



PPP

ILUMINAÇÃO PÚBLICA
E CIDADES INTELIGENTES
SÃO BENTO DO SUL



Estudos de Engenharia

Junho, 2026

À

Gerência de Planejamento

Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul

Ref.: Contrato n.º 2025051, referente à prestação de serviços técnicos especializados necessários à estruturação de projetos de concessão, inclusive de Parceria Público-Privada (PPP), destinados à gestão, modernização, ampliação, operação e manutenção da infraestrutura de redes municipais de iluminação pública e equipamentos de cidade inteligente para o Município de São Bento do Sul/SC, no quantitativo total de 15.400 (quinze mil e quatrocentos) pontos de luz, celebrado entre o Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul – BRDE e o Consórcio Moysés&Pires, KMR e SPOROS, formado pelas empresas Moysés&Pires Sociedade de Advogados, KMR Energia e Meio Ambiente LTDA e Sporos Consultoria e Gestão Empresarial LTDA.

Prezados Senhores,

Em referência ao Contrato acima mencionado, vem o Consórcio Moysés&Pires, KMR e SPOROS, por meio do presente, entregar, formalmente, ao BRDE, o **“Produto 2.1 – Estudos de Engenharia”**.

Ficamos à disposição para quaisquer dúvidas e/ou esclarecimentos que se fizerem necessários.

Atenciosamente,

Mauricio Boudakian Moysés

Erikles Batista do Nascimento

Fábio Henrique de Almeida

Carlos Augusto

Fernando de Lima Silva

Flávio Dias Ruiz Augusto

Sumário

1.	INTRODUÇÃO	14
2.	MODERNIZAÇÃO E EFICIENTIZAÇÃO DO PARQUE DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA.....	16
2.1.	Premissas Gerais da Rede de Iluminação Pública.....	17
2.2.	Software para Simulação.....	18
2.3.	Diretrizes Gerais para Modernização e Eficientização	20
2.3.1.	Requisitos da Portaria INMETRO.....	21
2.3.2.	Selo PROCEL.....	22
2.3.3.	Índice de Reprodução de Cor (IRC)	22
2.3.4.	Temperatura de Cor Correlata (TCC)	23
2.3.5.	Poluição Luminosa.....	25
2.3.6.	Informações obtidas no trabalho de campo	26
2.3.7.	Curvas Fotométricas.....	28
2.3.8.	Norma ABNT NBR 5101:2024	29
2.4.	Resultados das Simulações Luminotécnicas.....	31
2.4.1.	Simulações - Vias típicas	31
2.4.2.	Resultados das Simulações	32
2.5.	Faixas de Pedestres.....	38
2.5.1.	Requisitos de Iluminação para Faixa de Pedestres.....	38
2.5.2.	Estudo Referencial para Faixas de Pedestres	39
2.6.	Ciclovias e Ciclofaixas.....	42
2.6.1.	Requisitos de Iluminação para Ciclovias e Ciclofaixas.....	42
2.6.2.	Estudo Referencial para Ciclovias.....	43
2.7.	Expansão da Rede de Iluminação Pública	45
2.7.1.	Pontos Escuros	46
2.7.2.	Crescimento Vegetativo	46
2.7.3.	Demanda Reprimida	47
3.	ILUMINAÇÃO ESPECIAL.....	48
3.1.	Diretrizes Gerais.....	49
3.1.1.	Descritivo dos Equipamentos.....	50
3.2.	Diretrizes Específicas.....	53

3.2.1.	Iluminação Especial de Áreas Verdes	54
3.2.2.	Iluminação de Destaque	56
3.2.2.1.	Morro da Igreja Matriz + Letreiro	57
3.2.2.2.	Museu Municipal	62
3.2.2.3.	Arquivo Histórico	67
3.2.2.4.	Prédio do Departamento de Turismo.....	71
3.2.2.5.	Estação Ferroviária	75
3.2.2.6.	Casa Eichendorf.....	78
3.2.2.7.	Centro Cultural	82
3.2.2.8.	Escola de Música e Fundação Cultural.....	85
3.2.2.9.	Praça do Centenário.....	89
3.2.2.10.	Museu Ornith Bollmann	92
3.2.2.11.	Fachada da Prefeitura.....	96
4.	ESTUDO DE EFICIENTIZAÇÃO ENERGÉTICA.....	99
4.1	Redução das Emissões de CO ₂	101
5.	EQUIPAMENTOS DE CIDADES INTELIGENTES.....	103
5.1.	Introdução.....	103
5.2.	Soluções.....	103
5.2.1.	Telegestão.....	104
5.2.2.	Videomonitoramento.....	105
5.2.3.	Áreas de risco.....	109
5.2.3.1.	Áreas com Riscos de Deslizamento	111
5.2.3.2.	Áreas com Riscos de Alagamento.....	119
6.	MODELO DE OPERAÇÃO	122
6.1.	Modelo de Governança da PPP	122
6.2.	Fases do Projeto	124
6.2.1.	Fase 0 – Preliminar	124
6.2.2.	Fase 1 – Transição.....	125
6.2.3.	Fase 2 – Modernização.....	125
6.2.4.	Fase 3 – Operação	125
6.3.	Modelo Operacional.....	126

6.3.1.	Cadastro da Rede de IP	126
6.3.2.	Planos Operacionais (POM, PM e PDO)	126
6.3.3.	Modernização e Eficientização	127
6.3.4.	Implantação dos Equipamentos de Cidade Inteligente	127
6.3.5.	Iluminação Especial	127
6.3.6.	Centro de Controle Operacional (CCO)	128
6.3.7.	Serviços de Manutenção	128
6.3.8.	Serviços de Poda	129
6.3.9.	Estrutura operacional e organizacional	129
6.3.10.	Expansão da rede municipal de IP	130
6.3.11.	Divulgação de Informações e Documentos da PPP	130
6.3.12.	Parque de IP	131
7.	MODELO DE INVESTIMENTOS	132
7.1.	Referências de Preços do CAPEX	132
7.2.	Despesas Pré-Operacionais	133
7.3.	Investimentos em Infraestrutura	133
7.4.	Modernização e Eficientização	134
7.4.1.	Custo da Luminária LED	134
7.4.2.	Custo médio de mão de obra e instalação	135
7.5.	Faixas de Pedestres	137
7.6.	Ciclovias	138
7.7.	Iluminação Especial	138
7.7.1.	Áreas Verdes	138
7.7.2.	Iluminação de Destaque	139
7.8.	Expansão da Rede de IP	139
7.8.1.	Adequação da Rede de IP em áreas com Pontos Escuros	140
7.8.2.	Cota Expansão para o Crescimento Vegetativo	140
7.8.3.	Demanda Reprimida	142
7.9.	Equipamentos de Cidade Inteligente	142
7.9.1.	Sistema de Telegestão	143
7.9.2.	Videomonitoramento	143

7.9.3.	Monitoramento Ambiental – Áreas de Risco.....	143
7.9.4.	Cota Expansão para os Equipamentos de Cidade Inteligente ..	144
7.10.	Resumo do CAPEX.....	145
8.	MODELO DE CUSTOS E DESPESAS.....	147
8.1.	Referências de Preços do OPEX.....	147
8.2.	Estrutura Operacional	148
8.2.1.	Dimensionamento de Chamados de Manutenção.....	148
8.2.2.	Equipe de Verificação Ativa (rondas).....	149
8.3.	Materiais de Manutenção.....	150
8.3.1.	Iluminação.....	150
8.3.2.	Equipamentos de Cidades Inteligentes.....	151
8.4.	Estrutura Administrativa.....	151
8.4.1.	Equipe Administrativa	151
8.4.2.	Equipe de Campo	152
8.4.3.	Instalações e Utilidades.....	155
8.5.	Verificador Independente	156
8.6.	Resumo OPEX.....	157
9.	CUSTOS E DESPESAS DO PODER CONCEDENTE.....	159
9.1.	Custos com Energia Elétrica.....	159
10.	ANEXOS TÉCNICO-OPERACIONAIS DO CONTRATO	163
	ANEXO I – Resultados do Trabalho de Campo e Vias Típicas	164

Índice de Figuras

Figura 1 - Características das vias e calçadas incluídas no DIALux.....	19
Figura 2 - Características dos parâmetros de montagem incluídas no Dialux	20
Figura 3 - Exemplo de resultado do Dialux.....	20
Figura 4 - Visualização dos diferentes níveis para o IRC.....	23
Figura 5 - Visualização dos diferentes níveis para a TCC.....	24
Figura 6 - Níveis de controle do fluxo luminoso e poluição luminosa	25
Figura 7 - Mapeamento da poluição luminosa no Município	26
Figura 8 - Parâmetros Dialux	28
Figura 9 – Ilustração para iluminação de Faixas de Pedestres.....	40
Figura 10 – Estudo de Engenharia para Faixas de Pedestres	40
Figura 11 - Ilustração para iluminação de Ciclovias	44
Figura 12 - Estudo de Engenharia para Ciclovias.....	44
Figura 13 - Fotos visuais da Igreja Matriz - Antes.....	59
Figura 14 - Fotos visuais da Igreja Matriz - Depois.....	61
Figura 15 - Fotos visuais do Museu Municipal - Antes.....	65
Figura 16 - Fotos visuais do Museu Municipal - Depois.....	66
Figura 17 - Fotos visuais do Arquivo Histórico - Antes.....	68
Figura 18 - Fotos visuais do Arquivo Histórico - Depois.....	69
Figura 19 - Fotos visuais do Prédio do Departamento de Turismo - Antes.....	72
Figura 20 – Fotos visuais do Prédio do Departamento de Turismo - Depois..	73
Figura 21 - Fotos visuais da Estação Ferroviária - Antes.....	76
Figura 22 - Fotos visuais da Estação Ferroviária - Depois	77
Figura 23 - Fotos visuais da Casa Eichendorf - Antes	79
Figura 24 - Fotos visuais da Casa Eichendorf - Depois	81
Figura 25 - Fotos visuais do Centro Cultural - Antes	83
Figura 26 - Fotos visuais do Centro Cultural – Depois.....	84
Figura 27 - Fotos visuais da Escola de Música e Fundação Cultural - Antes...	86
Figura 28 - Fotos visuais da Escola de Música e Fundação Cultural - Depois	88
Figura 29 - Fotos visuais da Praça do Centenário - Antes.....	90
Figura 30 - Fotos visuais da Praça do Centenário – Depois.....	91
Figura 31 - Fotos visuais do Museu Ornith Bollmann - Antes.....	93
Figura 32 - Fotos visuais do Museu Ornith Bollmann - Depois	95
Figura 33 - Fotos visuais da Prefeitura - Antes.....	97
Figura 34 - Fotos visuais da Prefeitura - Depois.....	98
Figura 35 - Fluxo de informação da Telegestão	104
Figura 36 - Modelo de governança durante a execução da PPP.....	123
Figura 37 - Macro cronograma do contrato da PPP	124

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Premissas Gerais.....	17
Tabela 2 - Distribuição de classes de iluminação para vias veiculares	17
Tabela 3 - Atendimento aos requisitos de iluminância e uniformidade	18
Tabela 4 - Requisitos de iluminância média mínima e uniformidade para cada classe de iluminação de vias de veículos.....	30
Tabela 5 - Requisitos de iluminância média e mínima para cada classe de iluminação de vias de pedestres.....	30
Tabela 6 – Resultados de engenharia	33
Tabela 7 – Quantidade de luminárias por faixa de potência	34
Tabela 8 – Resultados de engenharia da Rede de IP do município (substituição braço IP).....	34
Tabela 9 – Resultados de engenharia da Rede de IP do município (altura de montagem)	35
Tabela 10 – Previsão de novos pontos para atendimento a áreas escuras.....	36
Tabela 11 – Resultados de engenharia por grupo	37
Tabela 12 – Quantidade de luminárias por faixa de potência	37
Tabela 13 - Quantitativos de Luminárias para Soluções Luminotécnicas do Sistema Viário.	38
Tabela 14 – Resultados de engenharia para Faixas de Pedestres.....	41
Tabela 15 – Quantidade de Faixas de Pedestres e Pontos de IP	41
Tabela 16 – Resultados de engenharia para Ciclovias.....	45
Tabela 17 – Dimensionamento Ciclovias para Instalação de IP	45
Tabela 18 - Quantidade de Pontos Escuros por Potência.	46
Tabela 19 - Quantidade de Pontos de Crescimento Vegetativo por Potência	46
Tabela 20 - Quantidade de Pontos de Demanda Reprimida Por Potência. ...	47
Tabela 21 - Locais para implementação de Iluminação Especial	Erro!
Indicador não definido.	
Tabela 22 - Quantitativos de Luminárias em Relação a Soluções Luminotécnicas de Praças e Parques.	55
Tabela 23 - Locais para implementação de Iluminação de Destaque por ordem de Prioridade	56
Tabela 24 - Descrição e quantitativo de equipamentos de IE para o Morro da Igreja Matriz + Letreiro.....	58
Tabela 25 - Descrição e quantitativo de equipamentos de IE para o Museu Municipal	63
Tabela 26 - Descrição e quantitativo de equipamentos de IE para o Arquivo Histórico.....	68
Tabela 27 - Descrição e quantitativo de equipamentos de IE para o Prédio do Departamento de Turismo.....	71

Tabela 28 - Descrição e quantitativo de equipamentos de IE para a Estação Ferroviária.....	75
Tabela 29 - Descrição e quantitativo de equipamentos de IE para a Casa Eichendorf.....	79
Tabela 30 - Descrição e quantitativo de equipamentos de IE para o Centro Cultural.....	82
Tabela 31 - Descrição e quantitativo de equipamentos de IE para a Escola de Música e Fundação Cultural.....	85
Tabela 32 - Descrição e quantitativo de equipamentos de IE para a Praça do Centenário.....	89
Tabela 33 - Descrição e quantitativo de equipamentos de IE para o Museu Ornith Bollmann.....	92
Tabela 34 - Descrição e quantitativo de equipamentos de IE para a Fachada da Prefeitura.....	96
Tabela 35 - Resumo do parque de IP após a modernização.....	99
Tabela 36 - Eficientização do Parque de IP.....	100
Tabela 37 - Histórico Consumo Energia Elétrica e Emissão CO ₂	101
Tabela 38 - Redução Emissão CO ₂ pelo consumo de energia elétrica.....	102
Tabela 39 - Redução Emissão CO ₂ pela PPP.....	102
Tabela 40 - Lista das Câmeras Instaladas no município.....	106
Tabela 41 - Locais para Instalação de Novas Câmeras.....	107
Tabela 42 - Áreas de Risco Prioritárias.....	110
Tabela 43 - Soluções para Áreas de Risco Prioritárias.....	110
Tabela 44 - Premissas do Projeto – Prazos.....	124
Tabela 45 - Quantitativo de Pontos de IP ao longo da PPP para 25 anos.....	131
Tabela 46 - Valores Previstos de Investimentos Pré-Operacionais.....	133
Tabela 47 - Investimentos Civil, Mobiliário e Operacional.....	133
Tabela 48 - Valores unitários médios previstos de investimento para modernização.....	134
Tabela 49 - Valor das luminárias led por potência.....	135
Tabela 50 - Locação mensal com veículos operacionais – Equipe de Modernização.....	135
Tabela 51 - Salário por funcionário por tipo de veículo.....	136
Tabela 52 - Custos Mensais por Equipe para Modernização (R\$/Total).....	136
Tabela 53 - Premissas de dimensionamento de Equipes para Modernização.....	137
Tabela 54 - Valor unitário de investimento para Faixa de Pedestres.....	137
Tabela 55 - Valor unitário de investimento para Cicloviás.....	138
Tabela 56 - Resumo valores dos investimentos por projeto de Iluminação Destaque.....	139
Tabela 57 - Valor Médio unitário de implantação de pontos escuros.....	140
Tabela 58 - Valor unitário de investimento por Tipo de Expansão.....	141

Tabela 59 - Estimativa da quantidade de expansão por tipo	141
Tabela 60 - Valor Médio unitário de Implantação de um ponto de demanda reprimida	142
Tabela 61 - Valor Médio unitário de Implantação de um item de telegestão.....	143
Tabela 62 - Valor Médio unitário de Implantação de um ponto de videomonitoramento.....	143
Tabela 63 - Valor Médio unitário de Implantação de um ponto monitoramento ambiental	143
Tabela 64 - Valor unitário de investimento por Tipo de Equipamento	144
Tabela 65 - Estimativa da quantidade de expansão por tipo de equipamento	144
Tabela 66 - Valores de investimentos (CAPEX)	146
Tabela 67 - Custo mensal com equipe de manutenção.....	148
Tabela 68 - Custo mensal com frota – Equipe de Manutenção	148
Tabela 69 - Premissas dimensionamento Equipes para Manutenção	149
Tabela 70 - Premissas cálculo produtividade Equipe de Ronda.	149
Tabela 71 - Custo de aquisição de material de reposição - Iluminação.....	150
Tabela 72 - Custo de aquisição de materiais e serviços – Equipamentos de Cidade Inteligente	151
Tabela 73 - Custos operacionais da equipe administrativa.....	151
Tabela 74 - Escala de Folga dos Colaboradores de Uma Equipe	153
Tabela 75 - Escala Diária de Trabalho das Equipes de Manutenção	154
Tabela 76 - Custos operacionais da equipe de campo.	155
Tabela 77 - Custos Operacionais da Estrutura Administrativa - Despesas Gerais.....	156
Tabela 78 - Despesa com Verificador Independente.	157
Tabela 79 - Valores de custos e despesas (OPEX)	158
Tabela 80 - Adicional Bandeira Tarifária (sem impostos)	160
Tabela 81 - Histórico Bandeira Tarifária.....	161
Tabela 82 - Custo Anual de Energia Elétrica com IP	161

GLOSSÁRIO

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Arranjo de instalação: Forma como as luminárias são posicionadas na via (por exemplo: unilateral, bilateral ou em canteiro central).

