um nível de projeto mais geral, anterior ao Projeto Básico e ao Executivo.

O nível de detalhamento desenvolvido permite avaliar a viabilidade geral do projeto, estabelecer quantificação de equipamentos, materiais e equipes e também estabelecer um orçamento para investimentos e gastos.

Lei 11.079/2004 (Lei das PPPs)

Art. 10

§ 4º Os estudos de engenharia para a definição do valor do investimento da PPP deverão ter nível de detalhamento de anteprojeto, e o valor dos investimentos para definição do preço de referência para a licitação será calculado com base em valores de mercado considerando o custo global de obras semelhantes no Brasil ou no exterior ou com base em sistemas de custos que utilizem como insumo valores de mercado do setor específico do projeto, aferidos, em qualquer caso, mediante orçamento sintético, elaborado por meio de metodologia expedita ou paramétrica.

A Orientação Técnica OT-002/2014 do IBRAENG³ (Instituto Brasileiro de Auditoria de Engenharia) define o Anteprojeto de engenharia e outros termos relevantes:

Anteprojeto de engenharia: conjunto de documentos técnicos (desenhos e textos) que possibilitam a caracterização da obra ou serviço planejado, que representam a opção aprovada no estudo de viabilidade e que permitem a estimativa dos custos e prazos de execução dos seus serviços, bem como a elaboração de seus projetos básico e executivo.

Projeto Executivo: O conjunto dos elementos necessários e suficientes à execução completa da obra, de acordo com as normas pertinentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.

Orçamento preliminar: planilha elaborada com base no anteprojeto para estimar de forma aproximada os custos diretos e indiretos e o preço global de uma obra ou serviço de engenharia e que utiliza como parâmetros os custos unitários de tabelas referenciais públicas ou particulares ou custos unitários obtidos por apropriação de produtividade e consumo e/ou pesquisas de mercado.

De acordo com o IBRAOP (OT IBR 004/2012) e com o IBEC (OT 004/2013-IBEC), o orçamento preliminar, elaborado a partir do anteprojeto, contém precisão de 20% com relação ao orçamento real.

Orçamento detalhado ou analítico: planilha elaborada com base no projeto básico ou executivo para estimar os custos diretos e indiretos e o preço global de uma obra ou serviço de engenharia e que utiliza como parâmetros os custos unitários de tabelas referenciais públicas ou particulares ou custos unitários obtidos por apropriação de produtividade e consumo e/ou pesquisas de mercado.

De acordo com o IBRAOP (OT IBR 004/2012) e com o IBEC (OT 004/2013-IBEC), o orçamento detalhado elaborado a partir do projeto básico contém precisão de 10% e o orçamento detalhado elaborado a partir do projeto executivo contém precisão de 5% com relação ao orçamento real.

³ INSTITUTO BRASILEIRO DE AUDITORIA DE ENGENHARIA. OT-002/2014-IBRAENG: elementos mínimos para anteprojetos de engenharia. Fortaleza, 2014.

O Decreto nº 7.581/2011, emitido pelo Governo Federal, indica os elementos de um anteprojeto:

Art. 74 do Decreto nº 7.581, de 11 de outubro de 2011

§ 1º Deverão constar do anteprojeto, quando couber, os seguintes documentos técnicos:

I - concepção da obra ou serviço de engenharia;

II - projetos anteriores ou estudos preliminares que embasaram a concepção adotada;

III - levantamento topográfico e cadastral;

IV - pareceres de sondagem; e

V - memorial descritivo dos elementos da edificação, dos componentes construtivos e dos materiais de construção, de forma a estabelecer padrões mínimos para a contratação.

A concessionária da PPP, portanto, deverá elaborar um projeto básico/executivo, especificando suas soluções para as questões apresentadas neste relatório e também abordando questões não contempladas neste relatório, como, por exemplo, a) projeto específico para instalação de novos pontos de luz, incluindo localização e configuração de posteamento; b) escolha da tecnologia de comunicação e topologia de rede do sistema de telegestão; c) projeto elétrico executivo; entre outros.

5.4 Escopo e aspectos não abordados no projeto

O escopo deste projeto de engenharia é a adequação, efficientização, operação e manutenção de todo parque de iluminação pública do município de São Vicente, tanto dentro do perímetro urbano quanto na área rural. De forma geral, o escopo é amplo, e engloba quase todas as atividades de iluminação pública, com algumas exceções destacadas abaixo:

- A iluminação de eventos festivos temporários – por exemplo, iluminação de Natal – não é parte deste escopo.
- A rodovia ERS-241 é uma rodovia estadual que atravessa a área urbana de São Vicente e liga a São Francisco. Ela não fará parte do escopo da concessão.
- Não faz parte do escopo a iluminação de condomínios fechados, campos de futebol de acesso restrito, autódromo e outras áreas de acesso restrito.

5.5 Tecnologias consideradas

Este é um projeto de referência, que fundamentará decisões no processo de licitação da PPP de Iluminação Pública do município de São Vicente. Consideramos apenas tecnologias maduras e amplamente disponíveis. Não utilizamos parâmetros operacionais exclusivos de qualquer fabricante.

5.6 Metodologia de projeto

Iniciamos com um projeto de engenharia conceitual, para estruturação da intervenção luminotécnica no parque. O projeto conceitual determina:

- a) Remodelagem dos pontos existentes, incluindo reconfiguração de luminária e montagem;
- b) Instalação de novos pontos de luz em postes dedicados, de forma a cobrir espaços onde há grande distâncias entre postes;

- c) Instalação de novos pontos de luz em áreas de expansão da cidade, usando o posteamento da distribuidora de energia elétrica e também instalando postes dedicados, quando necessário;
- d) Modernização da gestão e operação do parque, incluindo instalação de dois Centros de Controle de Operações (CCO) e uso de telegestão.

Este projeto baseou-se em soluções luminotécnicas para perfis típicos de vias. O anteprojeto de engenharia, incluindo as especificações de projeto e quantificação de materiais, é elaborado conforme diagrama abaixo, de forma a atender as normas luminotécnicas NBR 5101/2018.

Esta seção explica a metodologia geral. Nas seções seguintes cada um dos temas será aprofundado.

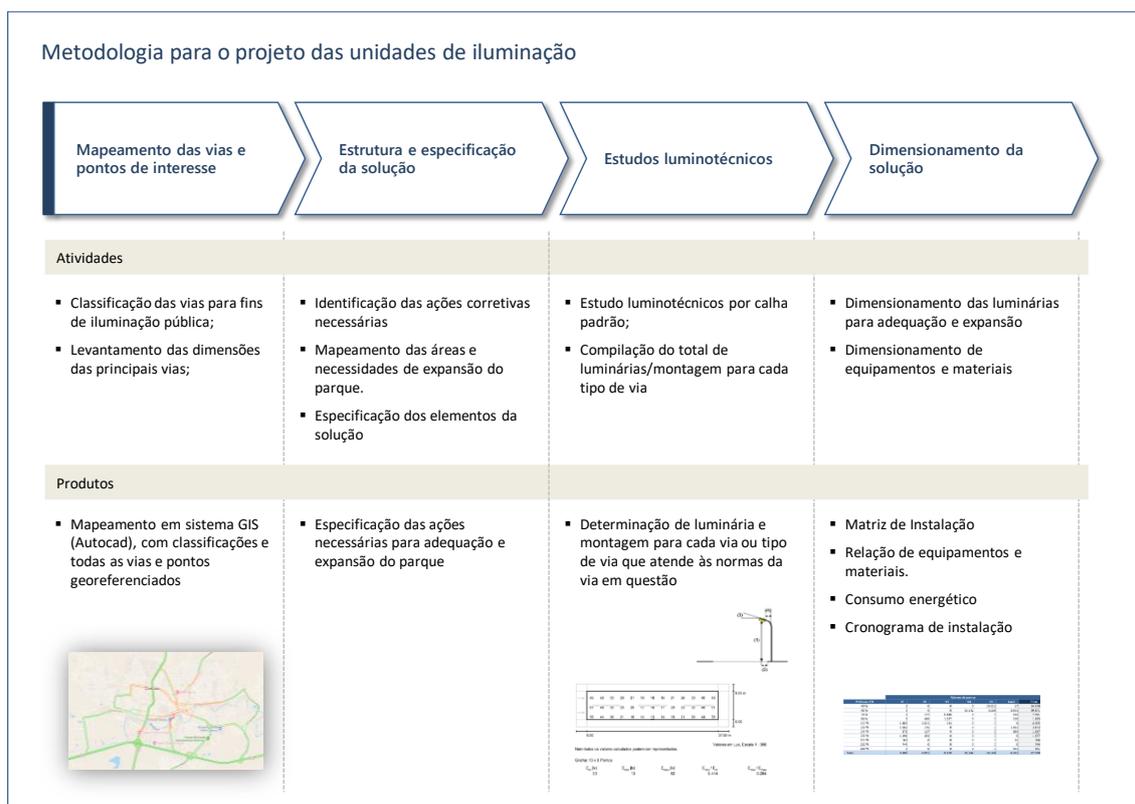


Figura 2

5.6.1 MAPEAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DE VIAS

Norma NBR 5101/2018

A norma ABNT NBR 5101: Iluminação pública – procedimentos – determina como as vias devem ser classificadas. A norma classifica as vias de trânsito de V1 a V5, de acordo com os atributos da via e a intensidade de tráfego. A NBR 5101 também estabelece uma classificação para vias de pedestres, observando a intensidade de uso. As normas da ABNT não cobrem critérios para classificação de praças, parques, pontos de ônibus.

Para efeitos desse projeto de referência, adotamos que as classes de iluminação viária estão associadas às classes de iluminação de pedestres com o mesmo índice, ou seja, V1-P1, V2-P2, V3-P3, V4-P4 e V5-P4 (não há P5). Embora a norma ABNT 5101 não registre ou configure vínculo entre as classes de iluminação viária e a via de pedestres, na prática, tanto

para projetos como para verificação/inspeção, o que se verifica é a adoção dos mesmos índices para os dois “tipos de vias”. Como forma de simplificação de comunicação, neste documento, quando fizermos referência aos pontos de alguma classificação de via de tráfego (exemplo: V1), estamos implicitamente fazendo referência também às vias de pedestre associadas àquela via ou tipo de via, salvo se definido explicitamente o contrário.

A NBR 5101/2018 determina padrões mínimos de iluminância e uniformidade para cada classificação de via. As vias de maior velocidade e tráfego intenso demandam maior iluminação e uniformidade, ao passo que as vias locais permitem uma iluminação mais leve. As duas tabelas a seguir apresentam os padrões para vias de trânsito e vias de pedestre, respectivamente. Adotamos tais padrões mínimos para a configuração de iluminação das vias da cidade.

Classe de iluminação	Iluminância média mínima $E_{med,min}$ lux	Fator de uniformidade mínimo $U = E_{min}/E_{med}$
V1	30	0,4
V2	20	0,3
V3	15	0,2
V4	10	0,2
V5	5	0,2

Tabela 1 - Iluminância média mínima e uniformidade para cada classe de iluminação - NBR 5101/2018

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

Tabela 2 - Iluminância média e fator de uniformidade mínimo para cada classe de iluminação - NBR 5101/2018

Classificação realizada

No momento de elaboração desse estudo, o município de São Vicente ainda não dispõe de um Plano Diretor com classificação de vias. Assim, para fins desse projeto de iluminação pública, realizamos um mapeamento das vias existentes, em conjunto com a prefeitura de São Vicente, conforme metodologia descrita a seguir:

1. Classificou-se, de forma individualizada, todas as vias V1 e V2 do município. Os critérios utilizados foram os seguintes:
 - a) Diretriz que a malha principal da cidade deveria ser classificada como V1 ou V2. A escolha da malha principal da cidade foi feita a partir do conhecimento da Secretaria de Serviços Públicos, do mapa de tráfego da cidade e dos planos urbanísticos existentes. Foram selecionadas as avenidas, as ruas de

- grande tráfego e vias com grande importância turístico-cultural e/ou comercial.
- b) Considerou-se classificação especial para principais vias utilizadas nos eventos festivos; principais vias com edificações de grande interesse turístico-cultural; vias importantes do transporte público; e vias em áreas com maior índice de criminalidade.
 - c) Como referência inicial, observamos o trabalho anterior feito pela prefeitura para eleição das vias principais que receberam iluminação LED.
2. Além disto, foi determinado que 15% dos pontos deveriam ser classificados como vias V3. Com base na experiência e conhecimento de campo da engenharia sobre outros parques de iluminação pública, este percentual representa uma iluminação robusta, adequada para o perfil turístico-cultural da cidade, com espaço para tratamentos especiais de grandes marcos culturais, acessos a escolas, hospitais e delegacias.
 3. As demais vias receberam classificação V4.
 4. Não foi considerada classificação V5. Isto foi uma diretriz da prefeitura, que atualmente tem forte embasamento técnico: a experiência mostra que a iluminação pública tem um bom papel na redução da criminalidade noturna; a classificação V4 é adequada para áreas residenciais, não representando sobre-iluminação. Além disso, hoje, com a evolução da tecnologia, a diferença de custo entre uma luminária com potência adequada para V4 ou para V5 é pequena, e portanto a relação custo-benefício é favorável à V4.

O resultado de tal classificação pode ser observado no Anexo 14 do Contrato de Concessão, bem como, de forma sintética, na seção 6 desse relatório.

5.6.2 ESTRUTURA E ESPECIFICAÇÃO DA SOLUÇÃO

Nesta etapa, nós relacionamos todas as ações necessárias (ex: remodelação dos pontos existentes; instalação de novos pontos para correção de pontos escuros; instalação de telegestão). Também mapeamos de forma estruturada os equipamentos e materiais necessários para cada ação.

O resultado é um mapa completo da solução, que será quantificada/dimensionada adiante.

5.6.3 ESTUDOS LUMINOTÉCNICOS

O projeto luminotécnico foi elaborado para uma amostra de vias, que englobam V1, V2, V3 e V4. Isto é, consideramos vias típicas de cada classe, conforme observadas na amostra do trabalho em campo descrito no Relatório de Diagnóstico da Rede de Iluminação Pública.

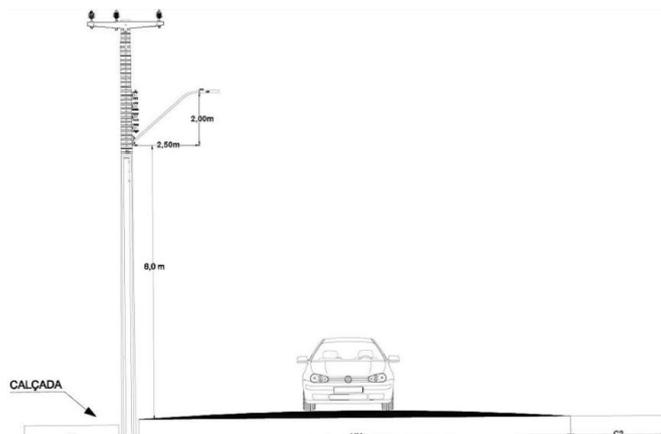


Figura 3 – Exemplo de perfil de calha viária

A Figura 3 ilustra algumas das medidas utilizadas no projeto luminotécnico. **C1** é a Calçada do lado da luminária, **C2** a Calçada do lado oposto da luminária, **VM** a Largura da via motorizada. A figura também mostra a altura de montagem da luminária e a Projeção do braço da luminária.

Para cada tipo de calha, realizamos simulações luminotécnicas para determinar qual tipo de luminária e configuração de montagem atenderia os padrões luminotécnicos definidos pela NBR 5101/2018 para a classificação da via em questão.

Para estas simulações, utilizamos o software de cálculo e simulação luminotécnica DIALux versão 4.13, da empresa DIAL. A simulação leva em conta fatores como potência, altura, avanço, disposição do posteamento, fotometria da luminária, entre outros. Por se tratar de software aberto, ou seja, sem vínculo com fabricantes de luminária, as análises são transparentes. Além disso, o software utilizado aceita importação de arquivos com dados fotométricos de fabricantes. Apesar de termos feito os estudos luminotécnicos usando dados fotométricos de um fabricante específico – é necessário usar uma referência específica – os parâmetros luminotécnicos considerados podem ser atendidos por diversos fabricantes presentes no Brasil. Ademais, é importante lembrar que este é um projeto de engenharia de referência, não vinculante.

A **Error! Reference source not found.** ilustra uma saída típica da simulação para cada calha padrão. Os parâmetros de luminária e montagem são ajustados até que os resultados da simulação atendam a norma para tal classe de via. Tais parâmetros então serão considerados como mínimos na especificação da solução.

5.6.4 DIMENSIONAMENTO DA SOLUÇÃO

O dimensionamento da solução quantifica todas as ações delineadas na estrutura da solução.

Cada categoria de ação (remodelação da rede existente, correção de pontos escuros, expansões) traz consigo uma relação de materiais. Por exemplo, a correção de um ponto escuro demanda a instalação de um poste exclusivo, além de equipamento e material padrão da instalação de luminária. A partir daí, observando a relação de equipamentos e materiais delineada para cada grupo de ações, estabelecemos a quantificação total de equipamentos e materiais necessários.

Nesta etapa, também cruzamos as soluções luminotécnicas definidas na etapa anterior com o dimensionamento dos pontos de luz da solução. Isto nos dá a Matriz de Instalação completa, relacionando o número necessário de luminárias de cada classe de potência. Os resultados podem ser vistos na seção 7 desse relatório.

5.6.5 REFERÊNCIAS PARA PROJETO

Para todo o desenvolvimento do Projeto de Engenharia, além dos estudos de campo em São Vicente e das simulações luminotécnicas, também observamos *benchmarks* nacionais para a solução de iluminação pública. A avaliação da solução teve como base a experiência da equipe em projetos de PPP de iluminação pública.

5.7 Normas observadas

O projeto de engenharia considera as seguintes normas:

- ABNT NBR 5101/2018 – Iluminação Pública – Procedimento;
- ABNT NBR IEC 60598 - 1 – Luminárias – Parte 1: Requisitos Gerais e Ensaios;
- ABNT NBR IEC 60598 - 2 – Luminárias – Parte 2: Requisitos Particulares – Capítulo 3: Luminárias para Iluminação Pública;
- ABNT NBR IEC 60529 – Graus de Proteção para Invólucros de Equipamentos Elétricos;
- ABNT NBR 15129 – Luminárias para Iluminação Pública – Requisitos Particulares;
- ABNT NBR 5461/1991 – Iluminação;
- ABNT NBR 5181/2013 - Sistemas de iluminação de túneis — Requisitos (não aplicável no momento à São Vicente);
- ABNT NBR 15688/2012 - Redes de distribuição aérea de energia elétrica com condutores nus;
- ABNT NBR IEC 61643 – Dispositivos de Proteção Contra Surtos em Baixa Tensão;
- INMETRO E PROCEL - Atender às Portarias de certificação do INMETRO e concessão do Selo PROCEL que estejam em vigor;

Este item trata da metodologia em geral empregada além de indicar as bases de informações utilizadas.

5.8 Base de informações utilizadas

A elaboração deste projeto segue a caracterização do parque de IP apresentada no Relatório de Diagnóstico da Rede de Iluminação Pública de São Vicente, de onde destacamos os seguintes documentos:

- Cadastro da Rede de Iluminação Pública;
- NBR 5101/2018 – Iluminação Pública – procedimentos;
- NBR 5410/2010 – Instalações elétricas de baixa tensão;
- NBR 15688/2012-13 - Redes de distribuição aérea de energia elétrica com condutores nus.

Ainda, utilizamos outros documentos e fontes:

- Resolução ANEEL 414/2010 e resoluções complementares;
- Catálogos de luminárias de diversos fabricantes e respectivos arquivos com planilhas fotométricas das luminárias (extensão .ies);

5.9 Estimativas de custos e investimentos

Elaboramos um orçamento completo de investimentos, custos, despesas e gastos com energia elétrica, tendo por base o projeto de engenharia de referência apresentado aqui. Tal orçamento considera todos os equipamentos e materiais apresentados neste relatório, o respectivo consumo energético, bem como os gastos necessários para implantação e operação da solução – equipes de campo, certificações, etc. O leitor deve consultar o Plano de Investimento e Operações para todas as informações referentes a orçamentos e planos.

6 MAPEAMENTO DAS VIAS

O projeto de engenharia começa com a relação das vias e sua classificação. A partir disto podemos realizar os estudos luminotécnicos, de forma a identificar os parâmetros que atendem as normas para cada via/classificação; bem como dimensionar a solução.

Todo mapeamento é feito com suporte de sistema GIS (acrônimo de Geographic Information System), de forma a identificar suas principais características (limites, extensão e largura).

6.1 Classificação das vias

Foi realizada a classificação de vias conforme metodologia descrita na seção 5.6.1. O resultado da aplicação dos critérios apresentados para as vias V1 e V2 é ilustrado nas figuras abaixo. Tal classificação está em sistema GIS, que permite análise completa – localização de pontos de luz ao longo das vias, extensão, etc.

6.2 Síntese quantitativa da classificação de vias

A partir do mapeamento em GIS e classificação das vias V1 e V2, obtemos a quantidade de pontos de luz existentes nessas vias. Além disto, conforme diretrizes apresentadas na seção 5.6.1, 15% dos pontos de luz devem estar em vias classificadas como V3. O restante é considerado como pontos de luz em V4. Note que as vias classificadas como V1 e V2 são identificadas aqui nesse trabalho. Já as vias V3 e V4 ainda serão identificadas pela Concessionária conforme as diretrizes estabelecidas. Para fins desse estudo, conhecemos apenas o número de pontos de luz existentes em vias que serão classificadas como V3 e V4.

A tabela a seguir apresenta a visão quantitativa da classificação de vias; estes valores servirão de base para o dimensionamento da solução, apresentado na seção 9 desse relatório.

Tipo de via	Número de pontos	% dos pontos
V1	2.113	6,4%
V2	2.773	8,4%
V3	4.952	15,0%
V4	23.176	70,2%
Total	33.014	100,0%

Tabela 3 – Quantitativo luminárias por cada tipo de via

7 ESTRUTURA E ESPECIFICAÇÃO DA SOLUÇÃO

Para facilitar o entendimento, apresentamos primeiro a estrutura geral da solução; e na sequência detalhamos a solução e demonstramos sua sequência de construção.

7.1 Estrutura geral

A solução para São Vicente foi estruturada em duas grandes seções com diversas ações, conforme apresentado abaixo. Conceitualmente, fazemos uma distinção entre a) eficiência e adequação do parque atual; b) expansão do parque.

	Tópico	Quantificação geral	Ações em cada ponto
Eficientização & Adequação	Pontos existentes	Remodelação dos 25.460 pontos de luz existentes	<p>Troca das luminárias: a potência de cada luminária foi calculada para atendimento das normas por cada tipo de via segundo estudos luminotécnicos.</p> <p>Troca dos braços: As luminárias LED demandam um braço com estrutura robusta, devido à configuração e distribuição de peso diferente;</p> <p>Instalação de relé fotoelétrico nos pontos onde não houver telegestão.</p> <p>Uso do posteamento existente, tanto em vias quanto em praças e parques.</p>
	Correção pontos escuros	<p>Instalação de 1.273 novos pontos de luz intermediários (5% do parque atual) para correção dos pontos escuros;</p> <p>A correção de pontos escuros ocorrem todas as classes de vias: V1, V2, V3 e V4. Para esse estudo, consideramos a mesma proporção (5%) em cada classe de via.</p>	<p>Devido à grande distância entre pontes em alguns pontos, não é viável atingir o nível adequado de iluminância apenas com substituição da luminária; nestes casos é necessário acrescentar um ponto de luz intermediário.</p> <p>Cada novo ponto representa: a) um poste dedicado; b) uma luminária; c) materiais de montagem; d) braço.</p> <p>A potência da luminária segue o mix dos estudos luminotécnicos feitos para os pontos existentes.</p>
Expansões	CCO	Instalação de dois CCOs	Um CCO para a concessionária e um CCO “espelho” para a prefeitura.
	Telegestão	Instalação de 26.733 equipamentos de telegestão, em todos os pontos num total de 100% do Parque	A telegestão inclui os pontos existentes, novos pontos instalados para correção de pontos escuros e novos pontos de expansão da rede.