Braço de luminária: Estrutura metálica fixada ao poste que sustenta a luminária e projeta a iluminação sobre a via.

Carga instalada (kW): Soma das potências de todas as luminárias do sistema. Não deve ser confundida com consumo de energia.

Cenário luminotécnico: Configuração de iluminação simulada em software para avaliar desempenho em diferentes condições.

Classe de iluminação (C e P): Categoria que define os níveis mínimos de iluminação para vias de veículos (C1 a C5) e pedestres (P1 a P6), de acordo com a NBR 5101.

Curva fotométrica: Representação técnica da distribuição da luz emitida por uma luminária em diferentes direções.

Demanda reprimida: Necessidade de iluminação existente em locais que ainda não possuem atendimento adequado.

Driver (fonte de alimentação de LED): Componente eletrônico responsável por controlar e fornecer energia adequada para o funcionamento da luminária LED.

Eficiência energética: Capacidade de um sistema realizar sua função consumindo menos energia.

Eficiência luminosa (lm/W): Relação entre a quantidade de luz emitida (lúmens) e a potência consumida (watts). Quanto maior, mais eficiente é a luminária.

Fator de manutenção: Parâmetro utilizado nos cálculos que considera a perda de desempenho da iluminação ao longo do tempo.

Fluxo luminoso (lm): Quantidade total de luz emitida por uma fonte luminosa.

Fluxo luminoso acima do plano horizontal: Porção da luz emitida para cima, considerada desperdício e associada à poluição luminosa.

Índice de Proteção (Índice IP): Classificação que indica o grau de proteção do equipamento contra poeira e água, por exemplo:

- IP66: totalmente protegido contra poeira e resistente a jatos d'água;
- IP68: totalmente vedado e resistente à submersão contínua.

Índice IK (resistência a impactos): Indica a resistência mecânica do equipamento contra choques físicos, por exemplo:

- IK10: alta resistência a impactos e vandalismo.

Índice de Reprodução de Cor (IRC): Mede a capacidade da luz de reproduzir fielmente as cores dos objetos (escala de 0 a 100).

Iluminância (lux): Quantidade de luz que incide sobre uma superfície.

Iluminância média (E_{med}): Valor médio de iluminação em determinada área.

Iluminância mínima (E_{min}): Menor valor de iluminação encontrado em uma área.

Incremento de limiar (TI): Parâmetro que mede o efeito do ofuscamento na visão, indicando a dificuldade de enxergar sob excesso de brilho.

Luminária LED: Equipamento de iluminação que utiliza diodos emissores de luz, com alta eficiência energética e longa vida útil.

Luminância: Quantidade de luz percebida pelo olho humano proveniente de uma superfície.

Manutenção preventiva: Ações realizadas para evitar falhas no sistema.

Manutenção corretiva: Ações realizadas para reparar falhas já ocorridas.

Ofuscamento: Efeito causado pelo excesso de luz que dificulta a visão e pode comprometer a segurança.

Parque de iluminação pública: Conjunto total de luminárias e infraestrutura de iluminação de um município.

Parâmetros luminotécnicos: Conjunto de indicadores que caracterizam a qualidade da iluminação (como iluminância, uniformidade e ofuscamento).

Ponto de iluminação pública: Unidade composta por luminária, suporte e conexão elétrica instalada em um local específico.

Pontos escuros: Locais com iluminação insuficiente ou inexistente que demandam adição de pontos de iluminação pública.

Poluição luminosa: Excesso de luz artificial ou iluminação mal direcionada, causando desperdício de energia e impactos ambientais.

Simulação luminotécnica: Processo de modelagem computacional utilizado para prever o desempenho da iluminação antes da implantação.

Temperatura de Cor Correlata (TCC): Característica da luz que define sua tonalidade, medida em Kelvin (K), em que:

- Valores menores apresentam luz mais amarelada;
- Valores maiores apresentam luz mais branca/azulada.

Telegestão: Sistema que permite o controle remoto e o monitoramento da rede de iluminação pública.

Uniformidade (Uo): Relação entre a iluminância mínima e a média, indicando a distribuição da luz na área.

Vias típicas: Agrupamento de ruas com características semelhantes (largura, postes, uso) para facilitar a análise e simulação da iluminação.

Vida útil (L70): Tempo estimado em que a luminária mantém pelo menos 70% do fluxo luminoso inicial.

1. INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta o Estudo de Engenharia destinado à estruturação da Parceria Público-Privada (PPP) de Iluminação Pública e Equipamentos de Cidades Inteligentes do Município de São Bento do Sul, contemplando os elementos técnicos de referência, bem como a estimativa dos investimentos necessários e dos custos operacionais associados.

O produto abrange os seguintes componentes:

- Modernização e Eficientização:
 - Projetos referenciais de engenharia com a descrição das soluções de engenharia e tecnologia adotadas.
 - Proposta para a expansão do parque de IP a fim de se atender à demanda reprimida, novas demandas, pontos escuros, incluindo proposição de mecanismo para gestão da expansão do parque.
- Iluminação Especial:
 - Proposta de projeto referencial de iluminação cênica para cada um dos bens públicos selecionados.
- Equipamentos de Cidade Inteligente:
 - Projetos referenciais de engenharia com a descrição das soluções de engenharia e tecnologia adotadas.
- Estudo de efficientização energética:
 - Apresentação dos resultados de redução do consumo de energia com a efficientização do parque de IP.
- Modelo de Operação:
 - Visão dos serviços a serem prestados pela Concessionária, incluindo o escopo de modernização e efficientização, equipamentos de Cidade Inteligente, iluminação especial, manutenção, entre outros.
- Modelo de Investimentos:
 - Premissas para cada linha de investimento (CAPEX) para execução dos serviços no escopo da PPP.
- Modelo de Custos e Despesas:
 - Premissas para cada linha de custo operacional (OPEX) para execução dos serviços no escopo da PPP.

Os estudos de engenharia foram elaborados em conformidade com a Lei nº 11.079/2004 (Lei de Parcerias Público-Privadas), com destaque para o disposto no artigo 10, que estabelece:

*§ 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.

Salienta-se, ademais, que os estudos e levantamentos ora apresentados consistem em documentos meramente indicativos com caráter referencial, sendo, destarte, de responsabilidade das Licitantes a realização de seus próprios estudos para formatação de suas respectivas Propostas, quando do procedimento licitatório.



2. MODERNIZAÇÃO E EFICIENTIZAÇÃO DO PARQUE DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA

Os serviços de modernização e efficientização têm por finalidade adequar a infraestrutura de iluminação pública existente aos parâmetros luminotécnicos mínimos estabelecidos pelas normas vigentes, contemplando, adicionalmente, a incorporação de soluções tecnológicas destinadas à melhoria do Índice de Reprodução de Cor (IRC) e à redução do consumo energético nos pontos objeto de intervenção.

Para o presente estudo, foram adotadas as seguintes definições:

- **Modernização:** consiste na atualização dos pontos de iluminação pública de modo a atender aos parâmetros luminotécnicos estabelecidos pela ABNT NBR 5101:2024, incluindo, para os pontos intervenientes, a obtenção de Índice de Reprodução de Cor (IRC) superior a 70.
- **Efficientização:** refere-se à implementação, nos pontos previamente modernizados, de soluções tecnológicas que promovam a redução da carga instalada e, conseqüentemente, do consumo energético do sistema de iluminação pública.

Ao longo deste tópico, são apresentadas as premissas e diretrizes adotadas para a projeção da rede futura de iluminação pública do município, considerando a implementação da Parceria Público-Privada (PPP). Dentre os principais resultados esperados, destaca-se a definição da meta de efficientização energética do sistema de iluminação pública, expressa pela redução da carga instalada decorrente da substituição das tecnologias atualmente empregadas por soluções mais eficientes, notadamente luminárias em tecnologia LED.

A diminuição do consumo de energia elétrica associada à rede de iluminação pública constitui premissa central para a sustentabilidade econômico-financeira do projeto, influenciando diretamente a modelagem da contraprestação e a atratividade da concessão.

Ressalta-se que as premissas, critérios e demais informações apresentados neste relatório, tanto sob a ótica de engenharia quanto em outros aspectos, possuem caráter referencial e não vinculante, devendo servir como base para o desenvolvimento dos projetos executivos de modernização e efficientização a serem elaborados pela futura concessionária.

2.1. Premissas Gerais da Rede de Iluminação Pública

Esta seção apresenta uma caracterização geral da rede de iluminação pública do Município de São Bento do Sul, cujos aspectos foram detalhadamente analisados no Relatório de Diagnóstico Técnico-Operacional. As informações aqui consolidadas têm como principais fontes o cadastro de iluminação pública disponibilizado pela administração municipal e os levantamentos realizados em campo.

Com base nesses insumos, são estabelecidas as premissas gerais que fundamentam as simulações e o desenvolvimento do projeto de engenharia, as quais são apresentadas ao longo deste item.

Tabela 1 - Premissas Gerais

Premissa	Valor
Quantidade Total de Pontos de IP	14.843
Quantidade de Pontos de IP em Vias C1/C2/C3	2.205
Quantidade de Pontos de IP em Outras Vias	12.369
Carga Média Atual por Ponto de IP	102,57 W
Carga Total (kW)	1.711,03 kW

Fonte: Cadastro de IP e trabalho de vistorias em campo.

Com relação à distribuição dos pontos de iluminação pública segundo a classe de iluminação para vias de veículos informada pelo município, os resultados das vistorias em campo apresentaram a seguinte proporção:

Tabela 2 - Distribuição de classes de iluminação para vias veiculares

Classe de Iluminação	%
C1	2,29%
C2	6,60%
C3	6,37%
C4	6,82%
C5	77,91%
Total	100,00%

Fonte: Classificação viária definida pelo município aplicada ao cadastro de IP

Outro resultado decorrente dos levantamentos de campo foi a avaliação do desempenho atual da rede de iluminação pública em relação aos critérios estabelecidos na ABNT NBR 5101:2024, norma amplamente adotada no Brasil para verificação de parâmetros luminotécnicos.

Os resultados indicam que parcela significativa do parque instalado encontra-se defasada quanto ao atendimento aos requisitos normativos vigentes. Nesse contexto, as soluções a serem propostas para o cenário futuro deverão contemplar intervenções que corrijam tais inadequações. Ressalta-se que, na hipótese de manutenção das tecnologias atualmente utilizadas, seria necessário adotar níveis luminotécnicos mais elevados para que todas as vias atinjam os parâmetros mínimos exigidos pela norma.

No que se refere ao atendimento dos requisitos de iluminância e uniformidade, considerando as diferentes classes de vias destinadas ao tráfego de veículos e pedestres, os resultados apurados são apresentados na tabela a seguir:

Tabela 3 - Atendimento aos requisitos de iluminância e uniformidade

Atendimento à NBR 5101	Via de Veículos	Via de Pedestres	Geral (Veículos + Pedestres)
Atende à Norma¹	29,41%	53,33%	29,41%
Não atende:	70,59%	46,67%	70,59%
Apenas Iluminância	5,88%	13,33%	5,88%
Apenas Uniformidade	0,00%	0,00%	0,00%
Não atende Iluminância e Uniformidade	64,71%	33,33%	64,71%

Fonte: Elaboração KMR

2.2. Software para Simulação

Para a definição da solução mais adequada de modernização e efficientização da rede de iluminação pública do município, faz-se necessária a utilização de software de simulação luminotécnica, com o objetivo de assegurar a conformidade com os principais parâmetros estabelecidos pela ABNT NBR 5101:2024.

Nesse contexto, foi adotado o software DIALux para a realização dos estudos e simulações associados às intervenções propostas no parque de iluminação pública. Trata-se de uma das plataformas de simulação luminotécnica mais amplamente utilizadas em nível internacional, disponível em diversos idiomas e com base consolidada de mais de 750.000 usuários².

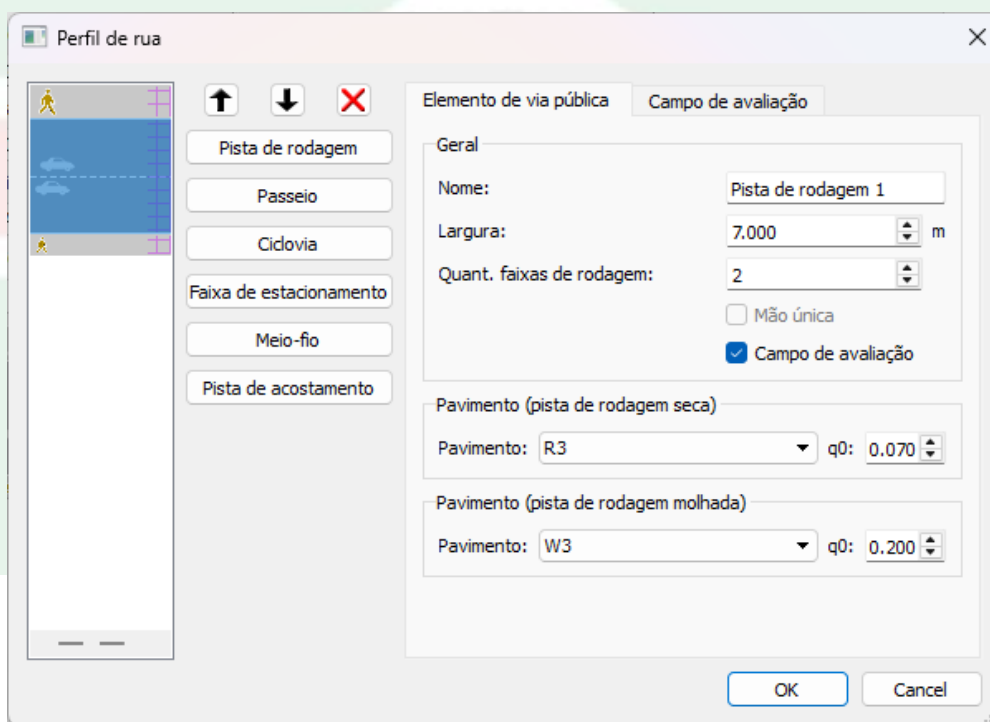
¹ Atende Iluminância e Uniformidade.

² <https://www.dialux.com/en-GB/>

O DIALux permite a modelagem de diferentes cenários operacionais, a partir da parametrização das características geométricas e funcionais das vias — incluindo pistas de rolamento, passeios e mobiliário urbano —, bem como dos parâmetros de instalação dos pontos de iluminação pública, tais como espaçamento entre postes, altura de montagem das luminárias e disposição geométrica.

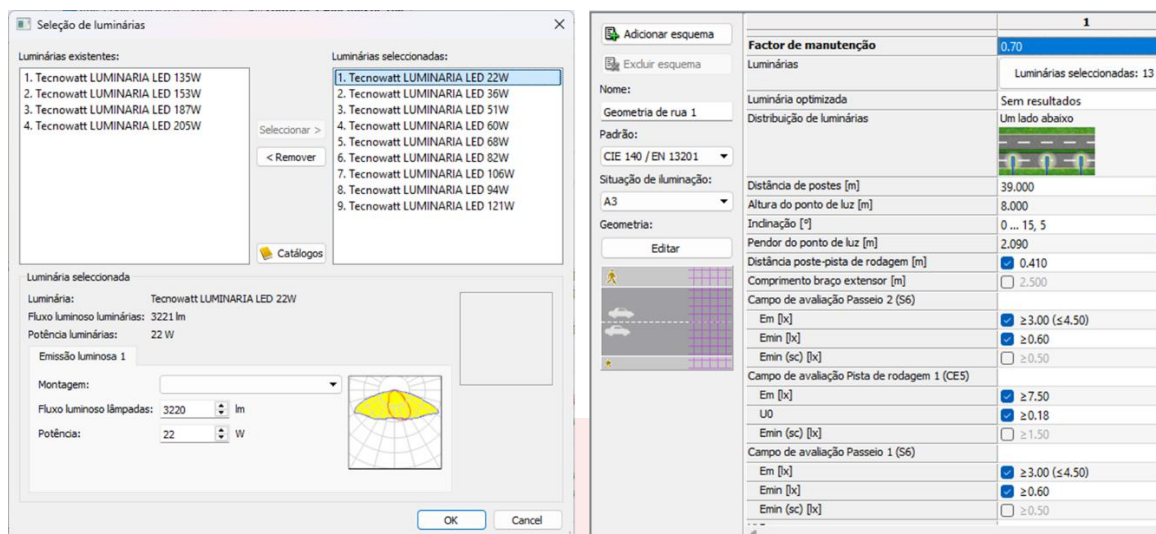
Adicionalmente, o sistema viabiliza a incorporação de bases de dados contendo curvas fotométricas de luminárias LED, com diferentes especificações técnicas, incluindo potência, eficiência luminosa e distribuição espacial do fluxo luminoso. A partir dessas informações, o software gera os principais indicadores de desempenho luminotécnico para cada cenário simulado, tais como a iluminância média (E_m), a uniformidade (U_o) e demais parâmetros exigidos pela regulamentação aplicável.

Figura 1 - Características das vias e calçadas incluídas no DIALux



Fonte: Dialux, elaboração KMR.