	Crescimento	Crescimento de toda rede, conforme Banco de Pontos.	A Prefeitura irá definir os locais onde o crescimento irá ocorrer, conforme a necessidade ao longo da concessão.
--	-------------	---	--

Tabela 4 – Ações necessárias para a implementação

A Tabela 4 apresenta uma visão conceitual. A visão quantitativa, compatível com esta tabela, será apresentada na seção 9, na Tabela 7 e na Tabela 8.

A quantificação geral representa o volume necessário para o início da modernização e efficientização; o crescimento será tratado conforme demanda da prefeitura, através do mecanismo de banco de pontos.

7.2 Remodelação dos pontos existentes

O projeto prevê a remodelação de todos os pontos existentes. Remodelação é a atualização dos equipamentos e materiais de forma a: a) adequar às normas de iluminação pública por meio de novo arranjo físico ou dimensional; b) modernizar e renovar a vida útil dos equipamentos; c) efficientizar, isto é, reduzir a energia consumida devido ao uso de tecnologias mais eficientes.

A remodelação prevista neste projeto inclui: a) troca das luminárias existentes por novas luminárias LED; b) troca do braço de suporte da luminária; c) troca do relé fotoelétrico em todos os pontos sem telegestão. O relé foto elétrico é usado para controlar o acendimento das luminárias, e não é necessário nos pontos com telegestão, que tem o acendimento controlado pelo Centro de Controle e Operação (CCO). Na tecnologia LED, a troca de luminária inclui a pastilha LED, a luminária e o *driver* (fonte de alimentação).

Neste projeto, consideramos o aproveitamento dos postes existentes em praças e parques.

7.2.1 INSTALAÇÃO DE NOVAS LUMINÁRIAS

Por troca ou instalação de nova luminária, foi considerada a instalação de uma luminária completa (a luminária, a lâmpada LED e o driver). Note que isto corrige os problemas de qualidade dos ativos existentes – por exemplo, luminárias abertas ou com difusor amarelado. Efficientizar é uma das ações para adequar o parque às normas.

A Figura 4 apresenta todos os elementos de uma luminária. O driver é a fonte de alimentação da lâmpada, ele converte a energia elétrica de corrente alterada que vem da rede da distribuidora em corrente contínua e com uma tensão adequada à alimentação da lâmpada LED. Para maiores informações sobre a tecnologia LED, o leitor deve consultar o Relatório de Novos Serviços e Tecnologias.

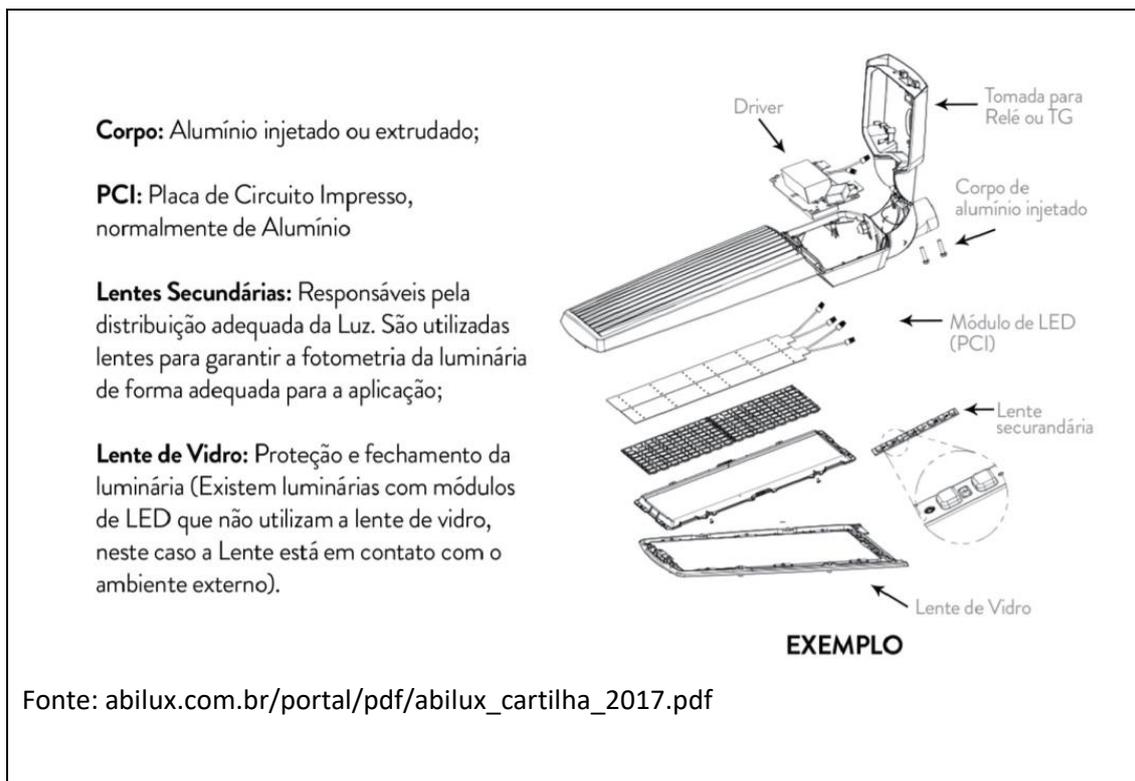


Figura 4 – Estrutura de Luminária LED

7.2.2 TROCA DOS BRAÇOS DE SUPORTE

A rede de iluminação pública de São Vicente conta com baixas alturas de montagem da luminária, resultado da configuração do braço de suporte, com prejuízo da distribuição da luz emitida por elas. Esta situação pode ser contornada com um novo desenho dos braços de iluminação de forma a elevar a altura da posição da luminária, contribuindo significativamente para uma melhor distribuição de luz e conseqüente melhoria dos índices de iluminância média e uniformidade.

De toda forma, devido ao peso da luminária LED, o braço existente precisa ser trocado, com pouco espaço para reaproveitamento. A partir desta necessidade técnica, buscou-se também adotar uma configuração mais eficiente de braço de suporte.

7.2.3 MATERIAIS DE MONTAGEM

Para realizar a remodelação do ponto, além da luminária e do braço de suporte, são necessários alguns materiais de montagem: relé fotoelétrico; cabo de cobre isolado; parafusos; porca; arruela e conector.

7.2.4 CONFIGURAÇÃO DO POSTEAMENTO EXISTENTE

Foi considerada a configuração de posteamento existente, sem alterações; mesmo nas vias de posteamento exclusivo.

Note-se que o projeto prevê a instalação de novos postes para correção de pontos escuros, o que será abordado na sessão 7.3.

7.2.5 ATERRAMENTO DAS LUMINÁRIAS LED

Para uma correta instalação e índices de proteção de luminárias devidamente atendidos, todas as luminárias deverão ser aterradas. Utilizou-se para esta avaliação

relatório interno 02.111-TD/AT-2032^a da Cemig, que considerou-se mais adequado para a indicação de aterramento de luminárias.

Caso algumas luminárias já tenham aterramento feito, é esperado que estejam de acordo com as figuras abaixo à esquerda, sendo que o aterramento deverá sempre ser feito de acordo com a imagem da direita, ficando ligado ao NEUTRO da rede de distribuição.

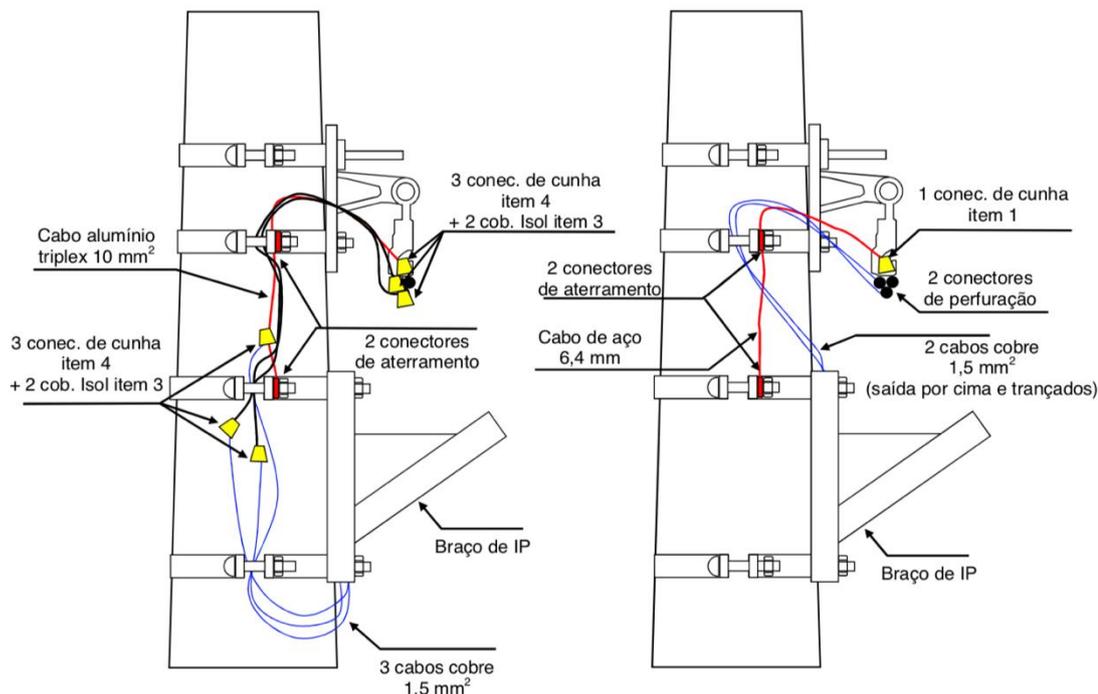


Figura 5 - Aterramento da Luminária LED em rede Isolada

Fonte: Cemig

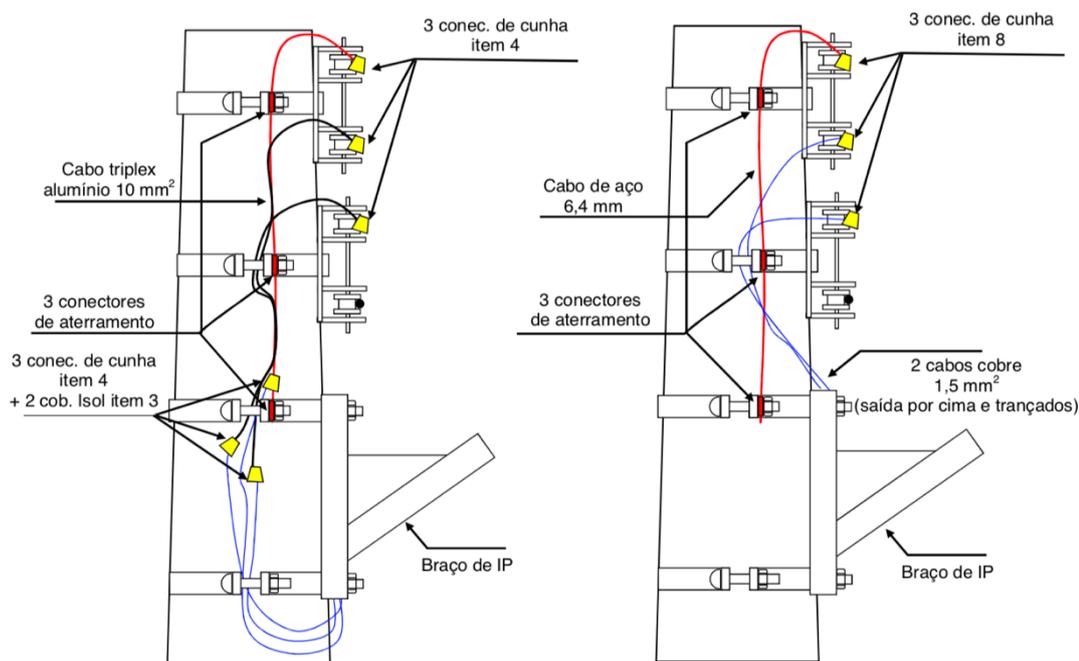


Figura 6 - Aterramento para iluminação em rede nua

Fonte: Cemig

No caso de São Vicente, não existem luminárias montadas em segundo nível, mas caso venham a ser necessárias o aterramento deverá ser feito da seguinte forma:

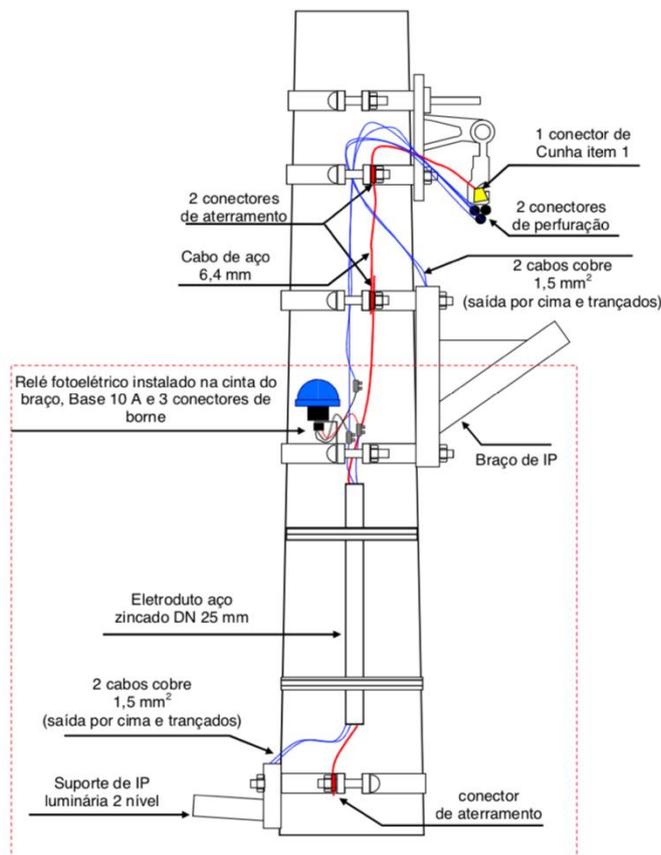


Figura 7 - Aterramento de luminárias em segundo nível

Fonte: Cemig

Notas:

- Não são permitidas conexões intermediárias entre a luminária e a baixa tensão;
- Quando a bitola da rede for 4/0 AWG e 336 MCM, a conexão da IP deve ser feita através da alça de estribo aberta mais o conector de compressão formato H e conector de cunha item 4.

Como nota final sobre este item, recomenda-se sempre a leitura da Norma Técnica da CEMIG ND2.1 e do documento 02.111-TD/AT-2032^a que complementa a informação.

7.3 Correção pontos escuros

Conforme descrevemos na seção 4, a maior parte da rede de IP está instalada nos postes de distribuição de energia elétrica. A configuração dos postes foi pensada para a rede elétrica, não para a iluminação pública, o que acarreta em posicionamento inadequado e grande distância média entre eles para fins de iluminação. Esses grandes espaços com iluminação precária geram os chamados pontos escuros.

Nas vias que possuem posteamento exclusivo, tipicamente não existe este problema, uma vez que o posteamento foi projetado para a iluminação, com distância adequada entre cada poste.

Para equacionar o problema de distância excessiva entre alguns postes, consideramos neste projeto a instalação de postes intermediários – entre postes existentes, e também a instalação de postes próximos às esquinas e cruzamentos. Chamamos estas instalações de correção de pontos escuros.

Nesta fase, para fins de dimensionamento, consideramos uma necessidade de novos pontos no montante de 5% dos pontos atuais, o que corresponde a 1.273 novos pontos de luz. Esta estimativa é baseada nos na avaliação de campo da equipe de engenharia e nos estudos luminotécnicos.

Note que quando fala-se em correção de pontos escuros, estamos considerando a instalação de um novo ponto de luz completo, que inclui a instalação do poste, de uma luminária, de um braço e dos materiais de montagem necessário, conforme descrito na seção 7.2.

A instalação do poste pode ocorrer, de forma geral, em duas configurações: a) poste intermediário entre vão de média tensão e b) poste com extensão de vão de rede em baixa tensão. Estas configurações são detalhadas no Anexo .

A implantação destes novos pontos seguirá o padrão definido no projeto luminotécnico definido para a via onde o novo ponto será instalado.

7.4 Expansões

Não existe um plano diretor de IP em que seja indicada a previsão de expansão da cidade. A lei municipal Complementar 271 de 29 de Dezembro de 1999 estabelece que todos os novos loteamentos criados deverão ser entregues já com iluminação LED.

7.5 Gestão do parque

Por se tratar de projeto de referência, não se deve elaborá-lo de maneira a criar exclusividade para qualquer tecnologia ou fornecedor. Assim, apresentamos os requisitos funcionais, como as funcionalidades exigidas da telegestão, e também algumas especificações não funcionais gerais, como por exemplo, segurança da informação. A partir daí, existem diversas tecnologias distintas para implementar tais funcionalidades. Por exemplo, o sistema central do CCO pode funcionar em servidores dedicados *on-premise*⁴, ou em serviços computacionais na nuvem. A rede de comunicação da telegestão pode ser *mesh* sem fio⁵ ou cabeada, por exemplo. Os requisitos estão relacionados no Caderno de Encargos.

7.5.1 CCO

O Centro de Controle Operacional (CCO) é um local físico onde são feitas a supervisão, o controle e o gerenciamento operacional de forma automatizada, integrada e centralizada da infraestrutura da IP. O CCO provê aos gestores as informações necessárias para o dimensionamento de recursos, suporte e entrega dos serviços prestados, a fim de assegurar sua execução e qualidade.

Trata-se de uma instalação física composta de infraestrutura, tecnologia, pessoas, funções e processos que permite coletar e processar informações em tempo real e fazer com que ocorra a convergência desses dados e informações em um único centro de dados, por meio de Software de Gerenciamento.

Tal software deve ser a principal ferramenta de integração e operação do CCO, permitindo o registro, identificação, priorização, alertas e encaminhamento para execução dos serviços, automatizando o Gerenciamento dos Serviços e aplicação dos processos de Telegestão.

⁴ Instalação em servidores locais, gerenciados pela própria organização.

⁵ Tipo de rede sem fio ponto a ponto, onde a rede é formada dinamicamente através da comunicação entre nodos vizinhos, que repassam uma informação até chegar no nodo de destino.

Devem ser instalados dois Centros de Controle Operacional (CCO): um principal, nas instalações da SPE, para a concessionária operar a rede, e um CCO espelho, para a prefeitura acompanhar e fiscalizar a operação. O CCO espelho consiste num terminal de acesso completo às informações do CCO, localizado em local a ser escolhido pela prefeitura de São Vicente, em modo leitura apenas, que será disponibilizado pela Concessionária para a Prefeitura.

7.5.2 TELEGESTÃO

A telegestão é uma tecnologia que permite controlar remotamente os pontos de luz da cidade a partir do CCO. Ele permite um controle preciso e automático dos pontos de luz, e traz os seguintes benefícios:

- Agendamento e controle de acionamento;
- Dimerização das lâmpadas (ao longo da noite, por dia, por comando arbitrário);
- Medição de consumo;
- Monitoramento de fornecimento de energia e utilização;
- Identificação e comunicação *on-line* de problemas;

Em termos técnicos, os pontos de luz podem possuir acoplados um dispositivo controlador, com comunicação até uma central de controle. A rede de comunicação dos pontos de luz pode ser cabeada, sem fio direto ou sem fio *mesh*. Redes sem fio podem contar com Pontos de Acesso, que concentram a comunicação e os dados coletados e funcionam como forma de acesso entre a rede dos pontos de luz e o CCO. Tipicamente um Ponto de Acesso consiste em um equipamento mais robusto, com maior capacidade, que se comunica com vários pontos de luz. O CCO possui um conjunto de hardware e software para controle e gestão da rede (tratar os dados recebidos, enviar comandos para os pontos), tratamento dos dados (middleware: tratar e guardar as informações geradas) e aplicativos de gestão (o software utilizado pelos operadores). Para maiores informações sobre a tecnologia de telegestão e suas implicações, o leitor deve consultar o Relatório de Novos Serviços e Tecnologias.

O equipamento de telegestão no ponto de luz pode já vir integrado com o LED, ou como um soquete a parte, compatível com o encaixe do LED.

Cobertura de Telegestão

Hoje, o benefício mais tangível da Telegestão é a economia de energia e melhoria dos parâmetros operacionais. Para obter a economia de energia, a medição da telegestão deverá ser homologada pela distribuidora de energia (CPFL);

Com este racional, a Prefeitura de São Vicente determinou um projeto com cobertura de telegestão em 100% do parque.

É importante destacar que este projeto considera a cobertura obrigatória de telegestão nos pontos mencionados.

Neste projeto não quantificamos os benefícios da telegestão. Em particular, não consideramos a redução de consumo de energia decorrente do uso de telegestão – por exemplo dimerização dinâmica, controle fino dos horários de acionamento, redução de lâmpadas acesas durante o dia, entre outros. Não consideramos nesta fase de projeto por duas razões: a) ainda se trata de tecnologia em evolução e sem grande histórico de aplicação em larga escala nas cidades brasileiras; b) o contrato de concessão não estabelece como exigência básica a economia de energia adicional obtida através do tecnologia de telegestão, e sim como um eventual bônus excepcional; desta forma, no cenário base devemos manter o alinhamento com as exigências normais do contrato de concessão.

7.6 Projeto Elétrico

Para a ampliação do sistema de Iluminação Pública será necessária a expansão da rede de distribuição de energia de média tensão (primário) e a rede de baixa tensão (secundário) que alimentará a Iluminação Pública.

Os investimentos necessários para a expansão da rede de distribuição de energia de média tensão (primário) são de responsabilidade da distribuidora de energia elétrica, bem como a sua manutenção. A concessionária de iluminação pública deve apenas apresentar um projeto elétrico da carga planejada para a distribuidora de energia. Note que, para a rede de iluminação existente não há necessidade de investimentos, dado que o projeto implica em redução de carga. A distribuidora deverá fazer investimentos em sua rede, para fins de atendimento à carga de IP, apenas nas áreas de expansão da cidade.

Os investimentos necessários para a expansão da rede de distribuição de energia de baixa tensão (secundário) são de responsabilidade do gestor de iluminação pública. A manutenção desta rede é de responsabilidade da distribuidora de energia.

Os sistemas de iluminação pública podem ser aéreos ou subterrâneos. No caso do subterrâneo, a rede é exclusiva e há um ponto de conexão com a distribuidora de energia. No sistema aéreo é mais comum compartilhar a rede, mas também é possível ser independente.

O projeto de engenharia prevê as duas modalidades de conexão com a rede da CPFL no município de São Vicente:

- 1) Conexão na rede de iluminação pública independente, sem vínculo com o posteamento da concessionária local, como utilizado em algumas avenidas e praças. Neste caso, deverá ser elaborado projeto elétrico específico, e deverá ser decidido se a rede elétrica será aérea ou subterrânea.
- 2) Quando não é exclusivo, a ligação acontece poste a poste. Cada luminária funciona como consumidor individual. Dessa forma, as unidades de iluminação continuarão ligadas diretamente à rede secundária (Fase/Neutro) da concessionária local (CPFL). Portanto o projeto elétrico a ser elaborado e apresentado na concessionária local deverá indicar as cargas (potência) retiradas e incluídas na iluminação pública.

As melhorias no parque de iluminação aqui propostas implicam em redução de carga na rede elétrica, devido à efficientização. Assim, não há razão para se considerar custos de adequação da rede incorridos por estas melhorias.

8 ESTUDOS LUMINOTÉCNICOS

Os estudos luminotécnicos determinam as potências das luminárias (nesse caso tecnologia LED) em um conjunto de vias típicas para cada classe de via; e, conseqüentemente, permite realizar o dimensionamento e subsequente orçamento da solução. O resultado destes estudos é a Matriz de Instalação, que indica o número de instalações para cada potência de luminárias.

8.1 Amostragem de vias

Iniciamos com o mapeamento do Parque de Iluminação Pública realizado durante a inspeção, descrito no Relatório de Diagnóstico da Rede de Iluminação Pública, onde classificamos as vias da amostra entre V1, V2, V3 e V4.