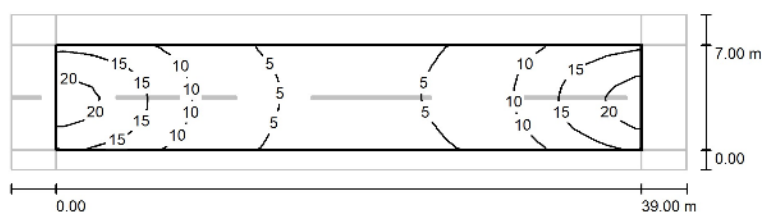
Figura 2 - Características dos parâmetros de montagem incluídas no Dialux



Fonte: Dialux, elaboração KMR.

Figura 3 - Exemplo de resultado do Dialux

Via Típica 65 / Campo de avaliação Pista de rodagem 1 / Linhas isográficas (E)



Valores em Lux, Escala 1 : 322

Grêla: 17 x 10 Pontos

E_m [lx]
9.75

E_{min} [lx]
3.11

E_{max} [lx]
22

E_{min} / E_m
0.319

E_{min} / E_{max}
0.142

Fonte: Dialux, elaboração KMR.

2.3. Diretrizes Gerais para Modernização e Eficientização

A adoção de luminárias com tecnologia LED tem se consolidado como prática predominante nos parques de iluminação pública no Brasil, em função das vantagens técnicas e operacionais em relação às tecnologias convencionais,

como vapor de sódio e vapor metálico. Embora requeira maior investimento inicial, essa solução proporciona benefícios relevantes, tais como maior vida útil dos equipamentos, redução do impacto ambiental — em razão da ausência de mercúrio e da diminuição do consumo de energia elétrica —, maior eficiência luminosa (lm/W), melhor desempenho no Índice de Reprodução de Cor (IRC) e menor incidência de poluição luminosa.

Alinhados a essa tendência e considerando os ganhos associados sob as perspectivas técnico-operacional e econômico-financeira, os Estudos de Engenharia estabelecem como diretriz a implementação de luminárias LED no processo de modernização da rede de iluminação pública do município.

2.3.1. Requisitos da Portaria INMETRO

A Portaria nº 62 do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), que substitui e revoga a Portaria nº 20, estabelece os requisitos técnicos de qualidade e os critérios de avaliação da conformidade aplicáveis às luminárias destinadas à iluminação pública viária, categoria na qual se inserem as luminárias LED consideradas neste Estudo de Engenharia.

Referida regulamentação define requisitos mínimos de desempenho para esses equipamentos, dentre os quais destacam-se:

- ✓ Eficiência energética igual ou superior a 100 lm/W para enquadramento na Classe A;
- ✓ Vida útil mínima de 50.000 horas, considerando a manutenção de 70% do fluxo luminoso (L70).

Ressalta-se, contudo, que a Portaria nº 20, que deu origem ao conteúdo normativo posteriormente consolidado na Portaria nº 62, foi publicada em 17 de fevereiro de 2017. Em razão da evolução tecnológica observada no mercado de luminárias LED nos últimos anos, tais parâmetros não refletem integralmente os níveis de desempenho atualmente disponíveis.

Nesse contexto, as exigências estabelecidas para o projeto de PPP não se restringem aos limites mínimos definidos pelo INMETRO, incorporando critérios mais restritivos e atualizados, alinhados a referenciais como o Selo PROCEL, que estabelece padrões superiores de eficiência energética e desempenho operacional.

Assim, para fins deste Estudo de Engenharia, e considerando a disponibilidade de soluções amplamente ofertadas no mercado em conformidade com tais padrões, foram adotadas as seguintes especificações mínimas:

- ✓ eficiência energética igual ou superior a 170 lm/W;
- ✓ vida útil mínima de 100.000 horas.

2.3.2. Selo PROCEL

O Selo PROCEL de Economia de Energia constitui iniciativa do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), com o objetivo de identificar e promover equipamentos que apresentem elevados níveis de eficiência energética, induzindo o mercado à adoção de soluções tecnologicamente superiores sob a perspectiva do consumo de energia.

No âmbito das luminárias LED destinadas à iluminação pública, a obtenção do Selo PROCEL está condicionada ao atendimento de critérios técnicos específicos, devidamente comprovados por meio de relatórios de ensaio emitidos por laboratórios acreditados e indicados pelo programa. Adicionalmente, é exigida a apresentação do Certificado de Conformidade do produto, em conformidade com os requisitos estabelecidos na Portaria nº 62 do INMETRO, de 17 de fevereiro de 2022. Assim, a concessão do Selo PROCEL está intrinsecamente vinculada à prévia certificação da luminária pelo INMETRO.

Em termos de desempenho, as luminárias LED elegíveis ao Selo PROCEL devem atender, no mínimo, aos seguintes requisitos técnicos:

- eficiência energética declarada e verificada superior a 170 lm/W;
- fluxo luminoso inicial mínimo correspondente a 95% do fluxo nominal declarado pelo fabricante;
- potência total medida com variação máxima de $\pm 10\%$ em relação ao valor nominal informado;
- temperatura de cor correlata (TCC) nominal compreendida entre 2.700 K e 5.000 K.

Tais critérios refletem padrões mais rigorosos de qualidade e eficiência, sendo amplamente utilizados como referência para a especificação técnica de projetos de iluminação pública de elevado desempenho.

2.3.3. Índice de Reprodução de Cor (IRC)

O Índice de Reprodução de Cores (IRC) é um parâmetro que varia em uma escala de 0 a 100 e mede a capacidade de uma fonte luminosa artificial de reproduzir, com fidelidade, as cores de objetos e ambientes, em comparação com uma fonte de luz de referência. A luz solar, por apresentar a reprodução

cromática mais próxima do ideal, é adotada como padrão, correspondendo ao valor máximo da escala (IRC = 100).

Dessa forma, valores mais elevados de IRC indicam maior qualidade na percepção visual das cores, contribuindo para a melhoria da visibilidade e da identificação de elementos no espaço iluminado.

Nos termos da Portaria nº 62 do INMETRO, especificamente no item 4.2.7, as luminárias destinadas à iluminação pública devem assegurar a reprodução adequada das cores reais de objetos e superfícies quando comparadas à luz natural. Para tanto, o item 4.2.7.1 estabelece como recomendação a adoção de luminárias com IRC igual ou superior a 70.

Em consonância com esse requisito, o Selo PROCEL também estabelece, como critério mínimo para certificação, a utilização de equipamentos com IRC superior a 70.

Diante desse referencial normativo, o Estudo de Engenharia adotou como premissa a especificação de luminárias LED com IRC superior a 70, de modo a garantir níveis adequados de qualidade luminosa, favorecendo a percepção visual do ambiente urbano e a fiel reprodução das cores nos espaços públicos iluminados.

Figura 4 - Visualização dos diferentes níveis para o IRC



Fonte: Índice de Reprodução de Cor (IRC) - Você Sabe O que é ? - Ca2 Consultores

2.3.4. Temperatura de Cor Correlata (TCC)

A Temperatura de Cor Correlata (TCC), também chamada de temperatura de cor ou temperatura aparente da cor, é uma grandeza luminotécnica, expressa em Kelvin (K), que caracteriza a tonalidade da luz emitida por uma fonte luminosa. Em termos práticos, valores mais elevados de TCC correspondem a tonalidades mais frias (branco azulado), enquanto valores mais baixos indicam tonalidades mais quentes (branco amarelado).

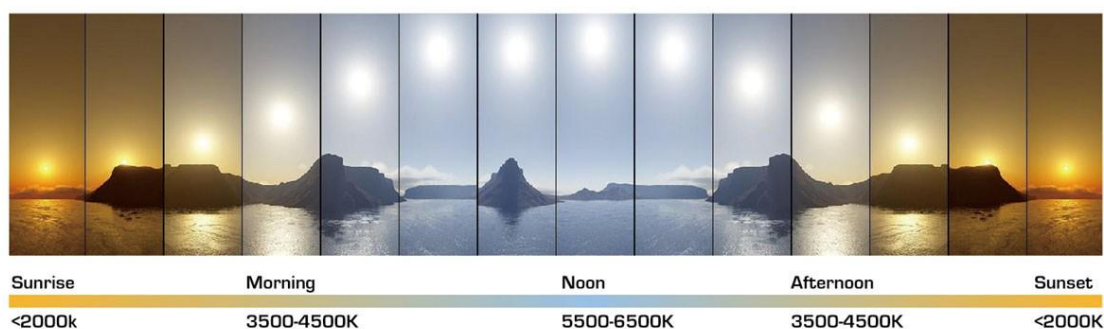
Para fins deste estudo, foram avaliadas soluções com TCC nas faixas de 3.000 K e 4.000 K, situando-se, portanto, abaixo da denominada “luz branca natural”, usualmente associada à iluminação solar em condições de céu aberto ao meio-dia, cuja TCC é tipicamente superior a 5.000 K.

Como diretriz de projeto, recomenda-se a adoção de luminárias com TCC de aproximadamente 3.000 K em vias de médio e baixo fluxo, majoritariamente classificadas como vias locais, e de 4.000 K em vias de maior hierarquia viária e volume de tráfego (classes C1, C2 e C3), de modo a equilibrar desempenho visual e conforto para os usuários.

Especificamente para o Município de São Bento do Sul, recomenda-se ainda, que nas áreas inseridas na Área de Proteção Ambiental (APA) Rio Vermelho/Humboldt sejam adotadas luminárias com TCC máxima de 2.700 K. Tal medida configura-se como diretriz preventiva relevante, contribuindo para a mitigação da poluição luminosa e para a redução de impactos sobre a fauna, a flora e os ciclos naturais, em consonância com as diretrizes do plano de manejo da unidade de conservação.

Cabe destacar que normativas e boas práticas internacionais têm evoluído no sentido de recomendar a utilização de luminárias com TCC igual ou inferior a 3.000 K em iluminação pública. Essa orientação fundamenta-se, principalmente, em dois aspectos: (i) a mitigação de potenciais impactos à saúde da população, especialmente relacionados aos ritmos circadianos; e (ii) a melhoria da percepção de conforto ambiental, favorecendo a apropriação dos espaços públicos e contribuindo, indiretamente, para a sensação de segurança urbana.

Figura 5 - Visualização dos diferentes níveis para a TCC



Fonte: [O que é a temperatura da cor? - Instaarts.](#)

2.3.5. Poluição Luminosa

De acordo com a ABNT NBR 5101:2024, a poluição luminosa pode ser definida como o desperdício de energia decorrente da utilização de luminárias e sistemas de iluminação inadequadamente projetados, especificados ou instalados. Nesse contexto, a concepção do sistema de iluminação pública deve incorporar diretrizes voltadas à minimização dos efeitos adversos associados à emissão descontrolada de luz, bem como à mitigação de impactos ambientais.

Projetos superdimensionados ou que não contemplem o adequado controle da distribuição do fluxo luminoso tendem a resultar em iluminação ineficiente e mal direcionada, podendo ocasionar prejuízos ao conforto visual dos usuários dos espaços públicos e das edificações adjacentes. Adicionalmente, tais condições podem comprometer a observação do céu noturno, com implicações para estudos astronômicos, e gerar impactos sobre a fauna e a flora urbanas, especialmente em função da alteração de ciclos naturais.

Como diretriz técnica, recomenda-se a adoção de soluções luminotécnicas que limitem a emissão de fluxo luminoso acima do plano horizontal, em conformidade com as curvas fotométricas especificadas, de modo a assegurar a adequada direcionalidade da iluminação e a compatibilidade com as condicionantes ambientais do entorno. Essa abordagem prioriza o conforto visual dos usuários e a eficiência na utilização da energia elétrica.

A Figura 6, a seguir, ilustra os diferentes níveis de controle do fluxo luminoso em luminárias e seus respectivos impactos na poluição luminosa do entorno.

Figura 6 - Níveis de controle do fluxo luminoso e poluição luminosa

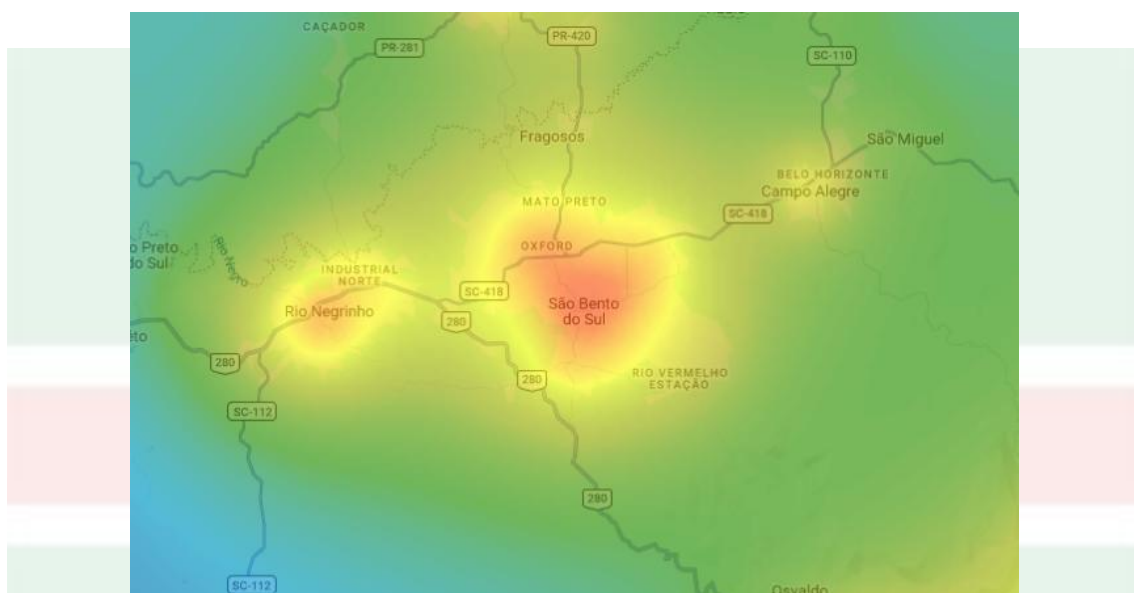


Fonte: [What is light pollution? | DarkSky International.](#)

Cabe destacar que luminárias associadas a tecnologias convencionais (como vapor de sódio e vapor metálico) apresentam menor controle sobre a distribuição do fluxo luminoso. Em contraste, a utilização de luminárias LED possibilita maior precisão no direcionamento da luz, permitindo iluminar exclusivamente as áreas de interesse e contribuindo, de forma significativa, para a redução da poluição luminosa.

Na Figura 7, a seguir, são apresentados os níveis de poluição luminosa observados no município:

Figura 7 - Mapeamento da poluição luminosa no Município



Fonte: www.lightpollutionmap.info.

2.3.6. Informações obtidas no trabalho de campo

Os parâmetros adotados para as simulações luminotécnicas fundamentam-se em múltiplas fontes de informação, incluindo o cadastro de iluminação pública disponibilizado pelo município, o inventário da distribuidora de energia, bem como os dados coletados por meio das vistorias de campo, conforme descrito no item 2.1.

De acordo com o Relatório de Diagnóstico Técnico-Operacional, o trabalho de campo foi conduzido a partir de uma amostra de pontos de iluminação pública selecionada de forma aleatória, em conformidade com as diretrizes da ABNT NBR 5426. Essa metodologia assegura a representatividade estatística da amostra em relação ao universo total do parque de iluminação pública,

permitindo a extrapolação dos resultados obtidos para o conjunto do sistema municipal.

As vistorias realizadas possibilitaram a caracterização das condições geométricas das vias e dos parâmetros de instalação dos pontos de iluminação pública, insumos essenciais para o desenvolvimento dos modelos de simulação no software DIALux.

Nesse contexto, os parâmetros adotados foram classificados em duas categorias, conforme sua flexibilidade de ajuste:

Parâmetros fixos — aqueles cuja modificação é inviável ou envolve elevados custos e complexidade operacional:

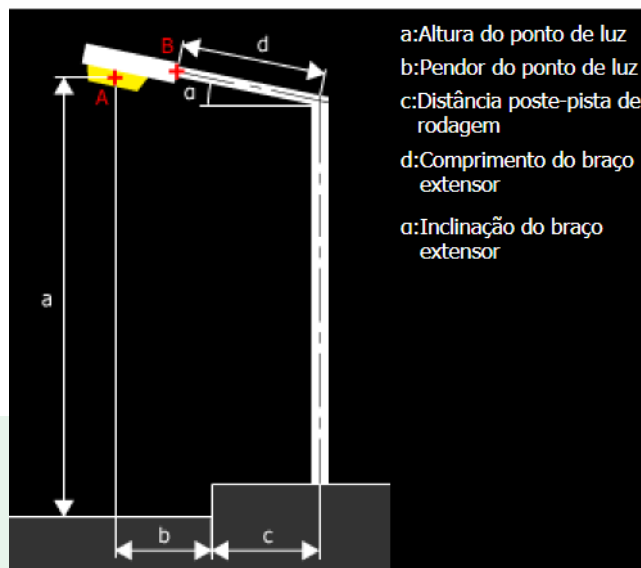
- tipo de posteação;
- espaçamento entre postes;
- largura da via;
- largura de calçadas;
- classe de iluminação para veículos (conforme ABNT NBR 5101:2024);
- classe de iluminação para pedestres (conforme ABNT NBR 5101:2024).

Parâmetros variáveis — aqueles passíveis de ajuste técnico com menor impacto econômico:

- altura de montagem da luminária;
- comprimento do braço de fixação;
- curvas fotométricas das luminárias LED.

Os parâmetros levantados em campo foram utilizados como base para a configuração dos cenários simulados no DIALux, conforme ilustrado a seguir:

Figura 8 - Parâmetros Dialux



Fonte: Dialux.