8.2 Perfil de luminárias consideradas

Optou-se por adotar apenas 8 diferentes potências de luminárias LED: 40 W, 51 W, 73 W, 101 W, 120 W, 180 W, 224 W e 325W. Tal padronização é vantajosa para melhor negociação de compra, bem como para operação e manutenção mais eficiente, ao mesmo tempo que provê uma gama ampla o suficiente para atender os parâmetros luminotécnicos de todas as vias com economicidade.

Foram adotadas luminárias com eficiência luminosa de 120 lm/W a 130 lm/W. Estas já fazem parte do catálogo de praticamente todos os fabricantes, já estão homologados pelo INMETRO, e representam o padrão corrente de eficiência.. É importante adotar o padrão mais atual de eficiência luminosa neste projeto uma vez que há um hiato de alguns meses entre a elaboração do projeto de referência e a compra das luminárias por parte da SPE. Desta forma, dado a constante atualização tecnológica do setor, considera-se o padrão comum que estará amplamente disponível no momento da compra das luminárias.

8.3 Estudos luminotécnicos para as calhas padrão

Para cada via da amostra, realizamos simulações luminotécnicas para determinar qual tipo de luminária e configuração de montagem atenderia os padrões luminotécnicos definidos pela NBR 5.101/2018 para a classificação da via em questão.

A seguir ilustra-se um estudo luminotécnico para um trecho da Avenida Transcontinental, a título de exemplo. Primeiro inserem-se as dimensões da via no software de simulação fotométrica (DIALux) e os parâmetros disponíveis para montagem (distância entre postes e altura do poste). Então testam-se hipóteses de configuração luminotécnica – tipo de luminária, potência e configuração de montagem. Por fim, observam-se os resultados e escolhe-se o projeto que atende às normas da via, usualmente o mais econômico dentre os que atendem os critérios da norma NBR 5101/2018.

Utilizam-se parâmetros fotométricos de alguma luminária específica para realizar a simulação. Mas isto não significa qualquer restrição à escolha de fornecedores. Os parâmetros luminotécnicos podem ser cumpridos por qualquer luminária aderente às especificações listadas no Caderno de Encargos – do Contrato de Concessão.

No exemplo acima, a iluminância média $E_m[lx]$ é de 32 Lux, enquanto a uniformidade, dada pela relação E_{min}/E_m atinge 0,425. Tais parâmetros são suficientes para os critérios de uma V1, conforme norma NBR 5.101/2018, vide Tabela 1. Como a via em questão é uma V1, a configuração proposta – LED 180W, 9 m de altura de montagem, 2.5 m de braço – atinge o desempenho requerido.

Os resultados refletem a escolha do projetista, sempre com resultados que atendem à norma para as vias.

As características de todas as vias das amostras, bem como os estudos luminotécnicos completos, foram fornecidos em arquivo pdf, juntamente com este relatório.

A seguir apresentamos a compilação dos resultados luminotécnicos para cada classificação e perfil de via.

Vias V1	Potência do LED	% das vias V1
Via V1 – Espaçamento igual ou inferior a 35m	180W	63%
Via V1 – Espaçamento maior do que 35m	224W	37%
Total		100%

Vias V2	Potência do LED	% das vias V2
Via V2 – Espaçamento até 35m	101 W	63%
Via V2 – Espaçamento acima de 35m	120 W	37%
Total		100%

Vias V3	Potência do LED	% das vias V3
Via V3 – Espaçamento 30 metros ou menos	51W	29%
Via V3 – Espaçamento entre 30 e 35m	73W	34%
Via V3 – Espaçamento maior do que 35m	101W	37%
Total		100%

Vias V4	Potência do LED	% das vias V4
Via V4 – Espaçamento igual ou inferior do que 35m	40W	63%
Via V4 – Espaçamento maior do que 35m	51W	37%
Total		100%

Tabela 5 – Resultados luminotécnicos para cada perfil de via

9 DIMENSIONAMENTO DA SOLUÇÃO

9.1 Quantificação geral

A solução proposta para remodelação (adequação, modernização e efficientização) do parque possui três componentes:

1. Modernização e efficientização dos pontos existentes (troca de todas as luminárias existentes);
2. Correção dos pontos escuros (instalação de novas luminárias);
3. Expansões (instalação de novas luminárias);

Na tabela abaixo, tem-se o número de pontos de luz que deverão ser instalados em cada um dos componentes da solução, e também o número de pontos de luz que serão operados.

O parque atualmente possui 25.460 pontos de luz, sendo 23.342 em tecnologias legadas e 2.118 em tecnologia LED comprados recentemente, conforme cadastro mais recente disponível.

	Remodelação	Correção pontos escuros	Total
Instalação inicial – # de Pontos	Remodelação dos 25.460 pontos legados existentes	Instalação de 1.273 novos pontos (10% dos 33.014 pontos existentes)	26.733
Operação e Manutenção – # de pontos	25.460	1.273	26.733

Tabela 6 - Quantificação geral da solução

A quantificação da remodelação é baseada no número de pontos de luz do cadastro. A correção de pontos escuros representa uma adição equivalente a 5% da rede atual em novos pontos, conforme explicado na subseção 7.3.

Este documento apresenta o projeto de engenharia para o parque atual e suas demandas conhecidas. Futuras expansões da rede – novas demandas, crescimento vegetativo – serão tratadas no Plano de Investimento e Operações e no Relatório de Avaliação Econômico-Financeira.

9.2 Dimensionamento de equipamentos e materiais

A Tabela 7 apresenta a quantidade (unidades) da instalação de cada tipo de equipamento e material necessário para esta solução. O racional para cada quantitativo está descrito na Tabela 8.

Novos equipamentos a serem instalados	Remodelação	Correção pontos escuros	LEDs existentes	Total
Luminária				
Luminária tecnologia LED	23.342	1.273	2.118	26.733
Materiais				
Relé fotoelétrico nf sem base	0	0	0	0
Materiais de montagem	23.242	1.273	2.118	26.733
Braços e Postes				
Braço galvanizado 2m, 3m ou 4m	11.671	1.273	1.059	14.003
Poste	0	1.273	0	1.273
Telegestão				
Controlador (Remota)	23.342	1.273	2.118	26.733

Tabela 7 - Equipamentos e materiais - Unidades para instalação inicial

Observe que os relés fotoelétricos deverão ser trocados mais de uma vez dentro de cada um dos dois ciclos de investimento, uma vez possuem vida útil de três anos.

As Luminárias LED seguem as especificações de potência apresentadas na subseção 9.3.

Para cada instalação, o material de montagem é composto tipicamente por:

- Conectores de rede e de luminária;
- Parafusos cabeça francesa com porcas e arruelas;
- Cabo 3x1,5mm² 0,6=1kV - 4,5m.

	Remodelação	Correção pontos escuros	LEDs existentes
Luminária	# de pontos do parque legado (não LED)	5% dos pontos existentes	Troca após finalização da remodelação
Materiais			
Relé fotoelétrico nf sem base	Nenhum	Nenhum	Nenhum
Materiais de montagem	# de pontos do parque legado (não LED)	5% dos pontos existentes	Nenhum
Braços e Postes			
Braço galvanizado 2m, 3m ou 4m	# de pontos do parque legado (não LED)	5% dos pontos existentes	Nenhum
Poste	Nenhum	5% dos pontos existentes	Nenhum
Telegestão	100% dos pontos do parque legado	100% das correções de pontos escuros	100% dos LEDs existentes

Tabela 8 - Equipamentos e materiais - Racional de dimensionamento das unidades

Neste relatório não foram quantificados equipamentos, ferramentas e pessoal necessário para fazer a instalação dos equipamentos e materiais listados na Tabela 7. Para tal, cabe consultar o Plano de Investimento e Operações, que complementa este documento.

9.3 Matrizes de Instalação

As matrizes de instalação especificam as potências das luminárias a serem instaladas.

9.3.1 MODERNIZAÇÃO E EFICIENTIZAÇÃO DO PARQUE EXISTENTE

O projeto prevê a instalação de luminárias LED em todos os pontos existentes com tecnologia legada, que totalizam 25.460 pontos de luz. A potência escolhida para cada tipo de via foi baseada nos estudos luminotécnicos descritos na seção 8. A distribuição entre as classes de vias considera a distribuição apresentada na Tabela 3, bem como os 2.118 LEDs já existentes. Considera-se que, destes 2.118 LEDs existentes, 30% estão em V1 e 30% estão em V2. Desta forma, a soma dos pontos remodelados com os LEDs existentes resulta na distribuição desejada de pontos por classe de vias.

Potência LED	Número de pontos				Total
	V1	V2	V3	V4	
40				6204	6204
51			189	11522	11711
73		742	1136		1879
101		1379	2462		3841
120	81				81
180	485				485
224	1050				1050
325	209				209
Total	1825	2121	3788	17726	25460

Tabela 9 - Matriz de Instalação - Remodelação dos Pontos Existentes

Optou-se por adotar apenas 8 diferentes potências de luminárias LED, conforme apresentado na tabela acima.

9.3.2 PONTOS EXISTENTES COM LED

O município de São Vicente conta, segundo o cadastro de outubro/2019, com 2.118 pontos de luz com tecnologia LED. Existem 13 potências diferentes de luminárias LED instaladas, conforme indicado na Tabela 10.

Tipo	Potência	Quantidade
LED	10 W	98
LED	100 W	911
LED	120 W	209
LED	150 W	115
LED	240 W	98
LED	250 W	1
LED	30 W	9

LED	320 W	12
LED	325 W	184
LED	36 W	90
LED	50 W	116
LED	60 W	212
LED	80 W	63

Tabela 10 - Listagem de Potências de luminárias LED.

Os LED existentes têm garantia de 5 anos do fornecedor, conforme informações da prefeitura. Após o período de vida útil dos mesmos, que, para fins do dimensionamento desse projeto, considerou-se o mesmo período de garantia, deverá ocorrer a troca dos mesmos. Assim, nos 20 anos de concessão, deverão ocorrer duas trocas. Para fins de dimensionamento da solução, consideramos a troca pela potência proposta para o parque remodelado.

9.3.3 CORREÇÃO DE PONTOS ESCUROS

A correção de pontos escuros segue a mesma distribuição dos pontos existentes, na proporção de 5% do parque atual. A razão é simples: a correção de um ponto escuro numa determinada via segue a solução luminotécnica adotada para aquela via.

Potência LED	Número de pontos novos				Total
	V1	V2	V3	V4	
40	0	0	0	310	310
51	0	0	9	576	586
73	0	37	57	0	94
101	0	69	123	0	192
120	24	0	0	0	24
180	4	0	0	0	4
224	53	0	0	0	53
325	10				10
Total	91	106	189	886	1273

Tabela 11 - Matriz de Instalação - Correção de Pontos Escuros

9.3.4 EXPANSÕES

Conforme já mencionado, as expansões sob responsabilidade da prefeitura ocorrerão através do mecanismo de Banco de Pontos. Os projetos de engenharia para cada demanda deverão ser realizados quando das mesmas, conforme especificidades de cada demanda. O dimensionamento do Banco de Pontos frente às necessidades e perspectivas de expansão da cidade é apresentado no Relatório Econômico-Financeiro.

9.3.5 SUMÁRIO

Compilando as tabelas anteriores, chegamos ao quantitativo final de luminárias que se segue:

	Remodelação	Correção pontos escuros (5%)	Total
Potência	Quantidade	Quantidade	
40	6204	310	6514
51	11711	586	12297
73	1879	94	1973
101	3841	192	4033
120	81	24	105
180	485	4	489
224	1050	53	1103
325	209	10	219
Total	25460	1273	26733

Tabela 12 – Matriz de instalação geral

Todos os cálculos estão disponíveis em planilha eletrônica.

9.4 Consumo de energia elétrica

A seguir, na Tabela 13, apresenta-se o consumo estimado do novo parque, remodelado e já considerando a correção de pontos escuros. O consumo estimado é calculado multiplicando a potência da luminária – no caso do LED a potência nominal é a potência total – por 365 dias no ano e 11h52m de funcionamento por noite, conforme Resolução 414 da ANEEL. A relação de potências e quantidades é dada pela matriz de instalação apresentada na subseção anterior.