2.3.7. Curvas Fotométricas

As curvas fotométricas representam a distribuição espacial da intensidade luminosa de uma fonte em diferentes direções, constituindo elemento fundamental para a análise do desempenho luminotécnico de sistemas de iluminação. Cada luminária possui uma assinatura fotométrica própria, resultante da combinação entre a fonte luminosa, o conjunto óptico e a geometria do equipamento, o que influencia diretamente a distribuição do fluxo luminoso, sua intensidade e direcionalidade.

Nesse contexto, as curvas fotométricas exercem impacto direto sobre os principais indicadores luminotécnicos, tais como iluminância e uniformidade, sendo determinantes para a avaliação do desempenho dos cenários simulados.

Considerando que tais curvas variam conforme fabricante, modelo, potência e configuração óptica (incluindo o arranjo de lentes), foram utilizadas, no âmbito deste Estudo de Engenharia, bases de dados fornecidas por fabricantes representativos do mercado de luminárias LED, assegurando a aderência das simulações a soluções efetivamente disponíveis.

Os resultados obtidos nas simulações são também influenciados pelo fator de manutenção das fontes luminosas, que reflete a depreciação do desempenho ao longo do tempo. Esse parâmetro, informado pelos fabricantes, expressa a relação entre o fluxo luminoso ao longo da vida útil e o fluxo inicial da luminária. Sua consideração é essencial para garantir que os níveis de

iluminância e uniformidade permaneçam adequados ao longo de todo o ciclo de vida do sistema.

Em consonância com esse entendimento, a ABNT NBR 5101:2024 estabelece, em seu item 5.5.2:

“5.5.2 A fim de manter estes valores recomendados de iluminância, devem ser adotados esquemas de manutenção que estejam pelo menos iguais aos assumidos no projeto de instalação da iluminação. A eficiência das lâmpadas na data de substituição pode ser determinada pelos dados publicados pelos fabricantes.”

2.3.8. Norma ABNT NBR 5101:2024

Conforme detalhado no Relatório de Diagnóstico Técnico-Operacional, a ABNT NBR 5101:2024 estabelece os critérios normativos vigentes para a iluminação de vias públicas, definindo requisitos mínimos destinados a garantir condições adequadas de segurança e visibilidade para o tráfego de veículos e pedestres.

Os principais parâmetros luminotécnicos considerados pela norma compreendem:

- **Iluminância média mínima (Em):** representa o fluxo luminoso incidente por unidade de área, expresso em lux (lx). Esse indicador é obtido a partir da média aritmética das medições realizadas em plano horizontal no trecho compreendido entre dois pontos consecutivos de iluminação.
- **Fator de uniformidade (Uo):** reflete a distribuição espacial da iluminação, sendo determinado pela razão entre os valores mínimo e médio de iluminância medidos no mesmo plano de análise. Esse parâmetro é essencial para assegurar homogeneidade na iluminação e evitar contrastes excessivos.
- **Incremento de limiar (TI):** quantifica o efeito do ofuscamento desabilitador sobre a percepção visual, indicando o aumento percentual de contraste necessário para que um objeto permaneça visível na presença de uma fonte ofusca. Esse índice é calculado com base na relação de luminância entre o objeto observado e o pavimento da via, sendo determinante para a avaliação das condições de visibilidade em cenários adversos.

Para o desenvolvimento dos estudos de engenharia e a realização das simulações luminotécnicas, foram adotados os requisitos estabelecidos pela norma para as diferentes classes de vias, considerando tanto a iluminação de tráfego veicular (classes C) quanto a iluminação voltada à circulação de pedestres (classes P), conforme detalhado a seguir:

Tabela 4 - Requisitos de iluminância média mínima e uniformidade para cada classe de iluminação de vias de veículos

Classe de iluminação	Iluminância		Incremento de Limiar
	Iluminância média mínima Emed (lux) ≥	Fator de uniformidade mínimo U = Emin/Emed ≥	Ti (%) ≤
C0	50	0,38	14
C1	30	0,38	14
C2	20	0,28	14
C3	15	0,18	15
C4	10	0,18	16
C5	7,5	0,18	16

Fonte: ABNT NBR-5101:2024

Tabela 5 - Requisitos de iluminância média e mínima para cada classe de iluminação de vias de pedestres

Classe de iluminação	Iluminância horizontal média	Iluminância horizontal mínima	Em caso de necessidades adicionais para reconhecimento facial:
	Emed (lux) ≥	Emin (lux) ≥	Iluminância vertical mínima Emin (lx) ≥
P1	20	4	6
P2	15	3	5
P3	10	2	3
P4	7,5	1,5	2,5
P5	5	1	1,5
P6	3	0,6	1

2.4. Resultados das Simulações Luminotécnicas

2.4.1. Simulações - Vias típicas

Considerando a heterogeneidade das vias do município, adotou-se a metodologia de configuração por *vias típicas*, com o objetivo de padronizar atributos relevantes e viabilizar a aplicação sistemática dos cálculos luminotécnicos, em conformidade com a ABNT NBR 5101:2024.

Essa abordagem consiste na segmentação das vias em grupos homogêneos, definidos a partir de sua hierarquia funcional, características geométricas e arranjos construtivos dos sistemas de iluminação, fatores que influenciam diretamente o dimensionamento das soluções técnicas.

Dentre os parâmetros considerados na classificação, destacam-se como variáveis estruturantes:

- **Largura da via:** classificada a partir de 5,9 m, com incrementos de 1,0 m, até o limite de 9,0 m;
- **Espaçamento entre postes:** definido a partir de 34 m, com incrementos médios de 4,0 m, até o limite de 49,0 m, além de outras configurações específicas apresentadas na tabela subsequente.

Com base nas premissas e diretrizes previamente estabelecidas, foram definidas 280 configurações de vias típicas. Para cada uma delas, foram realizadas simulações no software DIALux, considerando distintas curvas fotométricas fornecidas por três fabricantes representativos do mercado de luminárias LED, abrangendo diferentes faixas de potência e especificações técnicas. As vias típicas encontram-se detalhadas no Anexo I deste relatório.

Como resultado do Estudo de Engenharia, busca-se estabelecer uma análise comparativa entre a condição atual e a configuração projetada para o sistema de iluminação pública, assegurando o atendimento aos requisitos de iluminância e uniformidade definidos para as classes de iluminação de veículos (C) e pedestres (P), com o menor nível de potência instalada possível. Ressalta-se que, em função das características específicas do parque existente, as soluções adotadas para cada cenário implicarão impactos distintos tanto sob a ótica técnica — especialmente no que se refere à meta de efficientização energética — quanto sob a ótica econômico-financeira, refletindo-se nos investimentos necessários e nos custos operacionais associados.

Para fins de dimensionamento das soluções, adotou-se uma metodologia incremental, estruturada em três níveis de intervenção:

1ª abordagem – Substituição de luminárias

Avalia-se, inicialmente, a possibilidade de atendimento integral aos requisitos normativos por meio da substituição direta das luminárias existentes, incluindo lâmpadas e componentes associados. Nesses casos, prioriza-se a seleção de luminárias LED com a menor potência nominal capaz de atender aos parâmetros estabelecidos.

2ª abordagem – Ajustes na estrutura de instalação

Caso a substituição simples não seja suficiente, são analisadas intervenções complementares, incluindo a substituição ou adequação dos braços de iluminação pública e/ou ajustes na altura de montagem das luminárias. Essas medidas visam otimizar a distribuição do fluxo luminoso e adequar os níveis de iluminância e uniformidade aos critérios normativos.

3ª abordagem – Reconfiguração da rede com adição de novos pontos

Nos casos em que as alternativas anteriores não se mostram adequadas, são consideradas intervenções estruturais na rede, incluindo: (i) redefinição do espaçamento entre os postes existentes; ou (ii) readequação da sua distribuição ao longo da via. Como referência, pode ser prevista a instalação de novos pontos exclusivos de iluminação pública, incluindo poste e luminária, com o objetivo de eliminar áreas de baixa iluminância ou baixa uniformidade, comumente denominadas de “zebramento”.

Essa estratégia visa reduzir os vãos excessivos entre pontos de luz, melhorar a uniformidade do sistema e assegurar a conformidade com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 5101:2024. A partir das novas configurações adotadas, são realizadas simulações adicionais para definição das luminárias LED de menor potência capazes de atender aos parâmetros luminotécnicos aplicáveis, conforme a classe da via.

2.4.2. Resultados das Simulações

As tabelas apresentadas a seguir sintetizam os principais resultados obtidos nas simulações luminotécnicas realizadas para o parque de iluminação pública de São Bento do Sul, considerando-se a média dos desempenhos associados aos fornecedores de luminárias LED analisados.

O detalhamento das premissas, parâmetros e condições adotadas na modelagem das simulações encontra-se disponível no Anexo I – Informações do Trabalho de Campo.

Na sequência, apresenta-se a consolidação dos resultados referentes à amostra analisada, incluindo os percentuais de eficiência energética, a potência média projetada para o parque modernizado e os ganhos estimados decorrentes das intervenções propostas.

Tabela 6 – Resultados de engenharia

Resultado	Carga Média por ponto (W)	Meta de Eficiência (%) ³
Cadastro de IP	102,09 W	-
Fornecedor A	57,60 W	43,58%
Fornecedor B	44,75 W	56,17%
Fornecedor C	42,73 W	58,14%
Média Fornecedores	48,36 W	52,63%

Fonte: Elaboração KMR.

Ressalta-se que os pontos de iluminação pública previstos para expansão, decorrentes de crescimento vegetativo e atendimento à demanda reprimida, não foram considerados no cálculo do percentual de eficiência energética. Tal exclusão justifica-se pelo caráter variável dessas demandas, cuja implementação não ocorre necessariamente de forma periódica ou integral em relação às estimativas projetadas. Adicionalmente, a potência das luminárias a serem instaladas nesses casos pode variar conforme as características específicas e a classificação das vias atendidas.

Não obstante, com o objetivo de assegurar a uniformidade de desempenho do sistema, estabelece-se que as novas luminárias a serem incorporadas à rede apresentem eficiência energética mínima de 170 lúmens/Watt. Ademais, esses equipamentos deverão atender aos requisitos de iluminância e uniformidade definidos para as respectivas classes de iluminação, tanto de vias veiculares quanto de circulação de pedestres, em conformidade com a ABNT NBR 5101:2024.

Para a realização das simulações, a quantidade de pontos de iluminação representados abrange todo o parque atual, com exceção das áreas verdes e áreas privadas, correspondendo, respectivamente, a 269 e 694 pontos, totalizando 963 pontos excluídos. Foram igualmente considerados os pontos de carência, que somam 126 pontos. O total de pontos representados nas simulações foi de 13.880, obtido a partir do seguinte racional: 14.717 pontos constantes no cadastro, acrescidos dos 126 pontos de carência e,

³ Eficiência calculada utilizando as informações da amostra, já considerando os pontos a serem implantados para corrigir “áreas escuras”.

subsequentemente, deduzidos os 963 pontos supracitados, resultando no total de 13.880 pontos.

Com base nos resultados médios das simulações luminotécnicas obtidos a partir dos fornecedores avaliados, a tabela a seguir apresenta a composição projetada da rede de iluminação pública modernizada, segmentada por faixas de potência das luminárias instaladas, para o conjunto de soluções consideradas.

Tabela 7 – Quantidade de luminárias por faixa de potência

Faixa de Potência (W)	Fornecedor A	Fornecedor B	Fornecedor C	Média Fornecedores
Até 30W	87	2.690	0	926
31 W a 50 W	3.671	8.600	11.613	7.961
51 W a 67 W	7.392	140	1.481	3.004
68 W a 97 W	1.965	1.976	732	1.558
98 W a 137 W	733	442	54	410
138 W a 180 W	32	32	0	21
Total	13.880	13.880	13.880	13.880

Fonte: Elaboração KMR.

Com o objetivo de maximizar o nível de efficientização energética do parque de iluminação pública projetado, foi considerada, no âmbito da análise de engenharia, a possibilidade de ajuste de parâmetros de montagem classificados como variáveis, notadamente a altura de instalação da luminária e o comprimento do braço de fixação.

Especificamente, avaliou-se a substituição dos braços existentes por soluções com projeção de até 4,0 metros, bem como a adequação da altura de montagem das luminárias, com variação máxima de $\pm 0,5$ metro. Tais ajustes foram aplicados exclusivamente nos casos em que resultaram na redução da potência requerida para as luminárias LED, em comparação com o cenário sem modificação desses parâmetros.

Os resultados associados à variação dos parâmetros de montagem considerados neste Estudo de Engenharia são apresentados nas tabelas a seguir:

Tabela 8 – Resultados de engenharia da Rede de IP do município (substituição braço IP)

Fornecedor	Com substituição	Sem substituição	Vias Principais (C1, C2, C3)	Outras Vias (C4, C5)
Fornecedor A	3.959	9.921	544	3.415
Fornecedor B	2.932	10.948	754	2.178

Fornecedor	Com substituição	Sem substituição	Vias Principais (C1, C2, C3)	Outras Vias (C4, C5)
Fornecedor C	1.040	12.840	428	612
Média Fornecedores	2.644	11.236	575	2.068

Fonte: Elaboração KMR.

Além da necessidade de adequação dos braços para atendimento aos requisitos das simulações luminotécnicas, observa-se que parte significativa dos braços atualmente instalados no parque de iluminação pública de São Bento do Sul não apresenta condições estruturais compatíveis com o suporte de luminárias LED. Tal limitação decorre, principalmente, da predominância de luminárias do tipo aberta no sistema existente, conforme evidenciado no Diagnóstico Técnico-Operacional.

Nesse contexto, visando a adoção de soluções alinhadas às boas práticas de engenharia e à garantia de desempenho adequado do sistema, estima-se a necessidade de substituição de aproximadamente 76,90% dos braços de iluminação pública. Essa intervenção mostra-se tecnicamente recomendável e economicamente justificável, uma vez que o custo de substituição dos braços é inferior ao de alternativas estruturais mais complexas e, adicionalmente, viabiliza a utilização de luminárias de menor potência.

Como consequência, a medida contribui para a redução dos investimentos em equipamentos e para a otimização dos custos operacionais associados ao consumo de energia elétrica ao longo do período da concessão, reforçando a economicidade da solução proposta.

Tabela 9 – Resultados de engenharia da Rede de IP do município (altura de montagem)

Fornecedor	Com alteração	Sem alteração	Vias Principais (C1, C2, C3)	Outras Vias (C4, C5)
Fornecedor A	5.402	8.478	551	4.851
Fornecedor B	5.304	8.576	1.104	4.200
Fornecedor C	2.975	10.905	667	2.308
Média Fornecedores	4.560	9.320	774	3.786

Fonte: Elaboração KMR.

Somados aos ajustes de parâmetros de montagem previamente descritos, o Estudo de Engenharia também contempla cenários nos quais se verifica a necessidade de implantação de novos pontos de iluminação pública em vias já atendidas pelo sistema. Essa necessidade decorre, principalmente, da inadequação dos parâmetros existentes para atendimento aos requisitos da ABNT NBR 5101:2024, em especial em situações caracterizadas por espaçamentos excessivos entre postes e por maiores exigências de

iluminância e uniformidade associadas a determinadas classes viárias e de circulação de pedestres.

Nesses casos, prevê-se a implantação de novos pontos de iluminação pública sob responsabilidade da futura concessionária, incluindo a instalação de postes dedicados, com o objetivo de reconfigurar a distribuição espacial do sistema e assegurar o atendimento aos critérios normativos.

A partir das simulações luminotécnicas realizadas, foi possível estimar a demanda por novos pontos de iluminação necessários à eliminação de áreas com baixos níveis de iluminância ou uniformidade, denominadas “pontos escuros”. Essa estimativa foi obtida por meio da extrapolação dos resultados verificados na amostra analisada no trabalho de campo para o conjunto do parque de iluminação pública do município.

Tabela 10 – Previsão de novos pontos para atendimento a áreas escuras

Fornecedor	Novos Pontos	Vias Principais (C1, C2, C3)	Outras Vias (C4, C5)
Fornecedor A	1.312	674	638
Fornecedor B	3.560	909	2.651
Fornecedor C	2.988	1.142	1.846
Otimizado	991	620	371
Melhor Resultado	991	620	371

Fonte: Elaboração KMR

Ainda que o Fornecedor A tenha apresentado o melhor resultado global quanto à menor necessidade de implantação de novos pontos de iluminação pública para eliminação de pontos escuros, esse desempenho não se mostrou suficientemente representativo quando comparado aos resultados obtidos pelos demais fornecedores nas diferentes simulações realizadas. Por esse motivo, adotou-se critério de seleção otimizada, em substituição ao cálculo estatístico da média utilizado nos parâmetros anteriores. Nessa abordagem, cada via típica simulada foi analisada individualmente, selecionando-se, para cada caso, a solução técnica que permitiu o atendimento aos requisitos da ABNT NBR 5101:2024 com a menor necessidade de acréscimo de novos pontos de iluminação. Essa metodologia considera que o melhor desempenho consolidado de um fornecedor não implica, necessariamente, superioridade técnica em todas as configurações viárias analisadas. Assim, para cada via típica, foi identificada a solução de melhor desempenho, resultando no parâmetro denominado “Otimizado”, apresentado na Tabela 11.

Destaca-se que todos os novos pontos de iluminação pública a serem implantados deverão observar integralmente as diretrizes estabelecidas para

a modernização da rede existente, incluindo a adoção de luminárias LED e o atendimento aos níveis de desempenho luminotécnico (iluminância e uniformidade) definidos na ABNT NBR 5101:2024, de acordo com a classificação da via.