Potência	Quantidade	Carga Instalada (KW)	Consumo Anual (MWh)
40	6514	260,58	1 087,11
51	12297	627,15	2 616,42
73	1973	144,00	600,76
101	4033	407,30	1 699,25
120	105	12,61	52,59
180	489	87,99	367,11
224	1103	247,06	1 030,74
325	219	71,32	297,55
Total	26733	1 858,01	7 751,53

Tabela 13 - Novo consumo do parque remodelado

A potência média do parque remodelado é de 72 W por ponto de luz. O consumo estimado do parque atual (outubro/2019), sem remodelação, é de 20,0 GW por ano, conforme

Tipo Lâmpada	Potência	Quantidade	Perdas	Consumo Total
Fluorescente	19 W	39	0 W	741 W
LED	10 W	98		980 W
LED	100 W	911		91100 W
LED	120 W	209		25080 W
LED	150 W	115		17250 W
LED	240 W	98		23520 W

LED	250 W	1		250 W
LED	30 W	9		270 W
LED	320 W	12		3840 W
LED	325 W	184		59800 W
LED	36 W	90		3240 W
LED	50 W	116		5800 W
LED	60 W	212		12720 W
LED	80 W	63		5040 W
Mercurio	100 W	17	10 W	1870 W
Vapor de Sódio	100 W	8690	10 W	955900 W
Vapor de Sódio	150 W	3015	15 W	497475 W
Vapor de Sódio	250 W	8225	25 W	2261875 W
Vapor de Sódio	400 W	15	40 W	6600 W
Vapor de Sódio	50 W	81	5 W	4455 W
Vapor de Sódio	70 W	4	7 W	308 W
Vapor de Sódio	800 W	28	80 W	24640 W
Vapor Metálico	100 W	63	10 W	6930 W
Vapor Metálico	1000 W	13	100 W	14300 W
Vapor Metálico	150 W	126	15 W	20790 W
Vapor Metálico	250 W	2320	25 W	638000 W
Vapor Metálico	400 W	604	40 W	265760 W
Vapor Metálico	50 W	18	5 W	990 W
Vapor Metálico	70 W	73	7 W	5621 W
Vapor Metálico	800 W	11	80 W	9680 W
Total	218 W	25460	28 W	4964825 W

Tabela 14. Note que o parque atual já possui 2.118 luminárias LED.

A metodologia de estimativa de consumo é a mesma: multiplicamos a potência total, incluindo perdas, por 365 dias no ano e 11h26m de funcionamento por noite.

Tipo Lâmpada	Potência	Quantidade	Perdas	Consumo Total
Fluorescente	19 W	39	0 W	741 W
LED	10 W	98		980 W
LED	100 W	911		91100 W
LED	120 W	209		25080 W
LED	150 W	115		17250 W
LED	240 W	98		23520 W
LED	250 W	1		250 W
LED	30 W	9		270 W
LED	320 W	12		3840 W
LED	325 W	184		59800 W
LED	36 W	90		3240 W
LED	50 W	116		5800 W
LED	60 W	212		12720 W
LED	80 W	63		5040 W
Mercurio	100 W	17	10 W	1870 W

Vapor de Sódio	100 W	8690	10 W	955900 W
Vapor de Sódio	150 W	3015	15 W	497475 W
Vapor de Sódio	250 W	8225	25 W	2261875 W
Vapor de Sódio	400 W	15	40 W	6600 W
Vapor de Sódio	50 W	81	5 W	4455 W
Vapor de Sódio	70 W	4	7 W	308 W
Vapor de Sódio	800 W	28	80 W	24640 W
Vapor Metálico	100 W	63	10 W	6930 W
Vapor Metálico	1000 W	13	100 W	14300 W
Vapor Metálico	150 W	126	15 W	20790 W
Vapor Metálico	250 W	2320	25 W	638000 W
Vapor Metálico	400 W	604	40 W	265760 W
Vapor Metálico	50 W	18	5 W	990 W
Vapor Metálico	70 W	73	7 W	5621 W
Vapor Metálico	800 W	11	80 W	9680 W
Total	218 W	25460	28 W	4964825 W

Tabela 14 - Consumo de parque existente

9.5 Ajustes para pontos a serem instalados até a PPP

9.5.1 PONTOS A SEREM REMODELADOS

Assim, para fins de dimensionamento deste projeto, considerou-se 2.118 luminárias LED já instalados em out/2019, e 23.342 luminárias legadas (25.460 menos 2.118).

Assim, deve-se ajustar a quantificação da remodelação apresentada na seção 9.1 para considerar a remodelação de 2.118 pontos antes do início da PPP, conforme tabela a seguir.

	Remodelação	Correção pontos escuros	Total
Instalação inicial – # de Pontos	Remodelação dos 25.460 pontos legados existentes e LED	Instalação de 1.273 novos pontos (5% dos 25.460 pontos existentes)	26.733
Operação e Manutenção – # de pontos	25.460	1.273	26.733

Tabela 15 - Quantificação geral da solução ajustada

9.5.2 META DE ECONOMIA DE ENERGIA

É necessário ajustar os parâmetros de economia de energia calculados sobre o cadastro base para a evolução prevista da rede até o início da PPP. É importante destacar que se optou por realizar o projeto de engenharia sobre o cadastro de outubro/2019 e depois fazer o ajuste sobre os resultados, uma vez que o projeto de engenharia tem um nível de profundidade que demanda as informações mais detalhadas do cadastro. O ajuste para os novos pontos é feito sobre o projeto de engenharia, conforme racional descrito a seguir.

Primeiro, calcula-se qual o impacto no consumo total da rede pré-PPP da remodelação de 2.118 pontos para tecnologia LED. Isto é feito considerando as potências médias retiradas e instaladas por cada ponto remodelado:

Número de novos LEDs pré-PPP	2.118 pontos
Potência média retirada	195,0 W/ponto
Potência média instalada	72,98 W/ponto

Tabela 16 – Potências médias retiradas e instaladas

Para auferir corretamente a potência de partida, para fins de definição de meta de economia de energia, deve-se considerar a incerteza existente sobre os dados do cadastro. Conforme seção 4.2 do Relatório de Diagnóstico Técnico da Rede de Iluminação Pública, observou-se que 4% dos pontos da amostra tinham dados de potência cadastrados errados em relação às observações feitas em campo. Considerando-se que o diagnóstico foi feito sob uma amostra de pontos localizados no perímetro urbano, que nem todos os postes têm placas de identificação, é prudente adotar uma faixa de variação de $\pm 5\%$ sobre a carga para acomodar tais incertezas. A tabela a seguir mostra os valores da faixa inferior, média e superior de carga do parque pré-PPP.

Situação	Potência Instalada (KW)	Consumo Anual (MWh)
Antes da Substituição por LED	4 965	20 713
Após Substituição por LED	1858	7 752
Economia Total	3262	12 961
Economia (%)	62,6%	

Tabela 17 – Carga de parque existente pré-PPP com faixa de incerteza

A seguir, deve-se estimar a carga possível de ser atingida após a remodelação completa do parque (pós-PPP).

Os LEDs sendo instalados tem eficiência luminosa entre 100-110 lm/W (média 105 lm/W), enquanto os LEDs deste projeto de referência para a PPP têm eficiência luminosa entre 120-130 lm/W (média 125 lm/W). Assim, devemos considerar o efeito desta diferença de eficiência nos 2.118 LEDs instalados pré-PPP sobre a carga do parque apresentada na Tabela 13, o que resulta nos valores indicados na Tabela 19.

Eficiência média LEDs pré-PPP	105 lm/W
Eficiência média LEDs projeto de referência	125 lm/W
Eficiência relativa	19,0%

Tabela 18 – Diferença de eficiência entre os LEDs

	Total (GW)	Média (W/ponto)
Carga do parque remodelado	1,85	69,7

Tabela 19 – Carga estimada para o parque pós-PPP

A meta de eficiência então é calculada observando a faixa inferior da carga total do parque pré-PPP vis a vis a carga total do parque remodelado:

$$\text{Meta de Eficiência} = 1 - \frac{1,85 \text{ GW}}{4,9 \text{ GW}} = 62,6\%$$

%

9.6 Cronograma de implantação

9.6.1 CRONOGRAMA GERAL

Este projeto prevê 4 meses para preparação da remodelação e instalação; tempo necessário para encomenda dos equipamentos e materiais, logística até São Vicente e ensaios. A partir do início da remodelação, serão necessários 8 meses para a remodelação completa do parque; totalizando 12 meses de implantação.

Cronograma de adequação, modernização e eficiência.

Prazo a partir do início da remodelação	% do parque remodelado ⁶	Redução da carga instalada
-	0% (Início)	
120 dias	50%	25,8%
240 dias	100%	51,6%

Tabela 20 – Cronograma de adequação e modernização

Ao final de 12 meses, este projeto prevê a remodelação de todo o parque atual, incluindo a troca de todas as luminárias atuais, a instalação de novas luminárias e postes para correção de pontos escuros, a instalação do CCO e da telegestão.

9.6.2 PRIORIZAÇÃO

Indica-se a seguinte priorização de implementação:

1. Os bairros e áreas mais densas, com menores níveis educacionais e de renda e/ou que apresentem alto índice de ocorrência de crimes e acidentes envolvendo veículos automotores;
2. Os bairros centrais, utilizados pela maior parte da população;
3. As vias com grande circulação de pessoas;
4. Os locais onde se verifique a prestação de serviços públicos em períodos noturnos, tais como unidades hospitalares e educacionais, delegacias, postos policiais e proximidades como estações de ônibus; e

9.7 Plano de investimentos e operação

O dimensionamento apresentado aqui representa o ponto de partida do Plano de Investimentos e Operações. Nele poderá se verificar a orçamentação da solução aqui apresentada, bem como o dimensionamento da operação do parque sobre a solução proposta, incluindo atividades de operação, manutenção e reinvestimento.

⁶ Calculado sobre o número de Unidades de Iluminação Pública (UIP). Considera todo o parque existente.

10 CONCLUSÕES

Este projeto representa uma melhoria expressiva de qualidade de iluminação, com adequação do parque à norma NBR 5101/2018⁷, eficiência energética, melhoria do serviço e valorização urbana.

A figura abaixo resume os principais pontos de melhoria.

Parque atual	Novo Parque
Só 7% do parque atende os critérios das normas (NBR 5101)	Meta de 100% de atendimento. Expectativa de alto nível de atendimento.
Predominância de lâmpadas de sódio de baixa potência; 76% de luminárias abertas	100% de LED; adequação das potências; inadequações serão infrequentes
IRC médio de 33; aspecto amarelado	IRC ≥ 70; cores naturais
Grande distância entre postes: pontos escuros	Correção dos pontos escuros: 3,3 mil novos pontos (est. 10% da rede atual)
Sem iluminação de destaque	16 pontos com iluminação de destaque, com projeto conceitual
Consumo de partida: 24 MWh/ano ⇒ R\$ 11 MM (consumo est. com 11 mil LEDs instalados pré PPP)	Consumo de 12 MWh/ano ⇒ R\$ 5 MM (redução mínima de 51,6%, já considerando novos pontos)

Figura 8 – Pontos de Melhoria

⁷ Este projeto é dimensionado de forma a buscar o atendimento integral de 100% do parque a toda norma NBR 5.101/2018. Porém, existem fatores externos fora do controle do prestador de serviço e da prefeitura, de forma que alguns trechos de certas vias podem, em certos momentos, não atender integralmente toda a norma 5.101/2018 e demais requisitos do projeto. Assim, entendemos que deve haver uma faixa de tolerância razoável na avaliação do atendimento à NBR 5.101/2018.



11 ANEXO I - VIDA ÚTIL DO LED

A vida útil especificada para as luminárias no caderno de encargos é de, no mínimo, 50.000 horas de operação, o que resulta em 11,5 anos de operação. A vida útil em questão é a expectativa média de vida até a luminária atingir L70 – isto é, 70% do fluxo luminoso original.

Neste projeto, estamos considerando uma vida útil de 10 anos, ou 87% da menor vida útil especificada. Isto é prudente, pois a vida útil especificada resulta de extrapolações de medições feitas em laboratório, em condições ideais de funcionamento e de fornecimento de energia.

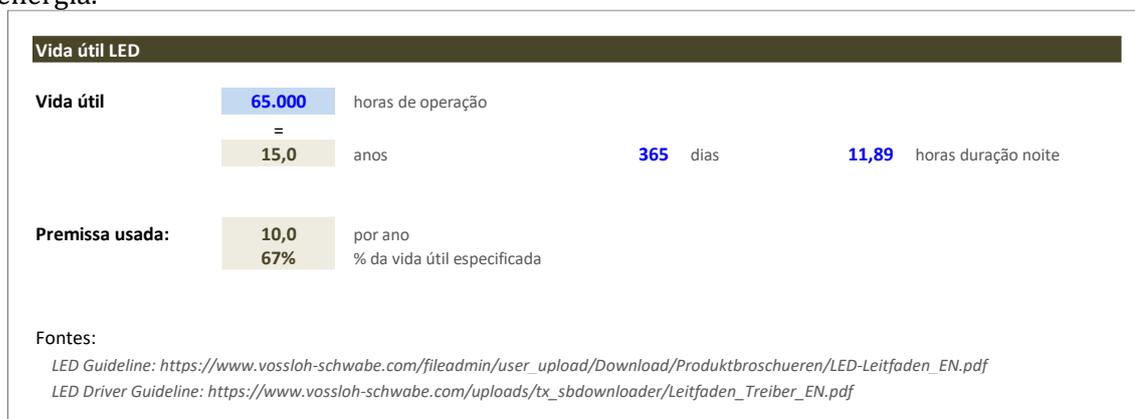


Figura 9 – Vida Util do LED

12 ANEXO II – MONTAGEM DE LUMINÁRIA

A figura a seguir ilustra uma instalação de luminária, com a configuração de braço de 3m. Cada ponto pode ter variações, como, por exemplo, tamanho do braço e inclinação. Materiais e montagem – Luminária e Braço de 3m

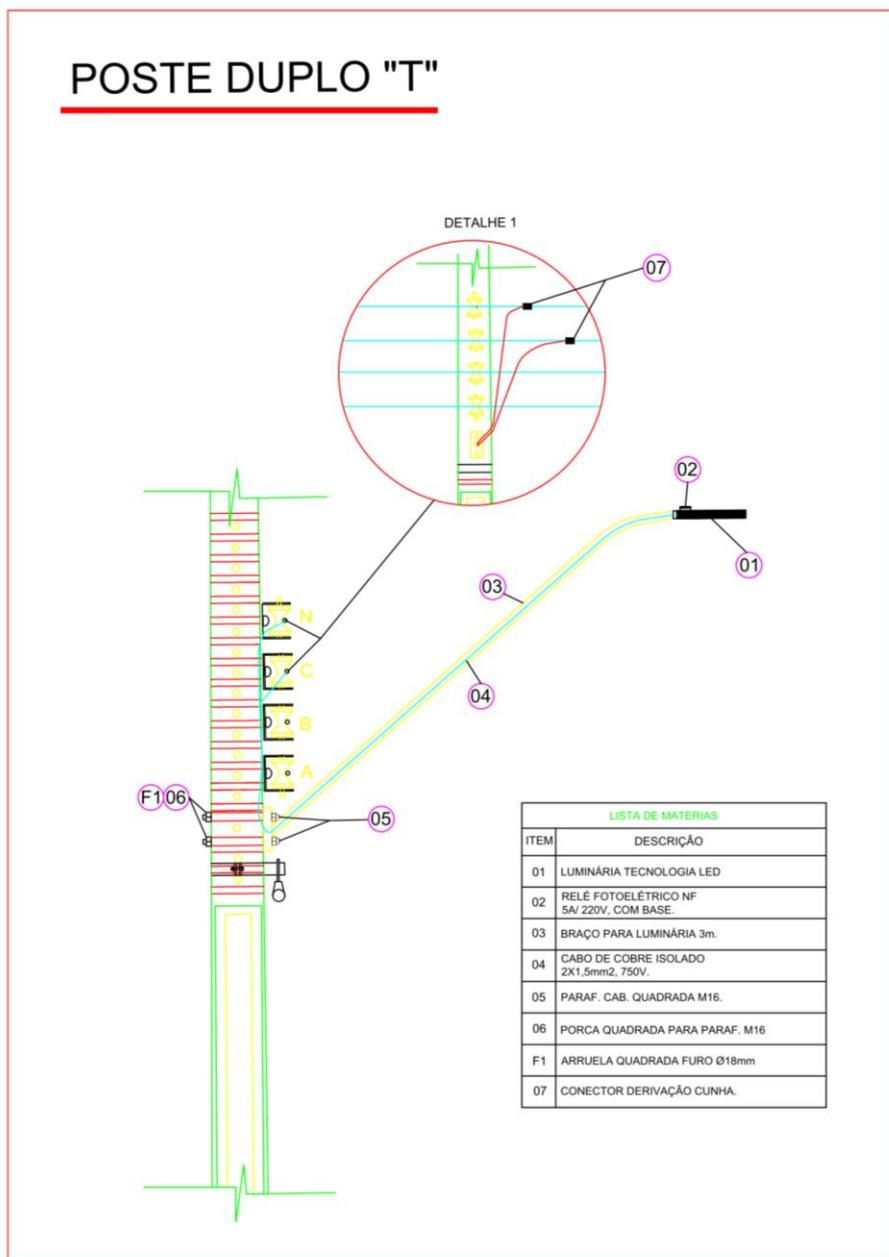


Figura 10 – Materiais e montagem de Luminária e Braço de 3m

13 ANEXO III – INSTALAÇÃO DE POSTES

A relação de projetos apresentada aqui não pretende ser exaustiva. Ela apresenta dois casos comuns.

13.1 Implantação de poste entre vão de média tensão

A implantação de poste entre vão de média tensão é usada neste projeto para correção de pontos escuros, quando o novo ponto está situado entre dois postes existentes da rede de distribuição de energia.

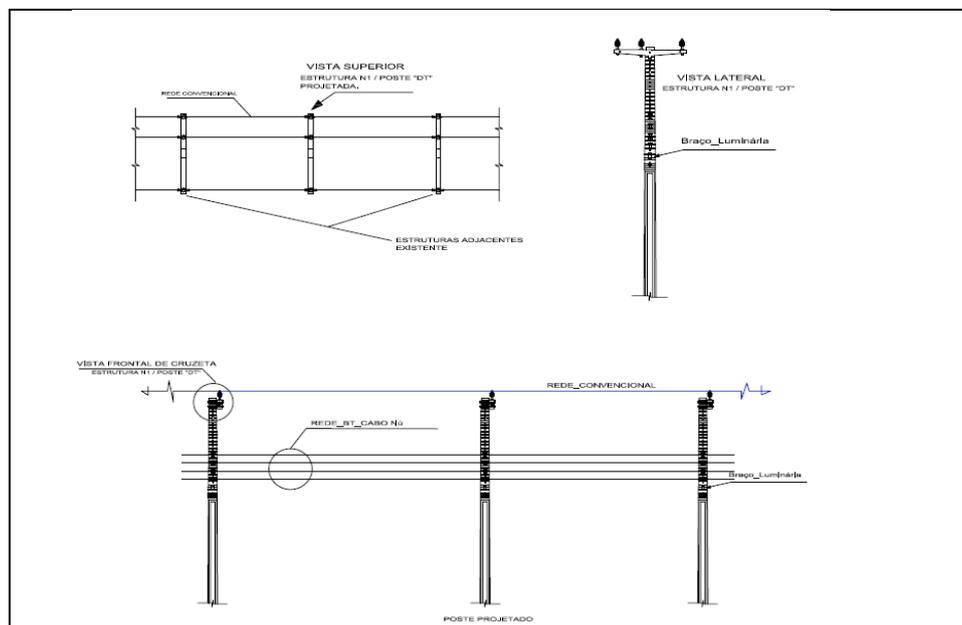


Figura 11 - Detalhe da implantação de 1 poste duplo entre dois postes existentes

13.2 Instalação de vão de rede em baixa tensão

A implantação de poste entre vão de média tensão é usada neste projeto para correção de pontos escuros, quando o novo ponto está localizado em esquinas/cruzamentos. Neste caso, além do poste, é necessário estender a rede elétrica até o novo poste (vão de rede).

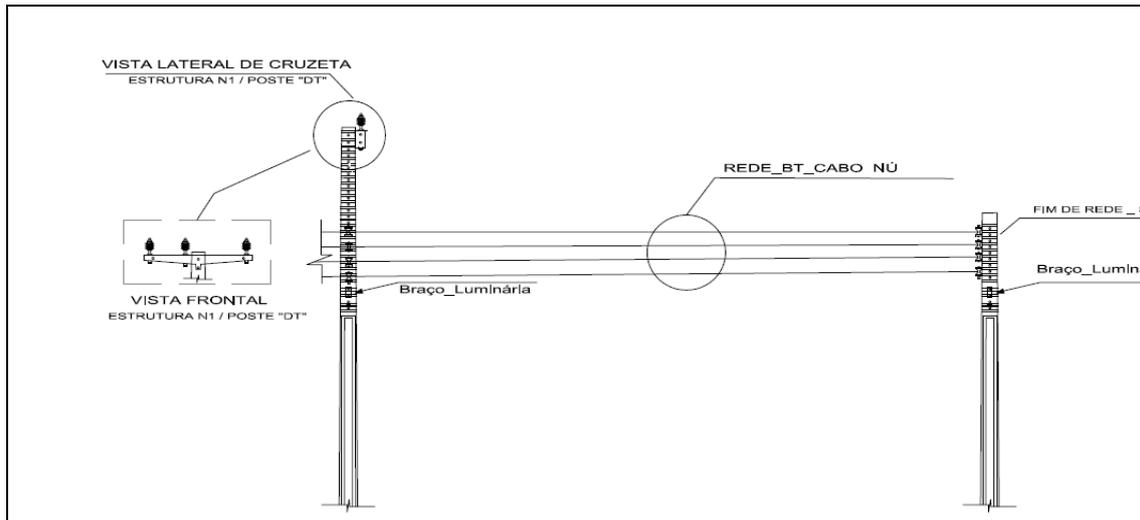
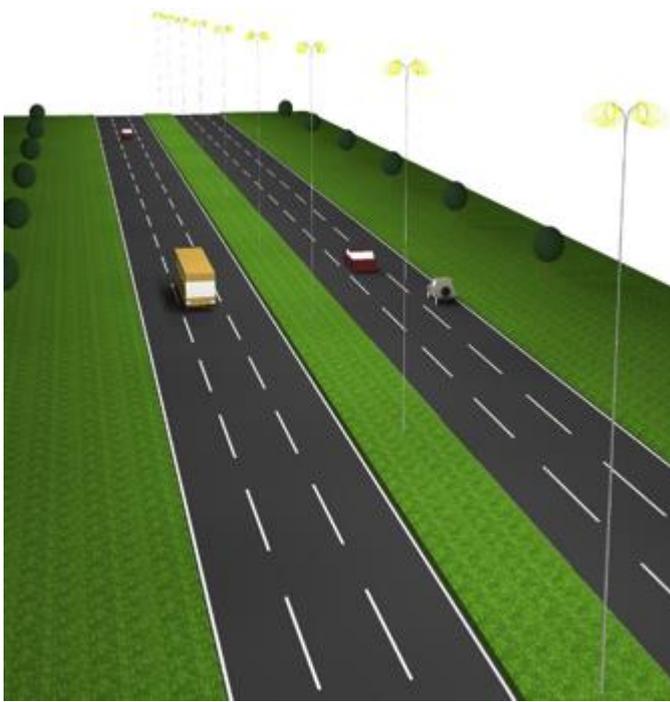