Por fim, ressalta-se que os resultados apresentados ao longo desta seção referem-se ao conjunto do parque de iluminação pública. Com o objetivo de subsidiar análises específicas no âmbito da modelagem econômico-financeira, tais como a distribuição dos pontos por classes de iluminação, o faseamento das intervenções e outros aspectos relevantes, a tabela a seguir apresenta a segmentação dos resultados por grupos representativos do sistema.

Tabela 11 – Resultados de engenharia por grupo

Parâmetro	Viário	Vias Principais (C1, C2, C3)	Outras Vias (C4, C5)
Carga Média por Ponto de IP	48,36 W	73,20 W	41,15
Meta de Eficientização	52,63%	48,74%	56,64%
Substituição do Braço	2.644	575	2.068
Regulagem de Altura	4.560	774	3.786
Novos Pontos em “Áreas Escuras”	991	620	371

Fonte: Elaboração KMR.

Considerando o mesmo raciocínio apresentado acima, a tabela a seguir indica a distribuição das Luminárias LED por faixa de potência:

Tabela 12 – Quantidade de luminárias por faixa de potência

Faixa de Potência	Viário	Vias Principais (C1, C2, C3)	Outras Vias (C4, C5)
Até 30W	926	0	2.699
31 W a 50 W	7.961	220	7.845
51 W a 67 W	3.004	646	852
68 W a 97 W	1.558	736	297
98 W a 137 W	410	465	56
138 W a 180 W	21	64	0
Total	13.880	2.131	11.749

Fonte: Elaboração KMR.

Um dos objetivos centrais da Parceria Público-Privada (PPP) consiste na modernização e eficientização integral do parque de iluminação pública do município, em conformidade com as diretrizes estabelecidas pela Portaria nº 62 do INMETRO e pela ABNT NBR 5101:2024.

Conforme evidenciado no Diagnóstico Técnico-Operacional, o município possui um total de 14.574 pontos de iluminação pública instalados em vias, dos quais 2.091 já operam com tecnologia LED. Adicionalmente, verificou-se que 4,8% dos pontos (694 unidades) encontram-se localizados em áreas privadas, não sendo, portanto, objeto de responsabilidade do poder público quanto à sua manutenção e operação, motivo pelo qual foram excluídos do universo analisado.

Dessa forma, o escopo do projeto contempla a modernização de 11.789 pontos de iluminação pública, com o objetivo de promover ganhos de eficiência energética, melhoria da qualidade da iluminação e atendimento aos requisitos normativos vigentes.

Na tabela a seguir, apresenta-se a distribuição das luminárias por faixa de potência, bem como a carga instalada correspondente, considerando as soluções definidas para as vias típicas levantadas em campo, cuja representatividade abrange a totalidade dos 11.789 pontos analisados.

Tabela 13 - Quantitativos de Luminárias para Soluções Luminotécnicas do Sistema Viário.

Potência Resultante (W)	Sistema Viário	Carga instalada (kW)
20	130	2,6 kW
30	2.569	77,1 kW
40	6.750	270,0 kW
50	1.315	65,8 kW
60	1.025	61,5 kW
Total	11.789	476,9 kW

Fonte: Autoria KMR.

2.5. Faixas de Pedestres

No âmbito da estruturação do projeto da PPP, avaliou-se a inclusão de soluções específicas para iluminação de faixas de pedestres, com o objetivo de elevar os níveis de segurança viária e melhorar as condições de visibilidade para pedestres e condutores em períodos noturnos.

2.5.1. Requisitos de Iluminação para Faixa de Pedestres

Para a iluminação de faixas de pedestres, foram considerados referenciais de melhores práticas nacionais e internacionais, com ênfase no atendimento ao parâmetro de iluminância vertical, que representa o fluxo luminoso incidente no plano longitudinal da faixa, expresso em lux (lx). Esse indicador é determinado a partir da média aritmética de medições realizadas a uma altura de 1,5 m em relação ao nível do pavimento, ao longo do eixo da travessia.

De acordo com a ABNT NBR 5101:2024, deve ser garantido um nível mínimo de iluminância vertical média de 20 lx, de modo a assegurar adequada visibilidade dos pedestres. Adicionalmente, recomenda-se que a iluminância horizontal média nas faixas seja, no mínimo, 1,75 vezes superior à iluminância média da via adjacente, com o objetivo de aumentar o contraste visual e a percepção dessas áreas pelos condutores.

Em situações específicas, poderá ser necessária a adoção de níveis mais elevados de iluminância vertical (≥ 30 lx), particularmente em cenários que apresentem:

- risco de ofuscamento decorrente do brilho de faróis de veículos trafegando em sentido oposto;
- faixa de pedestre em áreas com elevada luminância ambiente;
- localização da travessia em cruzamentos com iluminação pública existente.

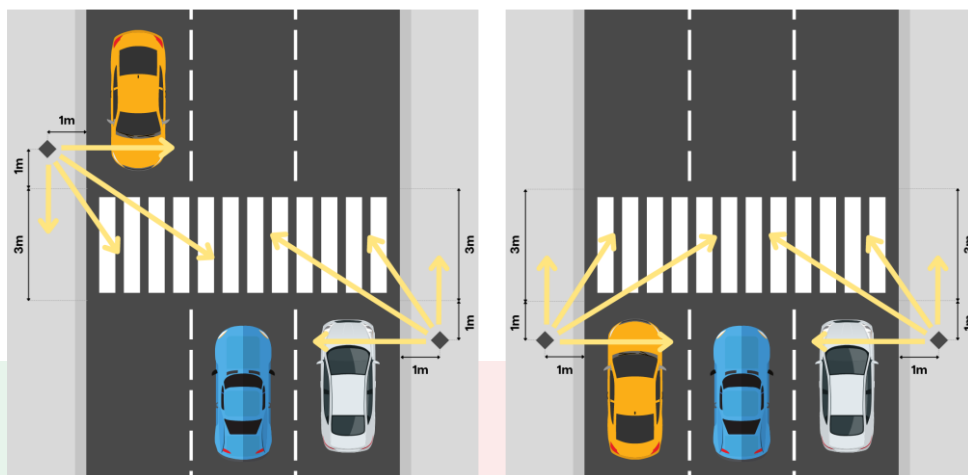
No que se refere à Temperatura de Cor Correlata (TCC), recomenda-se a adoção de tonalidade distinta daquela empregada na via, com o objetivo de destacar visualmente a faixa de pedestres. Assim, sugere-se a utilização de luminárias com TCC de 3.000 K em vias principais e de 4.000 K em vias locais, em sentido inverso à iluminação predominante da via.

2.5.2. Estudo Referencial para Faixas de Pedestres

A referência adotada para faixas de pedestres consiste na instalação de luminárias específicas para iluminação de travessias, implantadas em postes exclusivos de iluminação pública e posicionadas conforme o sentido de fluxo veicular. Essa configuração visa otimizar a incidência da luz sobre a faixa e aumentar o conforto visual dos condutores, reduzindo riscos associados à baixa visibilidade.

Para cada faixa de pedestres, prevê-se a instalação de dois conjuntos completos, incluindo postes, luminárias e acessórios, posicionados de forma a maximizar o desempenho luminotécnico, conforme ilustrado a seguir:

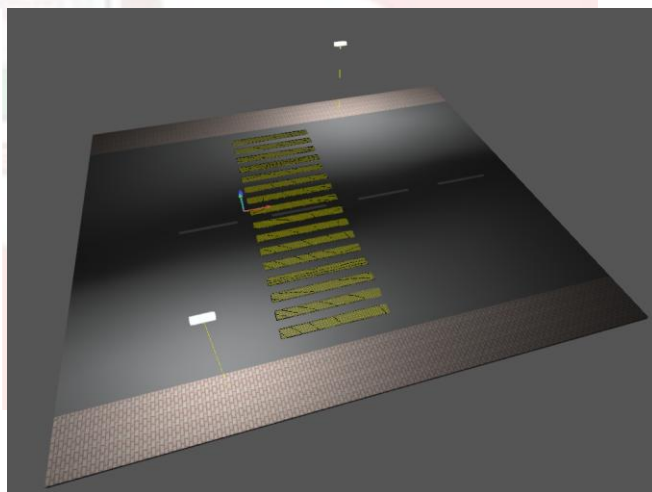
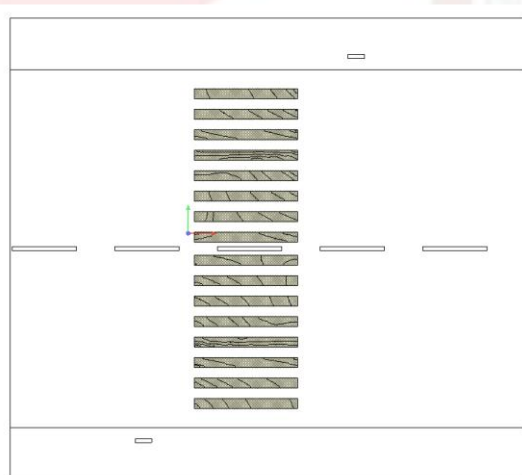
Figura 9 – Ilustração para iluminação de Faixas de Pedestres



Fonte: Elaboração KMR.

As soluções propostas foram submetidas à avaliação por meio de simulações no software DIALux, com o objetivo de verificar o atendimento aos requisitos estabelecidos. A Figura 10 apresenta exemplo do modelo desenvolvido:

Figura 10 – Estudo de Engenharia para Faixas de Pedestres



Fonte: Elaboração KMR.

A partir dessas análises, foi possível dimensionar a potência das luminárias LED necessárias para assegurar o atendimento aos critérios de iluminância vertical. Os resultados consolidados, considerando o atendimento ao nível mínimo de 20 lx para diferentes larguras de via, são apresentados na Tabela 14:

Tabela 14 – Resultados de engenharia para Faixas de Pedestres

Resultado	Largura Via 6,0m	Largura Via 9,0m	Largura Via 11,0m	Média
Fornecedor A	22,00	22,00	22,00	22,00
Fornecedor B	20,00	20,00	20,00	20,00
Fornecedor C	24,00	24,00	24,00	24,00
Média Fornecedores	22,00	22,00	22,00	22,00

Fonte: Elaboração KMR.

Foram consideradas, na definição do escopo, as faixas de pedestres localizadas nas principais centralidades do município, conforme metodologia apresentada no Diagnóstico Técnico-Operacional. A tabela subsequente detalha os locais contemplados e seus respectivos quantitativos.

Tabela 15 – Quantidade de Faixas de Pedestres e Pontos de IP

Item	Referência	Endereço	Quantidade de Faixas de Pedestres	Quantidade de Pontos de IP por faixa
1	21ª Delegacia Regional de Polícia	Rua Jorge Zipperer, 544 – Centro	1	2
2	23º Batalhão da Polícia Militar	Avenida dos Imigrantes, 955 – Progresso	1	2
3	Corpo de Bombeiros Militar	Rua Barão do Rio Branco, 405 – Centro	1	2
4	Corpo de Bombeiros Militar 2	Rua Paulo Linzmeyer, 2-62 – Oxford	1	2
5	EEB Frederico Fendrich	Avenida Sul Pedro Bayerl, 785 - Serra Alta	1	2
6	EEM Prof. Roberto Grant	Rua Guilherme Scheide, 340 – Centro	1	2
7	Hospital Sagrada Família	Rua Henrique Schwarz, 10 – Centro	1	2
8	Penitenciária	Rua Miguel Hubl, 400 - Lençol,	1	2
9	SENAI	Rua Dr. Hans Dieter Schmidt, 879 - Centenário	1	2
10	UB Central	Rua Mal. Deodoro, 255 – Centro	1	2
11	UniSociesc	Rua Dr. Hans Dieter Schmidt, 950 - Centenário	1	2
12	Univille	Rua Norberto Eduardo Weihermann, 230 - Colonial	1	2
13	UPA SBS	Rua João Pauli, 203 - Colonial,	1	2
14	Rodoviária de São Bento do Sul	Avenida Dom Pedro II, S/N – Centro	1	2

Item	Referência	Endereço	Quantidade de Faixas de Pedestres	Quantidade e de Pontos de IP por faixa
15	UPA DR. Hans Egon Kechele	Rua João Pauli, S/N - Colonial	1	2
Total			15	30

Fonte: Elaboração KMR.

2.6. Ciclovias e Ciclofaixas

O processo de modernização e otimização apresentado neste relatório estabelece diretrizes para o sistema de iluminação viária, considerando as condições de segurança e visibilidade tanto para usuários de veículos quanto para pedestres. Adicionalmente, contempla-se a iluminação de áreas de convivência urbana, como praças e parques, bem como de faixas de pedestres.

Nesse contexto, destaca-se a necessidade de avaliação específica da infraestrutura luminotécnica destinada à circulação cicloviária, tendo em vista as particularidades operacionais e geométricas dessas áreas.

Para tanto, é fundamental a correta definição e distinção entre ciclovias e ciclofaixas, uma vez que cada tipologia demanda critérios técnicos próprios para o dimensionamento da iluminação:

- **Ciclovias:** via segregada destinada à circulação de bicicletas, fisicamente separada do tráfego geral por dispositivos de segregação, tais como canteiros centrais, barreiras ou áreas verdes, podendo apresentar desnível em relação à pista de rolamento.
- **Ciclofaixa:** espaço reservado à circulação exclusiva de bicicletas, implantado na própria faixa de rolamento ou em áreas adjacentes, delimitado por sinalização horizontal e/ou vertical, podendo ou não apresentar diferenciação de pavimento, e geralmente situado no mesmo nível da via ou da calçada.

2.6.1. Requisitos de Iluminação para Ciclovias e Ciclofaixas

Os sistemas de iluminação destinados a ciclovias e ciclofaixas deverão atender às melhores práticas estabelecidas por normas técnicas nacionais e internacionais, com observância obrigatória aos parâmetros mínimos de

iluminância média e uniformidade, cujas definições encontram-se detalhadas no item 2.3.8.

Considerando as distinções funcionais e geométricas entre essas infraestruturas, especialmente a maior interação das ciclofaixas com o tráfego motorizado, torna-se necessário adotar critérios luminotécnicos diferenciados, de forma a mitigar riscos e assegurar condições adequadas de visibilidade e segurança viária.

Os níveis de desempenho exigidos para iluminância e uniformidade variam conforme a classe de iluminação aplicável, seguindo abordagem equivalente à adotada para vias de circulação de pedestres (classe P). No presente estudo, as ciclofaixas foram enquadradas na classe P1, devendo atender, no mínimo, aos seguintes parâmetros:

- Iluminância média horizontal: 20 lx
- Iluminância mínima horizontal: 4 lx
- Iluminância média mínima vertical: 6 lx

Em relação à Temperatura de Cor Correlata (TCC), recomenda-se a manutenção de uniformidade cromática ao longo do sistema viário, com o intuito de garantir consistência visual e conforto ao usuário. Nesse sentido, a TCC aplicada às estruturas cicloviárias deverá ser compatível com a especificada para a via adjacente, adotando-se, como referência, 4.000 K para vias arteriais e coletoras, e 3.000 K para vias locais.

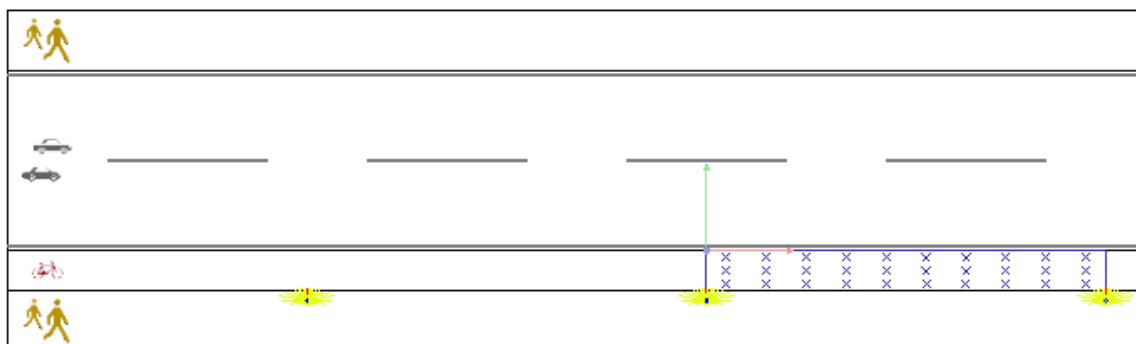
2.6.2. Estudo Referencial para Ciclovias

O referencial adotado para o dimensionamento da iluminação de ciclovias baseia-se em critérios análogos aos aplicados às vias destinadas ao tráfego veicular. Contudo, dada a especificidade operacional dessas infraestruturas, prevê-se a implantação de sistema dedicado, composto por postes exclusivos ao longo de toda a sua extensão.

No que se refere às ciclofaixas, foi informado pela administração Municipal que não há ocorrência desse tipo de infraestrutura no território em análise. Dessa forma, eventuais implantações futuras deverão observar, integralmente, os requisitos técnicos estabelecidos no item 2.6.1.

Para as ciclovias, propõe-se a instalação contínua de pontos de iluminação ao longo de todo o traçado, conforme diretrizes ilustradas abaixo:

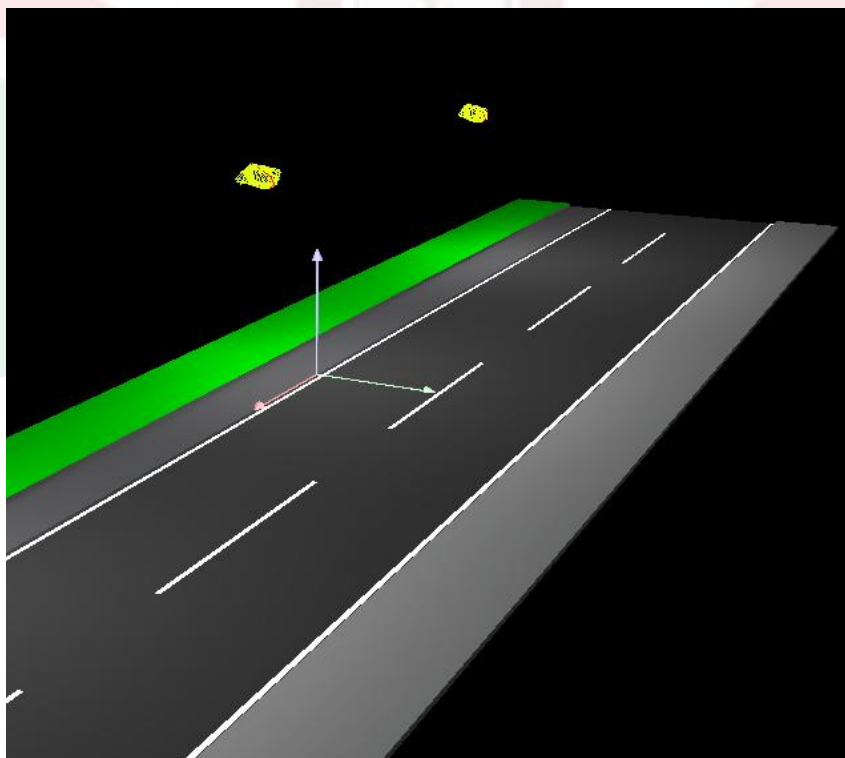
Figura 11 - Ilustração para iluminação de Ciclovias



Fonte: Elaboração KMR.

Como parte do estudo de engenharia, foi desenvolvido modelo luminotécnico por meio do software Dialux, visando à verificação do atendimento aos parâmetros de desempenho previamente definidos. Os resultados obtidos encontram-se representados na Figura 11.

Figura 12 - Estudo de Engenharia para Ciclovias



Fonte: Elaboração KMR.

A partir das simulações realizadas, foi possível estabelecer a configuração técnica recomendada para implantação do sistema, contemplando espaçamento médio entre postes de 20,0 metros e altura de montagem das luminárias de 7,0 metros.

No que tange à especificação das luminárias LED, os resultados obtidos para atendimento à classe de iluminação P1 indicam os seguintes valores:

Tabela 16 – Resultados de engenharia para Ciclovias

Resultado	Potência Luminária LED
Fornecedor A	22,00 W
Fornecedor B	20,00 W
Fornecedor C	20,00 W
Média Fornecedores	20,67 W

Fonte: Elaboração KMR.

Para o dimensionamento da quantidade de pontos de iluminação pública para ciclovias, foi realizado levantamento conjunto com a equipe técnica municipal, contemplando o mapeamento das ciclovias previstas e a avaliação qualitativa da necessidade de iluminação dedicada. Com base nessas análises, definiu-se a seguinte estimativa de implantação:

Tabela 17 – Dimensionamento Ciclovias para Instalação de IP

Logradouro	Ciclovias/Ciclofaixa	Extensão (m)	Total Pontos de IP
Avenida Gustavo Eichendorf	Ciclovias	700	35
Avenida Imigrantes	Ciclovias	2.633	132
Rua Carlos Manoel Linzmeyer	Ciclovias	760	38
Rua João Malinowsky	Ciclovias	700	35
Rua Monte Castelo	Ciclovias	390	20
Total		5.183	260

Fonte: Elaboração KMR.

2.7. Expansão da Rede de Iluminação Pública

No âmbito da expansão da rede de iluminação pública, caberá à Concessionária a responsabilidade integral pelo fornecimento dos equipamentos e materiais necessários, bem como pela execução dos serviços de implantação dos novos pontos de iluminação pública, incluindo a disponibilização de mão de obra especializada.

2.7.1. Pontos Escuros

Ao longo da fase de modernização, poderá ser necessária a implantação de novos pontos de iluminação pública, incluindo a instalação de postes, em vias cuja configuração atual não permita o atendimento aos parâmetros normativos de iluminância e uniformidade.

A partir dos resultados apresentados no item 2.4.2, obteve-se a tabela a seguir, que apresenta a quantificação dos pontos classificados como “pontos escuros”, segregados por faixa de potência.

Tabela 18 - Quantidade de Pontos Escuros por Potência.

Potência (W)	Quantidade de Pontos Escuros
20	130
30	185
40	182
60	270
70	64
80	128
90	32
Total	991

Fonte: Elaboração KMR.

2.7.2. Crescimento Vegetativo

Ao longo da concessão, a expansão vegetativa do parque de iluminação pública demandará a implantação de novos pontos de iluminação, incluindo postes, conforme apresentado no Relatório de Diagnóstico Técnico-Operacional do projeto de São Bento do Sul. O quantitativo associado a essa expansão será adotado como referência para o cálculo da Cota Expansão, a ser detalhada no item 7.8 deste relatório, bem como para a definição dos respectivos valores de investimento.

A tabela a seguir apresenta a quantificação dos pontos associados ao crescimento vegetativo, discriminados por faixa de potência.

Tabela 19 - Quantidade de Pontos de Crescimento Vegetativo por Potência

Potência (W)	Quantidade de Pontos Crescimento Vegetativo
20	67
30	1.341
40	3.509

Potência (W)	Quantidade de Pontos Crescimento Vegetativo
50	686
60	588
Total	6.191

Fonte: Elaboração KMR.

2.7.3. Demanda Reprimida

Conforme evidenciado no Relatório de Diagnóstico Técnico-Operacional, será necessária a implantação de novos pontos de iluminação pública para atendimento às áreas caracterizadas como demanda reprimida.

A tabela a seguir apresenta a quantificação desses pontos, discriminados por faixa de potência.

Tabela 20 - Quantidade de Pontos de Demanda Reprimida Por Potência.

Potência (W)	Quantidade de Pontos Demanda Reprimida
20	03
30	68
40	179
50	35
60	27
Total	312

Fonte: Elaboração KMR.

3. ILUMINAÇÃO ESPECIAL

A concepção e execução de projetos de Iluminação Especial (IE), voltados à valorização de bens culturais, edificações históricas e elementos relevantes da paisagem urbana, requerem o estabelecimento de diretrizes técnicas mínimas, destinadas a orientar o desenvolvimento de soluções luminotécnicas capazes de qualificar esteticamente o espaço urbano, em consonância com as características arquitetônicas, artísticas e culturais de cada local.

As disposições aqui apresentadas não substituem a necessidade de desenvolvimento de estudos técnicos específicos, incluindo levantamentos em campo, medições luminotécnicas, modelagens e simulações computacionais, bem como a definição detalhada de quantitativos e especificações de equipamentos. Adicionalmente, os projetos deverão ser submetidos, quando aplicável, à análise e aprovação dos órgãos competentes responsáveis pela preservação do patrimônio cultural e pela gestão da paisagem urbana.

Para a definição das diretrizes e do escopo dos estudos no âmbito da PPP de Iluminação Pública e Cidades Inteligentes de São Bento do Sul, foram considerados os seguintes critérios orientadores:

- valorização de espaços públicos e áreas de convivência;
- preservação e reforço da identidade cultural local;
- ordenamento e qualificação do espaço urbano;
- hierarquização visual e melhoria da legibilidade de monumentos e edificações;
- adequação das soluções luminotécnicas aos usos atuais e potenciais dos espaços;
- contribuição para a percepção de segurança da população.

No âmbito dos estudos de engenharia, a solução técnica foi definida de forma individualizada para cada ponto de iluminação especial indicado pela municipalidade, considerando suas características específicas. Também foram contempladas estimativas de custos associadas ao fornecimento de materiais, equipamentos e execução dos serviços, incluindo mão de obra.

A Concessionária deverá observar que cada local de intervenção apresenta atributos próprios, os quais deverão ser devidamente considerados no desenvolvimento dos projetos executivos, de modo a assegurar a adequada valorização dos elementos arquitetônicos, culturais e paisagísticos envolvidos. Os projetos deverão ser previamente submetidos à aprovação do Poder

Concedente e, quando aplicável, aos órgãos de controle e proteção do patrimônio, como condição para sua implantação.

3.1. Diretrizes Gerais

Na sequência, apresentam-se as diretrizes gerais aplicáveis à Iluminação Especial no âmbito do município, em caráter complementar às disposições estabelecidas no item 2.3.

I - Proporcionar a legibilidade do bem e do sítio onde está inserido

A iluminação de paisagens, edificações ou monumentos deve ser concebida de modo a permitir a clara compreensão de seu contexto histórico, de suas características originais e de seus elementos distintivos. Os sistemas de iluminação devem evidenciar volumes, cores e texturas, contribuindo para a leitura qualificada da paisagem urbana. A definição das soluções deve considerar as condições de observação predominantes, incluindo a dinâmica dos deslocamentos dos usuários, de modo a garantir que a iluminação transmita de forma objetiva e coerente as intenções projetuais.

II - Valorizar, ordenar e hierarquizar o bem

A iluminação de bens culturais configura instrumento relevante de valorização e preservação do patrimônio. As soluções luminotécnicas devem estabelecer níveis diferenciados de destaque entre elementos da paisagem, promovendo hierarquia visual e organização do cenário noturno. Para tanto, devem ser empregados parâmetros técnicos adequados, tais como temperatura de cor, intensidade luminosa, direcionamento do fluxo e especificação de equipamentos, de forma a estruturar a percepção espacial e destacar os elementos de maior relevância.

III - Respeitar as especificidades dos bens e das paisagens a serem destacados.

As intervenções devem observar as características arquitetônicas, históricas e funcionais dos bens e das paisagens envolvidas, assegurando compatibilidade entre a solução luminotécnica e o contexto urbano. A iluminação deve reforçar a identidade local sem distorcer a leitura do patrimônio, evitando a criação de interpretações artificiais ou anacrônicas. Devem ser considerados os usos atuais dos espaços, sua relevância no contexto municipal e regional e as condições originais de concepção das edificações e monumentos.

IV - Minimizar interferências visuais, físicas e estruturais.

Os equipamentos de iluminação devem integrar-se à paisagem de forma discreta, evitando protagonismo indevido, exceto em situações específicas de caráter simbólico ou cenográfico temporário. A instalação deve preservar a integridade física dos bens, adotando soluções construtivas compatíveis e, quando necessário, submetidas à aprovação dos órgãos competentes. Adicionalmente, os sistemas não devem interferir na circulação de pedestres nem comprometer a leitura visual do espaço público.

V - Mitigar riscos de vandalismo.

As soluções devem priorizar a proteção dos equipamentos, preferencialmente por meio de sua instalação em locais de difícil acesso. Nos casos em que isso não for possível, devem ser adotadas medidas de proteção física, como invólucros, gradis ou outras soluções compatíveis com o uso do espaço, a fim de reduzir a vulnerabilidade a danos e atos de vandalismo.

VI - Criar iluminação cênica compatível com as variações climáticas.

As variações climáticas e sazonais devem ser incorporadas ao projeto luminotécnico, em especial no que se refere às alterações da vegetação e às mudanças nos períodos de luminosidade natural ao longo do ano. A definição de parâmetros como intensidade, temperatura de cor e posicionamento das luminárias deve considerar essas dinâmicas, assegurando desempenho consistente do sistema e adequada percepção do espaço urbano em diferentes condições ambientais.

3.1.1. Descritivo dos Equipamentos

Os equipamentos, materiais e acessórios destinados aos projetos de Iluminação Especial (EMPIE) deverão atender, no mínimo, às especificações técnicas descritas a seguir, sem prejuízo do atendimento a normas técnicas aplicáveis e às condições específicas de cada projeto executivo.

EMPIE01 – Arandela de uso externo:

Equipamento destinado à iluminação de fachadas e passeios, especialmente em locais onde não se recomenda a instalação de postes ou projetores.

Requisitos mínimos: tecnologia LED; temperatura de cor entre 3000K e 4000K; índice de reprodução de cor (IRC) ≥ 70 ; grau de proteção mínimo IP66 e resistência mecânica IK10.

EMPIE02 – Balizador:

Equipamento utilizado para delimitação de percursos e orientação de usuários, com instalação em paredes ou embutida no solo. **Requisitos**

mínimos: tecnologia LED; temperatura de cor entre 3000K e 4000K; IRC $\geq$ 70; grau de proteção mínimo IP67 e IK08.

EMPIE03 – Embutido de solo:

Equipamento destinado ao destaque de fachadas, monumentos e elementos paisagísticos. **Requisitos mínimos:** tecnologia LED; corpo em alumínio; difusor em vidro temperado ou policarbonato; opção de diferentes fotometrias e ângulos de abertura; temperatura de cor entre 3000K e 4000K ou RGBW com possibilidade de controle; IRC $\geq$ 80; grau de proteção mínimo IP67 e IK10.

EMPIE04 – Luminária decorativa:

Equipamento para aplicação em áreas públicas, como praças, parques e trajetos pedonais, instalado em estruturas de sustentação. **Requisitos mínimos:** tecnologia LED; conformidade com ABNT NBR 15129; temperatura de cor entre 3000K e 4000K; IRC $\geq$ 80; grau de proteção mínimo IP66 e IK10.

EMPIE05 – Luminária de uso interno (até 4.500 lm):

Equipamento para iluminação de ambientes internos ou semiabertos com permeabilidade visual (ex.: quiosques, coretos, marquises). **Requisitos mínimos:** tecnologia LED; temperatura de cor entre 3000K e 4000K; fluxo luminoso até 4.500 lm; IRC $\geq$ 80; grau de proteção mínimo IP20.

EMPIE06 – Luminária de uso interno de alta intensidade (4.501 a 10.000 lm):

Equipamento para iluminação interna ou integrada a mobiliário urbano e postes decorativos. **Requisitos mínimos:** tecnologia LED; temperatura de cor entre 3000K e 4000K; fluxo luminoso entre 4.501 e 10.000 lm; IRC $\geq$ 80; grau de proteção mínimo IP20.

EMPIE07 – Luminária viária:

Equipamento destinado à iluminação de vias públicas e áreas abertas. **Requisitos mínimos:** tecnologia LED com certificação conforme Portaria nº 62 do INMETRO; temperatura de cor entre 3000K e 4000K; possibilidade de controle e automação; IRC $\geq$ 70; grau de proteção mínimo IP65 e IK08.

EMPIE08 – Poste balizador:

Equipamento para orientação de percursos em áreas externas, como jardins e caminhos. **Requisitos mínimos:** estrutura em aço ou alumínio com altura até 1.000 mm; luminária integrada; temperatura de cor entre 3000K e 4000K; IRC $\geq$ 70; grau de proteção mínimo IP65.

EMPIE09 – Projetor de baixa intensidade (até 6.000 lm):

Equipamento para iluminação de fachadas e elementos decorativos.

Requisitos mínimos: tecnologia LED; corpo em alumínio ou aço galvanizado; difusor em vidro temperado ou material equivalente; fotometria variável; temperatura de cor entre 3000K, 4000K ou RGBW; controle e automação; IRC ≥ 80 ; grau de proteção mínimo IP66 e IK08.

EMPIE10 – Projetor de média intensidade (6.001 a 25.000 lm):

Mesmas aplicações do tipo anterior, com maior potência luminosa.

Requisitos mínimos: idênticos ao EMPIE09, com fluxo luminoso entre 6.001 e 25.000 lm.

EMPIE11 – Projetor de alta intensidade (> 25.000 lm):

Equipamento para iluminação de grande escala ou destaque de elementos de maior porte. **Requisitos mínimos:** idênticos ao EMPIE09, com fluxo luminoso superior a 25.000 lm.

EMPIE12 e EMPIE13 – Projetores lineares (baixa e média intensidade):

Equipamentos lineares para iluminação arquitetônica. **Requisitos mínimos:** tecnologia LED; corpo em alumínio; difusor em vidro temperado; fotometria variável; temperatura de cor entre 3000K e 4000K; IRC ≥ 80 ; grau de proteção mínimo IP66 e IK08.

- Baixa intensidade: até 2.000 lm e comprimento até 500 mm.
- Média intensidade: 2.001 a 7.500 lm e comprimento superior a 500 mm.

EMPIE14 e EMPIE15 – Projetores lineares embutidos no solo:

Equipamentos para iluminação arquitetônica com instalação embutida.

Requisitos mínimos: mesmos critérios dos projetores lineares, com grau de proteção mínimo IP67 e IK10.

EMPIE16 – Projetor subaquático:

Equipamento para iluminação de elementos submersos. **Requisitos mínimos:** tecnologia LED com capacidade RGB; controle e automação; IRC ≥ 70 ; grau de proteção mínimo IP68 e IK10.

EMPIE17 – Braço:

Acessório para fixação de luminárias em postes. **Requisitos mínimos:** fabricação em aço galvanizado.

EMPIE18 – Grade antifurto:

Acessório de proteção contra vandalismo. **Requisitos mínimos:** estrutura integrada à paisagem, sem interferir nos fachos luminosos.

EMPIE19 – Poste:

Estrutura de suporte para luminárias e projetores. **Requisitos mínimos:** postes retilíneos, com altura e fixação compatíveis com o local de instalação, atendendo à ABNT NBR 14744.

EMPIE20 – Luminária de sobrepor / fita LED:

Equipamento para iluminação de destaque arquitetônico e paisagístico. **Requisitos mínimos:** grau de proteção mínimo IP65 (ou superior conforme ambiente); resistência a intempéries e radiação UV.