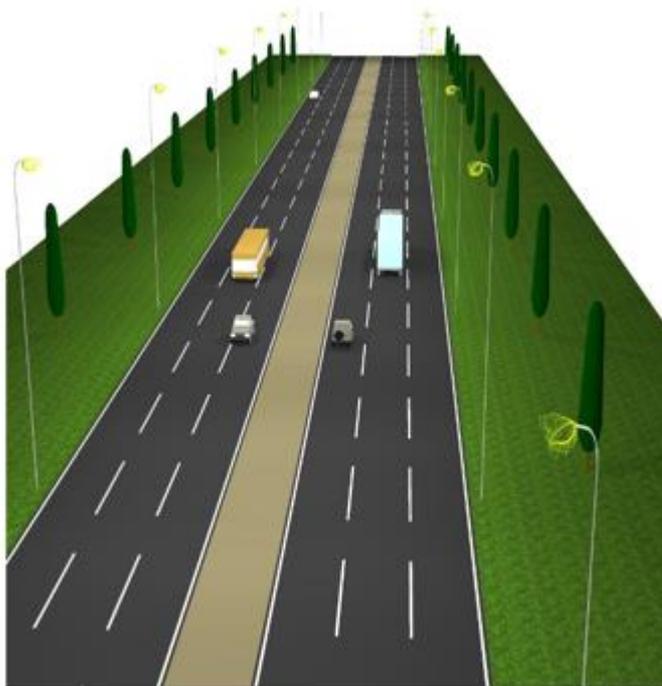
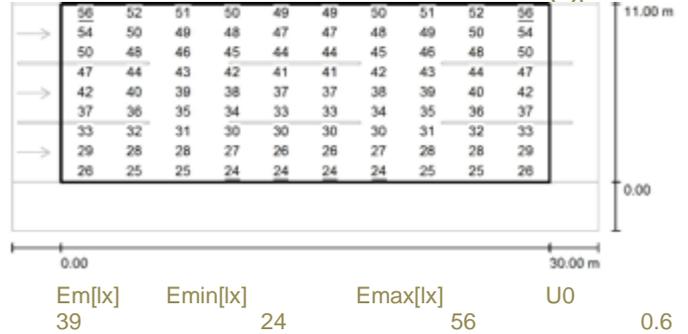
Figura 12 - Detalhe da implantação de 1 poste duplo e extensão de rede convencional

14 ANEXO V - ESTUDOS LUMINOTÉCNICOS



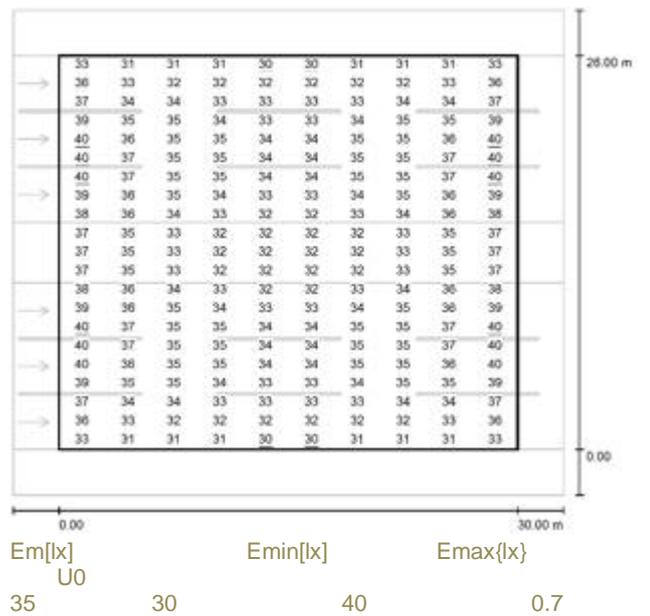
Resultado do estudo luminotécnico:
 Exemplo de Rodovia de Categoria Típica V1
 Topologia de Instalação: Canteiro Central
 Espaçamento entre postes : 30m
 Largura da pista de rodagem: 2 x 11m
 Altura de Montagem: 20m
 Simulação com lâmpada equivalência LED a VS 400W

Gráficos de Valores de Iluminância (E) | Pista 1



Resultado do estudo luminotécnico:
 Exemplo de Rodovia de Categoria Típica V1
 Topologia de Instalação: Arranjo Bilateral Oposto
 Espaçamento entre postes : 40m
 Largura da pista de rodagem: 2 x 11m
 Altura de Montagem: 20m
 Simulação com lâmpada equivalência LED a VS 400W

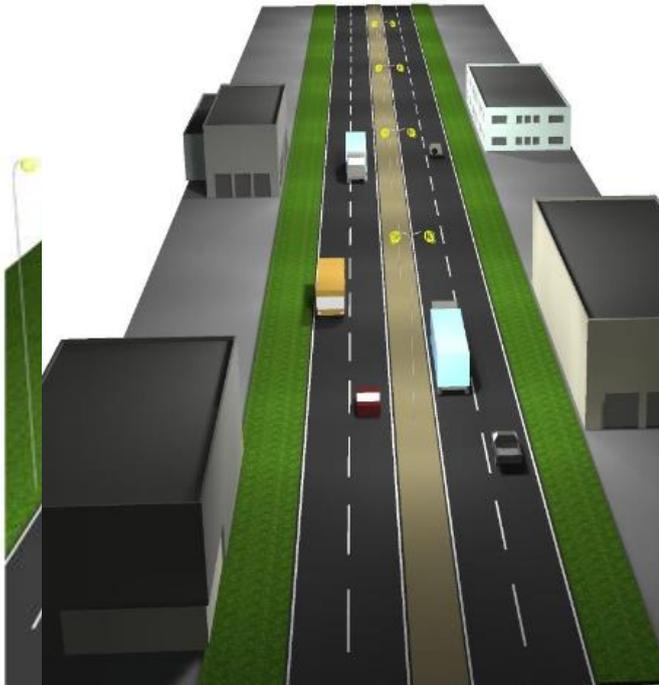
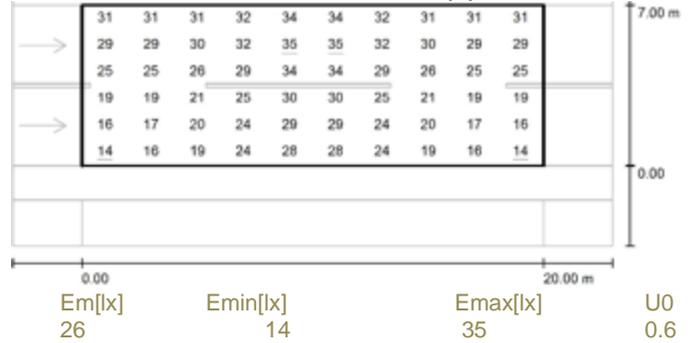
Gráficos de Valores de Iluminância (E) | Pista 1 e 2





Resultado do estudo luminotécnico:
 Exemplo de Via Arterial de Categoria típica V2
 Topologia de Instalação: Arranjo Alternado
 Espaçamento entre postes : 20m
 Largura da pista de rodagem: 2 x 7m
 Altura de Montagem: 8m
 Simulação com lâmpada equivalência LED a VS 150W

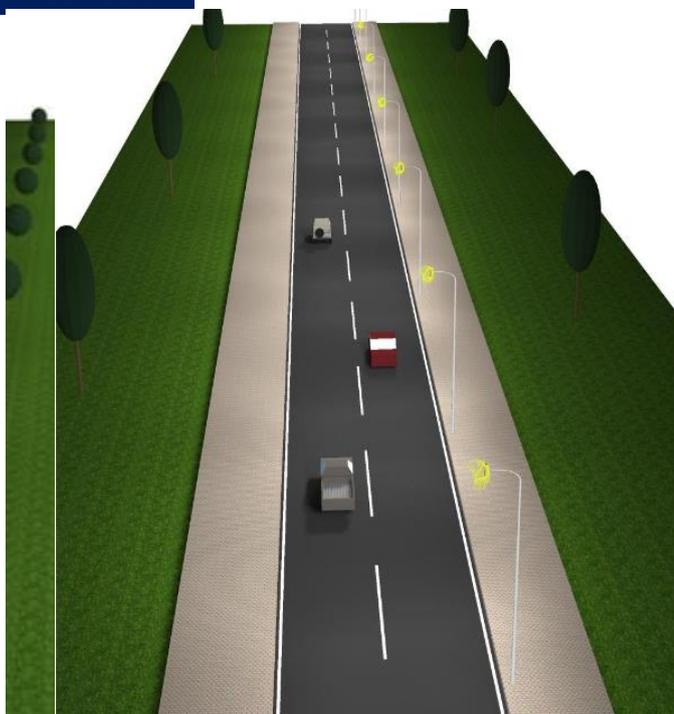
Gráficos de Valores de Iluminância (E) Pista 1



Resultado do estudo luminotécnico:
 Exemplo de Via Arterial de Categoria típica V2
 Topologia de Instalação: Canteiro Central
 Espaçamento entre postes : 35m
 Largura da pista de rodagem: 2 x 7m
 Altura de Montagem: 16m
 Simulação com lâmpada equivalencia LED a VS 250W

Gráficos de Valores de Iluminância (E) Pista 1





Resultado do estudo luminotécnico:

Exemplo de Via Coletora de Categoria típica V3

Topologia de Instalação: Arranjo Unilateral

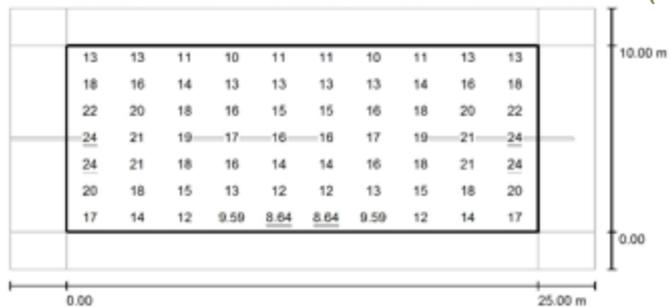
Espaçamento entre postes : 25m

Largura da pista de rodagem: 10m

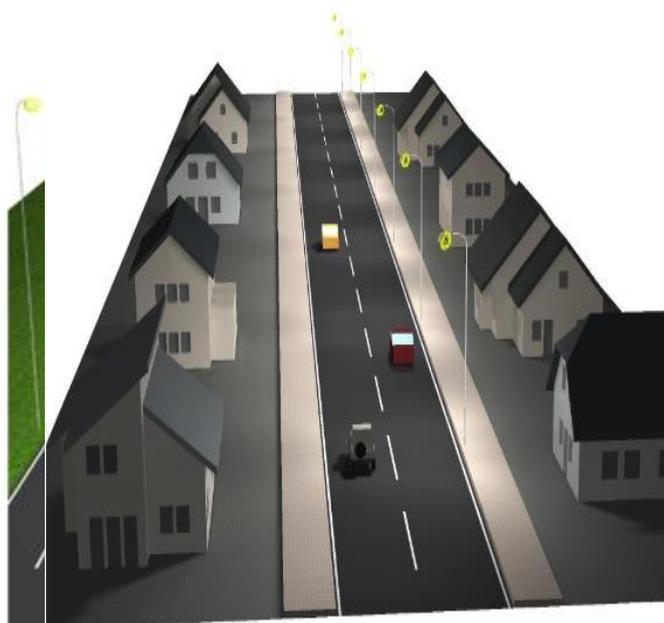
Altura de Montagem: 10.5m

Simulação com Equivalencia LED a lâmpada V.S 150W

Gráficos de Valores de Iluminância (E)



Em[lx] 16 Emin[lx] 8.64 Emax[lx] 24 U0 0.6



Resultado do estudo luminotécnico:

Exemplo de Via Local de Categoria típica V4

Topologia de Instalação: Arranjo Unilateral

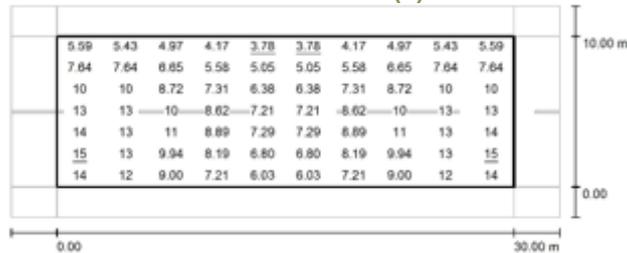
Espaçamento entre postes : 30m

Largura da pista de rodagem: 10m

Altura de Montagem: 10.5m

Simulação com Equivalencia LED a VS 100W

Gráficos de Valores de Iluminância (E)



Em[lx] 8.8 Emin[lx] 3.78 Emax[lx] 15 U0 0.4