3.2. Diretrizes Específicas

Os itens apresentados a seguir consolidam as diretrizes específicas estabelecidas para cada localidade classificada como objeto de Iluminação Especial e Iluminação de Destaque, considerando suas características singulares e o contexto urbano de inserção. Para cada local, são indicadas, além das diretrizes técnicas, as quantidades mínimas e as especificações dos equipamentos de iluminação adotados como referência.

As especificações dos equipamentos baseiam-se em levantamento de mercado junto a fabricantes do setor, bem como em soluções tecnológicas amplamente empregadas em projetos similares, garantindo aderência a padrões técnicos consolidados.

No que se refere à definição dos parâmetros luminotécnicos, optou-se pela utilização de faixas de fluxo luminoso em substituição à indicação direta de potência instalada, em razão da variabilidade da eficiência luminosa entre equipamentos de diferentes fabricantes e de sua evolução tecnológica ao longo do tempo. Essa abordagem permite maior consistência técnica na especificação dos resultados esperados, ao mesmo tempo em que assegura flexibilidade na seleção dos equipamentos.

Nesse sentido, a adoção de faixas de fluxo luminoso configura-se como a alternativa mais adequada para o estabelecimento de diretrizes mínimas para os projetos de Iluminação Especial e Iluminação de Destaque, possibilitando ao Poder Concedente maior discricionariedade técnica na análise e validação das soluções apresentadas pela Concessionária, sem prejuízo do atendimento aos requisitos de desempenho definidos.

3.2.1. Iluminação Especial de Áreas Verdes (praças, parques e esportes)

No caso específico de praças e parques, não há padronização na configuração da rede de iluminação pública nem nas características construtivas desses espaços urbanos, o que inviabiliza a aplicação direta das metodologias usuais de simulação luminotécnica voltadas à iluminação viária. Nessas áreas, além da iluminação dos percursos pedonais, devem ser considerados os diversos elementos que compõem o ambiente, tais como vegetação, mobiliário urbano e monumentos, os quais demandam abordagens específicas de projeto.

Para fins do estudo de engenharia aplicado às áreas especiais, adotou-se como metodologia a equivalência de fluxo luminoso entre a situação existente – tipicamente caracterizada por tecnologias tradicionais, como vapor de sódio – e a solução proposta com luminárias LED. Essa abordagem tem como objetivo preservar a concepção luminotécnica original dos espaços, ao mesmo tempo em que incorpora ganhos de eficiência e desempenho associados às novas tecnologias.

A equivalência luminotécnica é estabelecida por meio da correlação entre a potência instalada e a eficiência luminosa dos equipamentos existentes e aquelas das luminárias previstas para a solução futura, permitindo a definição de níveis adequados de fluxo luminoso. Adicionalmente, assegura-se que os parâmetros mínimos de desempenho sejam atendidos, especialmente no que se refere à classe de iluminação para áreas de circulação de pedestres equivalente à classe P3.

Tabela 21 - Locais para implementação de Iluminação Especial

LOCAIS PARA ILUMINAÇÃO ESPECIAL	
NOME	LOCALIZAÇÃO
CEU das Artes	Rua Anna Roesler
Ecoparque SAMAE	Avenida dos Imigrantes
Ginásio de Esportes Annes Gualberto	Rua Paulo Muler
Praça Osni de Vasconcelos	Rua Jorge Lacerda
Parque 23 de Setembro	Rua Vigando Koch
Piscina Publica Municipal Morgana Clement	Rua Vigando Koch
Praça do Centenário	Travessa Teodoro Koch
Praça da Igreja Matriz Puríssimo Coração de Maria	Rua Barão do Rio Branco

LOCAIS PARA ILUMINAÇÃO ESPECIAL	
NOME	LOCALIZAÇÃO
Praça Henrique Loyola	Rua Ana Roester
Praça Jardim dos Imigrantes	Rua Barão do Rio Branco
Praça João Tremi	Rua Henrique Schwarz
Praça Leandro Stanchack	Rua Eugenio Estanislau Korosky
Praça Leopoldo Rudnick	Rua Francisco Spitzner
Praça Marechal Rondon	Rua Amazonas
Praça Mauro Sadowski	Avenida José Grossl
Praça Pedro Paulo Batista/Pista Skateboard Centenário	Travessa Araguaia
Praça Rua Governador Pedro Ivo	Rua Governador Pedro Ivo
Praça Vereador José Rodrigues da Luz	Rua Geraldo Vicente
Praça 25 De Julho	Rua Narciso Rauen
Praça Cruzeiro	Rua Alto Paraguaçu
Praça da Rua Francisco Alberto Alves	Rua Francisco Alberto Alves
Praça Expedicionário Joaquim Moura	Rua Afonso Muller
Praça Paul Harris	Rua Antônio Kaesemodel
Praça Amando Rudnick	Rua Lindolfo Krause
Praça da Rua Antônio Chimeli	Rua Antônio Chimel
Praça da Estrada Vicente Alves de Lima	Estrada Vicente Alves de Lima

Fonte: Elaboração KMR Energia

A tabela a seguir apresenta o quantitativo de luminárias necessárias para a modernização das praças e parques, bem como a respectiva carga instalada para implementação das soluções luminotécnicas propostas.

Tabela 22 - Quantitativos de Luminárias em Relação a Soluções Luminotécnicas de Praças e Parques.

Potência (W)	Quantidade	Carga Instalada
20	184	3,68 kW
30	6	0,18 kW
60	3	0,18 kW
80	8	0,64 kW
90	63	5,67 kW

Potência (W)	Quantidade	Carga Instalada
100	3	0,30 kW
170	2	0,34 kW
Total	269	10,99 kW

Fonte: Elaboração KMR

Conforme evidenciado no Diagnóstico Técnico-Operacional, o município dispõe atualmente de 12 luminárias em tecnologia LED instaladas em praças e parques. Nesse contexto, o projeto prevê a modernização de um total de 257 luminárias, com o objetivo de incrementar a eficiência energética, aprimorar a qualidade luminotécnica e assegurar a conformidade regulatória do sistema de iluminação pública.

3.2.2. Iluminação de Destaque

Os itens apresentados a seguir consolidam as diretrizes específicas elaboradas para cada localidade analisada no âmbito da Iluminação Especial, considerando suas particularidades e o contexto urbano de inserção. Para cada local, são indicados os quantitativos mínimos e as especificações dos equipamentos de iluminação adotados como referência para a concepção dos projetos.

A tabela a seguir relaciona os bens públicos selecionados para a implementação dos projetos de Iluminação de Destaque.

Tabela 23 - Locais para implementação de Iluminação de Destaque por ordem de Prioridade

LOCAIS PARA ILUMINAÇÃO DE DESTAQUE		
Patrimônio N°	NOME	LOCALIZAÇÃO
1	Morro da Igreja Matriz + letreiro	Rua Barão do Rio Branco
2	Museu Municipal	Avenida Argolo
3	Arquivo histórico	Avenida Argolo
4	Prédio do Departamento de Turismo	Rua Jorge Lacerda
5	Estação Ferroviária	Rua Reinaldo Mallon
6	Casa Eichendorf	Estrada Dona Francisca
7	Centro Cultural	Rua Felipe Schmidt
8	Escola de Música e Fundação Cultural	Rua Vigando Koch
9	Praça do Centenário	Rua Marechal Deodoro
10	Museu Ornith Bollmann	Rua dos Móveis
11	Fachada da Prefeitura	Rua Jorge Lacerda

Fonte: Elaboração KMR Energia com base na Lista de Prioridade iluminação Cênica

Ressalta-se que a concepção da iluminação para os locais analisados deve decorrer de avaliação técnica detalhada das características físicas dos espaços

de convivência, das edificações e dos monumentos. Além de atributos como qualidade luminosa, durabilidade, eficiência energética e desempenho operacional dos equipamentos, a utilização de tecnologia LED possibilita o desenvolvimento de soluções capazes de reforçar a identidade visual do município, contribuindo para a valorização cultural e potencialização da atividade turística.

As propostas de Iluminação de Destaque devem considerar, de forma integrada, as condições da iluminação pública existente no entorno, incluindo níveis de iluminância, temperatura de cor, índice de reprodução de cor e potenciais impactos decorrentes da emissão luminosa ou da geração de sombras sobre os bens culturais. Essa abordagem visa assegurar compatibilidade entre as intervenções e o ambiente urbano, evitando conflitos visuais e preservando a adequada percepção dos elementos destacados.

No âmbito dos projetos de Iluminação de Destaque, os locais selecionados serão objeto de modernização integral dos sistemas de iluminação. Para tanto, as soluções propostas foram fundamentadas em vistorias técnicas in loco, nas quais foram avaliados os padrões de uso dos espaços pela população e as condições atuais da infraestrutura de iluminação pública, com o objetivo de identificar as necessidades de adequação e qualificação do sistema.

As seções subsequentes detalham as soluções de Iluminação Especial e de Destaque propostas para cada bem contemplado. Para cada local são apresentados os equipamentos previstos, com respectivos quantitativos, faixas de fluxo luminoso e temperaturas de cor, em conformidade com as diretrizes de valorização do patrimônio, uniformidade luminotécnica e eficiência energética estabelecidas no Relatório de Diagnóstico Técnico-Operacional.

3.2.2.1. Morro da Igreja Matriz + Letreiro

Para o Morro da Igreja Matriz e seu letreiro são propostos equipamentos de iluminação especial de destaque, com o objetivo de valorizar os elementos que compõem a volumetria e a identidade visual do conjunto, cumprindo as seguintes premissas:

- Especificar equipamentos destinados à iluminação das fachadas e do conjunto edificado de maneira a permitir a visibilidade integral dos elementos que compõem a volumetria da edificação;

- Padronizar a temperatura de cor em toda a extensão das fachadas iluminadas;
- Adotar solução de iluminação homogênea nas fachadas frontal, traseira e laterais do conjunto;
- Definir equipamentos destinados ao destaque de elementos escultóricos e simbólicos: três crucifixos, oito relógios, estátua de santa e letreiro do gramado;
- Implantar iluminação das torres com projetores orientáveis e projetores lineares de alta potência;
- Implantar iluminação das colunas frontais, traseiras e laterais por meio de projetores orientáveis;
- Implantar iluminação das imagens presentes na escadaria por meio de projetores lineares orientáveis;
- Utilizar embutidos de solo lineares para destaque das portas frontal, traseira e laterais;
- Priorizar, sempre que possível, considerar postes existentes (h = 4,5m, 100W) para iluminação geral do entorno.

Tabela 24 - Descrição e quantitativo de equipamentos de IE para o Morro da Igreja Matriz + Letreiro

Código	Elemento para Iluminação	Equipamento	Qt de.	Potência (W)	Temp. de Cor (K)
PJX9 W	3 Crucifixos	Projetor Orientável 9W	6	9	3000
PJX9 W	8 Relógios	Projetor Orientável 9W	8	9	3000
PJX9 W	Letreiro Verde Gramado	Projetor Orientável 9W	13	9	3000
PJX2 5W	Estátua Santa Frontal	Projetor Orientável 25W	2	25	3000
PJX2 5W	Torres	Projetor Orientável 25W	16	25	3000
PL60 W	Torres	Projetor Linear Orientável 60W 25°	28	60	3000
PJX2 5W	Colunas Frontais	Projetor Orientável 25W	8	25	3000
PL60 W	Fachada Frontal	Projetor Linear Orientável 60W 25°	14	60	3000
LES3 6W	Porta Frontal – Embasamento	Embutido de Solo Linear 36W	2	36	3000
PJX2 5W	Colunas Traseiras (grupo 1)	Projetor Orientável 25W	12	25	3000
PJX2 5W	Colunas Traseiras (grupo 2)	Projetor Orientável 25W	10	25	3000
LES3 6W	Porta Traseira – Embasamento	Embutido de Solo Linear 36W	2	36	3000

Código	Elemento para Iluminação	Equipamento	Qt de.	Potência (W)	Temp. de Cor (K)
PL60 W	Fachada Traseira	Projeto Linear Orientável 60W 25°	4	60	3000
PJX2 5W	Colunas Laterais E	Projeto Orientável 25W	31	25	3000
PL60 W	Fachadas Laterais E	Projeto Linear Orientável 60W 25°	33	60	3000
LES3 6W	Porta Lateral E – Embasamento	Embutido de Solo Linear 36W	2	36	3000
PJX2 5W	Colunas Laterais D	Projeto Orientável 25W	31	25	3000
PL60 W	Fachadas Laterais D	Projeto Linear Orientável 60W 25°	33	60	3000
LES3 6W	Porta Lateral D – Embasamento	Embutido de Solo Linear 36W	2	36	3000
PL12 W	Imagens da Escadaria	Projeto Linear Orientável 12W 25°	14	12	3000
PS02	Entorno – Postes Existentes	Poste h=4,5m, Pétala Simples 100W (exist.)	39	100	—

Fonte: Elaboração KMR.

Figura 13 - Fotos visuais da Igreja Matriz - Antes





Fonte: Registro próprio

Figura 14 - Fotos visuais da Igreja Matriz - Depois





Fonte: Registro próprio.

3.2.2.2. Museu Municipal

Para o Museu Municipal são propostos equipamentos de iluminação especial de destaque voltados para as fachadas do bem, com o objetivo de cumprir com as premissas apresentadas a seguir:

- Especificar equipamentos destinados à iluminação das fachadas do edifício, de modo a permitir a visibilidade integral dos elementos que compõem a volumetria da edificação;
- Padronizar a temperatura de cor em toda a extensão das fachadas frontal, laterais e traseira;
- Adotar solução de iluminação homogênea em todas as fachadas do edifício, por meio de projetores orientáveis;
- Definir equipamentos destinados ao destaque das bandeiras dispostas na fachada;
- Implantar iluminação específica para a torre do edifício, por meio de projetores lineares orientáveis e fita LED;
- Aplicar fita LED de sobrepor para o contorno e destaque do frontão;
- Considerar, sempre que possível, o uso de postes existentes (h = 4,5 m, 100 W) para a iluminação geral do entorno.

Tabela 25 - Descrição e quantitativo de equipamentos de IE para o Museu Municipal

Código	Elemento para Iluminação	Equipamento	Qt de.	Potência (W)	Temp. de Cor (K)
PJX9 W	Bandeiras	Projektor Orientável 9W	3	9	3000
PJX2 5W	Fachada Frontal	Projektor Orientável 25W	16	25	3000
PJX2 5W	Fachadas Lateral E	Projektor Orientável 25W	10	25	3000
PL12 W	Fachadas Lateral E	Projektor Linear Orientável 12W 25°	8	12	3000
PJX2 5W	Fachadas Lateral D	Projektor Orientável 25W	10	25	3000
PL12 W	Fachadas Lateral D	Projektor Linear Orientável 12W 25°	8	12	3000
PJX2 5W	Fachadas Traseira	Projektor Orientável 25W	5	25	3000
PL36 W	Torre	Projektor Linear Orientável 36W 25°	13	36	3000
Fita LED	Torre	Luminária de Sobrepor 5m, Fita LED 25W	3	25	3000
Fita LED	Frontão – Contorno e Destaque	Luminária de Sobrepor 5m, Fita LED 25W	2	25	3000
PS02	Entorno – Postes Existentes	Poste h=4,5m, Pétala Simples 100W (exist.)	10	100	—

Fonte: Elaboração KMR.

Figura 15 - Fotos visuais do Museu Municipal - Antes





Fonte: Registro próprio

Figura 16 - Fotos visuais do Museu Municipal - Depois





Fonte: Registro próprio.

3.2.2.3. Arquivo Histórico

Para o Arquivo Histórico são propostos equipamentos de iluminação especial de destaque voltados para as fachadas do bem, com o objetivo de cumprir com as premissas apresentadas a seguir:

- Prever equipamentos destinados à iluminação das fachadas do edifício de maneira a permitir a visibilidade integral dos elementos que compõem a volumetria da edificação;

- Padronizar a temperatura de cor em toda a extensão das fachadas iluminadas;
- Prever efeito de iluminação homogêneo nas fachadas frontal, lateral e traseira do edifício por meio de projetores embutidos de solo.

Tabela 26 - Descrição e quantitativo de equipamentos de IE para o Arquivo Histórico

Código	Elemento para Iluminação	Equipamento	Qtd e.	Potência (W)	Temp. de Cor (K)
ESX15 W	Fachada Frontal	Projetor Embutido de solo 15W	3	15	3000
ESX15 W	Fachada Lateral	Projetor Embutido de solo 15W	5	15	3000
ESX15 W	Fachada Traseira	Projetor Embutido de solo 15W	3	15	3000

Fonte: Elaboração KMR.

Figura 17 - Fotos visuais do Arquivo Histórico - Antes





Fonte: Registro próprio.

Figura 18 - Fotos visuais do Arquivo Histórico - Depois





Fonte: Registro próprio.

3.2.2.4. Prédio do Departamento de Turismo

Para o Prédio do Departamento de Turismo são propostos equipamentos de iluminação especial de destaque voltados para as fachadas do bem, com o objetivo de cumprir com as premissas apresentadas a seguir:

- Prever equipamentos destinados à iluminação das fachadas do edifício de maneira a permitir a visibilidade integral dos elementos que compõem a volumetria da edificação;
- Padronizar a temperatura de cor em toda a extensão das fachadas frontal, traseira e laterais;
- Incluir efeito de iluminação homogêneo em todas as fachadas do edifício por meio da combinação de projetores lineares orientáveis e embutidos de solo;
- Prever fita LED de sobrepor para contorno e destaque de elementos arquitetônicos em todas as fachadas.

Tabela 27 - Descrição e quantitativo de equipamentos de IE para o Prédio do Departamento de Turismo

Código	Elemento para Iluminação	Equipamento	Qt de.	Potência (W)	Temp. de Cor (K)
PL36 W	Fachada Frontal	Projetor Linear Orientável 36W 25°	7	36	3000
ESX1 5W	Fachada Frontal	Projetor Embutido de solo 15W	7	15	3000
Fita LED	Fachada Frontal – Contorno	Luminária de Sobrepor 5m, Fita LED 25W	9	25	3000
PL36 W	Fachada Traseira	Projetor Linear Orientável 36W 25°	7	36	3000
ESX1 5W	Fachada Traseira	Projetor Embutido de solo 15W	7	15	3000
Fita LED	Fachada Traseira – Contorno	Luminária de Sobrepor 5m, Fita LED 25W	9	25	3000
PL36 W	Fachada Lateral E	Projetor Linear Orientável 36W 25°	3	36	3000
ESX1 5W	Fachada Lateral E	Projetor Embutido de solo 15W	3	15	3000
Fita LED	Fachada Lateral E – Contorno	Luminária de Sobrepor 5m, Fita LED 25W	4	25	3000
PL36 W	Fachada Lateral D	Projetor Linear Orientável 36W 25°	3	36	3000
ESX1 5W	Fachada Lateral E	Projetor Embutido de solo 15W	3	15	3000
Fita LED	Fachada Lateral D – Contorno	Luminária de Sobrepor 5m, Fita LED 25W	4	25	3000

Fonte: Elaboração KMR.

Figura 19 - Fotos visuais do Prédio do Departamento de Turismo - Antes





Fonte: Registro próprio.

Figura 20 – Fotos visuais do Prédio do Departamento de Turismo - Depois





Fonte: Registro próprio.

3.2.2.5. Estação Ferroviária

Para a Estação Ferroviária são propostos equipamentos de iluminação especial de destaque voltados para as fachadas do bem, com o objetivo de cumprir com as premissas apresentadas a seguir:

- Prever equipamentos destinados à iluminação das fachadas do edifício de maneira a permitir a visibilidade integral dos elementos que compõem a volumetria da edificação;
- Padronizar a temperatura de cor em toda a extensão das fachadas iluminadas;
- Incluir embutidos de solo para iluminação das fachadas laterais esquerda e direita;
- Incluir embutidos de solo lineares para iluminação da fachada frontal;
- Aplicar fita de LED de sobrepor para contorno e destaque do frontão.

Tabela 28 - Descrição e quantitativo de equipamentos de IE para a Estação Ferroviária

Código	Elemento para Iluminação	Equipamento	Qt de.	Potência (W)	Temp. de Cor (K)
ESX1 5W	Fachadas Laterais Esq. E Dir.	Projeto Embutido de solo 15W	7	15	3000
LES3 6W	Fachada Frontal	Projeto Embutido de solo linear 36W	11	36	3000
Fita LED	Frontão – Contorno e Destaque	Luminária de Sobrepor 5m, Fita LED 25W	4	25	3000

Fonte: Elaboração KMR.

Figura 21 - Fotos visuais da Estação Ferroviária - Antes





Fonte: Registro próprio.

Figura 22 - Fotos visuais da Estação Ferroviária - Depois





Fonte: Registro próprio.

3.2.2.6. Casa Eichendorf

Para a Casa Eichendorf são propostos equipamentos de iluminação especial de destaque voltados para as fachadas do bem, com o objetivo de cumprir com as premissas apresentadas a seguir:

- Prever equipamentos destinados à iluminação das fachadas do edifício de maneira a permitir a visibilidade integral dos elementos que compõem a volumetria da edificação;
- Padronizar a temperatura de cor em toda a extensão das fachadas iluminadas;
- Incluir embutidos de solo para iluminação da fachada frontal com varanda e das fachadas laterais esquerda e direita;
- Prever postes ornamentais para iluminação do jardim.

Tabela 29 - Descrição e quantitativo de equipamentos de IE para a Casa Eichendorf

Código	Elemento para Iluminação	Equipamento	Qtd e.	Potência (W)	Temp. de Cor (K)
ESX1 5W	Fachadas Frontal Varanda	Projeto Embutido de solo 15W	9	15	3000
ESX1 5W	Fachadas Laterais E	Projeto Embutido de solo 15W	5	15	3000
ESX1 5W	Fachadas Laterais D	Projeto Embutido de solo 15W	10	15	3000
PS01	Jardim – Iluminação Ornamental	Poste h=4,5m, 50W	10	50	4000

Fonte: Elaboração KMR.

Figura 23 - Fotos visuais da Casa Eichendorf - Antes





Fonte: Registro próprio.

Figura 24 - Fotos visuais da Casa Eichendorf - Depois





Fonte: Registro próprio.

3.2.2.7. Centro Cultural

Para o Centro Cultural são propostos equipamentos de iluminação especial de destaque voltados para a fachada do bem, com o objetivo de cumprir com as premissas apresentadas a seguir:

- Prever equipamentos destinados à iluminação das fachadas do edifício de maneira a permitir a visibilidade integral dos elementos que compõem a volumetria da edificação;
- Padronizar a temperatura de cor em toda a extensão da fachada;
- Incluir efeito de iluminação homogêneo nas colunas da fachada por meio de projetores orientáveis de baixa potência;
- Prever equipamentos destinados ao destaque do nome do Centro Cultural e do mapa do Brasil presentes na fachada.

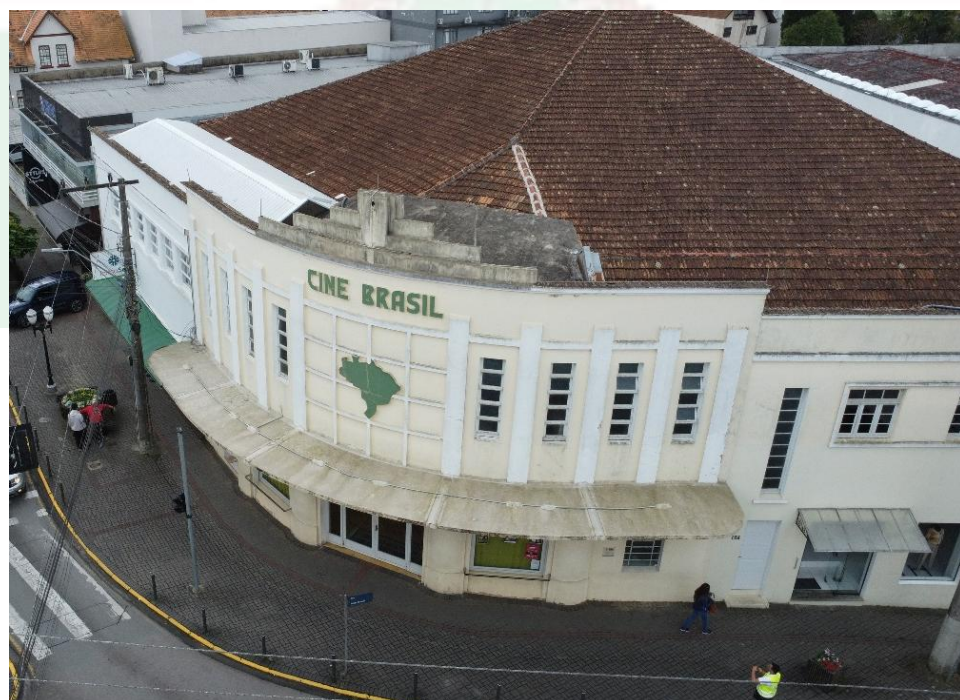
Tabela 30 - Descrição e quantitativo de equipamentos de IE para o Centro Cultural

Código	Elemento para Iluminação	Equipamento	Qtd e.	Potência (W)	Temp. de Cor (K)
PJX9 W	Fachada – Colunas	Projetor Orientável 9W	10	9	3000

Código	Elemento para Iluminação	Equipamento	Qtd e.	Potência (W)	Temp. de Cor (K)
PJX9 W	Fachada – Nome e Mapa Brasil	Projetor Orientável 9W	4	9	3000

Fonte: Elaboração KMR.

Figura 25 - Fotos visuais do Centro Cultural - Antes



Fonte: Registro próprio.

Figura 26 - Fotos visuais do Centro Cultural – Depois



Fonte: Registro próprio.

3.2.2.8. Escola de Música e Fundação Cultural

Para a Escola de Música e Fundação Cultural são propostos equipamentos de iluminação especial de destaque voltados para as fachadas do bem, com o objetivo de cumprir com as premissas apresentadas a seguir:

- Prever equipamentos destinados à iluminação das fachadas do edifício de maneira a permitir a visibilidade integral dos elementos que compõem a volumetria da edificação;
- Padronizar a temperatura de cor em toda a extensão das fachadas iluminadas;
- Prever efeito de iluminação homogêneo na fachada frontal por meio de embutidos de solo lineares;
- Incluir embutidos de solo e embutidos de solo lineares para iluminação das fachadas laterais esquerda e direita;
- Adicionar postes ornamentais para iluminação do jardim.

Tabela 31 - Descrição e quantitativo de equipamentos de IE para a Escola de Música e Fundação Cultural

Código	Elemento para Iluminação	Equipamento	Qt de.	Potência (W)	Temp. de Cor (K)
LES3 6W	Fachada Frontal	Projektor Embutido de solo linear 36W	4	36	3000
PS01	Jardim – Iluminação Ornamental	Poste h=4,5m, 50W	8	50	4000
ESX1 5W	Fachada Lateral E	Projektor Embutido de solo 15W	5	15	3000
LES3 6W	Fachada Lateral E	Projektor Embutido de solo linear 36W	3	36	3000
ESX1 5W	Fachada Lateral D	Projektor Embutido de solo 15W	6	15	3000

Fonte: Elaboração KMR.

Figura 27 - Fotos visuais da Escola de Música e Fundação Cultural - Antes





Fonte: Registro próprio.

Figura 28 - Fotos visuais da Escola de Música e Fundação Cultural - Depois





Fonte: Registro próprio.

3.2.2.9. Praça do Centenário

Para a Praça do Centenário são propostos equipamentos de iluminação especial de destaque voltados para a valorização dos elementos que compõem o espaço público, com o objetivo de cumprir com as premissas apresentadas a seguir:

- Prever equipamentos destinados à iluminação e valorização dos monumentos e elementos escultóricos presentes na praça;
- Padronizar a temperatura de cor em toda a extensão da área iluminada;
- Prever projetores lineares orientáveis para destaque do monumento central;
- Adicionar embutidos de solo para valorização da vegetação existente.

Tabela 32 - Descrição e quantitativo de equipamentos de IE para a Praça do Centenário

Código	Elemento para Iluminação	Equipamento	Qtd e.	Potência (W)	Temp. de Cor (K)
PL36 W	Monumento	Projetor Linear Orientável 36W 25°	10	36	3000
ESX1 5W	Vegetação	Embutido de Solo 15W	5	15	3000

Fonte: Elaboração KMR.

Figura 29 - Fotos visuais da Praça do Centenário - Antes



Fonte: Registro próprio.

Figura 30 - Fotos visuais da Praça do Centenário – Depois



Fonte: Registro próprio.

3.2.2.10. Museu Ornith Bollmann

Para o Museu Ornith Bollmann são propostos equipamentos de iluminação especial de destaque voltados para as fachadas do bem, com o objetivo de cumprir com as premissas apresentadas a seguir:

- Especificar equipamentos destinados à iluminação das fachadas do edifício de maneira a permitir a visibilidade integral dos elementos que compõem a volumetria da edificação;
- Padronizar a temperatura de cor em toda a extensão das fachadas frontal, traseira e laterais;
- Adotar efeito de iluminação homogêneo em todas as fachadas do edifício por meio da combinação de projetores orientáveis e embutidos de solo;
- Aplicar fita LED de sobrepor para contorno e destaque dos frontões de todas as fachadas;
- Definir embutidos de solo para destaque do letreiro do museu e valorização da vegetação do entorno;
- Prever postes ornamentais para iluminação do estacionamento.

Tabela 33 - Descrição e quantitativo de equipamentos de IE para o Museu Ornith Bollmann

Código	Elemento para Iluminação	Equipamento	Qt de.	Potência (W)	Temp. de Cor (K)
PJX2 5W	Fachada Frontal	Projektor Orientável 25W	4	25	3000
ESX1 5W	Fachada Frontal	Embutido de Solo 15W	6	15	3000
Fita LED	Fachada Frontal Frontão	Luminária de Sobrepor 5m, Fita LED 25W	3	25	3000
PJX2 5W	Fachada Traseira	Projektor Orientável 25W	4	25	3000
ESX1 5W	Fachada Traseira	Embutido de Solo 15W	6	15	3000
Fita LED	Fachada Traseira Frontão	Luminária de Sobrepor 5m, Fita LED 25W	3	25	3000
PJX2 5W	Fachada Lateral E	Projektor Orientável 25W	4	25	3000
ESX1 5W	Fachada Lateral E	Embutido de Solo 15W	4	15	3000
Fita LED	Fachada Lateral Frontão	Luminária de Sobrepor 5m, Fita LED 25W	3	25	3000
PJX2 5W	Fachada Lateral D	Projektor Orientável 25W	4	25	3000
ESX1 5W	Fachada Lateral D	Embutido de Solo 15W	4	15	3000

Código	Elemento para Iluminação	Equipamento	Qt de.	Potência (W)	Temp. de Cor (K)
Fita LED	Fachada Lateral Frontão	Luminária de Sobrepor 5m, Fita LED 25W	3	25	3000
ESX1 5W	Letreiro	Embutido de Solo 15W	13	15	3000
ESX1 5W	Vegetação	Embutido de Solo 15W	10	15	3000
PS01	Estacionamento Iluminação Geral	Poste h=4,5m, Pétala Simples 50W	10	50	4000

Fonte: Elaboração KMR.

Figura 31 - Fotos visuais do Museu Ornith Bollmann - Antes





Fonte: Registro próprio.

Figura 32 - Fotos visuais do Museu Ornith Bollmann - Depois





Fonte: Registro próprio.

3.2.2.11. Fachada da Prefeitura

Para a Fachada da Prefeitura são propostos equipamentos de iluminação especial de destaque voltados para a fachada do bem, com o objetivo de cumprir com as premissas apresentadas a seguir:

- Prever equipamentos destinados à iluminação da fachada do edifício de maneira a permitir a visibilidade integral dos elementos que compõem a volumetria da edificação;
- Padronizar a temperatura de cor em toda a extensão da fachada;
- Incluir efeito de iluminação homogêneo na fachada por meio de projetores lineares orientáveis, garantindo iluminação rasante que valoriza texturas, molduras e detalhes ornamentais.

Tabela 34 - Descrição e quantitativo de equipamentos de IE para a Fachada da Prefeitura

Código	Elemento para Iluminação	Equipamento	Qtd e.	Potência (W)	Temp. de Cor (K)
PL12 W	Fachada	Projetor Linear Orientável 12W	65	12	3000

Fonte: Elaboração KMR.

Figura 33 - Fotos visuais da Prefeitura - Antes



Fonte: Registro próprio.

Figura 34 - Fotos visuais da Prefeitura - Depois



Fonte: Registro próprio.

4. ESTUDO DE EFICIENTIZAÇÃO ENERGÉTICA

A tabela a seguir apresenta o resumo da quantidade de pontos e a carga instalada após a modernização.

Tabela 35 - Resumo do parque de IP após a modernização.

Equipamento	Potência (W)	Total	Viário	Pontos Escuros	Áreas Verdes	Demand a Reprimi	Sistemas Especial	Faixa de Pedestre	Ciclovias
Luminária Pública	20	446	130	130	183	03	00	00	00
Luminária Pública	30	3.117	2.569	185	06	68	00	30	259
Luminária Pública	40	7.675	7.313	182	01	179	00	00	00
Luminária Pública	50	1.350	1.315	00	00	35	00	00	00
Luminária Pública	60	1.325	1.025	270	03	27	00	00	00
Luminária Pública	70	64	00	64	00	00	00	00	00
Luminária Pública	80	136	00	128	08	00	00	00	00
Luminária Pública	90	87	00	32	55	00	00	00	00
Luminária Pública	100	00	00	00	00	00	00	00	00
Luminária Pública	110	29	29	00	00	00	00	00	00
Luminária Pública	120	345	345	00	00	00	00	00	00
Luminária Pública	130	00	00	00	00	00	00	00	00
Luminária Pública	140	00	00	00	00	00	00	00	00
Luminária Pública	150	503	495	00	08	00	00	00	00
Luminária Pública	160	00	00	00	00	00	00	00	00
Luminária Pública	170	12	10	00	02	00	00	00	00
Luminária Pública	180	652	649	00	03	00	00	00	00
Luminária Pública	190	00	00	00	00	00	00	00	00
Luminária Pública	200	00	00	00	00	00	00	00	00
Luminária Pública	210	00	00	00	00	00	00	00	00
Luminária Pública	250	00	00	00	00	00	00	00	00
Luminária Pública	280	00	00	00	00	00	00	00	00
Luminária Pública	300	00	00	00	00	00	00	00	00
Luminária Pública	400	00	00	00	00	00	00	00	00
Projeto	9	44	00	00	00	00	30	00	00
Projeto	25	167	00	00	00	00	115	00	00
Projeto	12	95	00	00	00	00	39	00	00

Equipamento	Potência (W)	Total	Viário	Pontos Escuros	Áreas Verdes	Demanda Reprimida	Sistemas Especial	Faixa de Pedestre	Ciclovias
Projeto	36	43	00	00	00	00	80	00	00
Projeto	60	112	00	00	00	00	44	00	00
Projeto	15	112	00	00	00	00	16	00	00
Projeto	12	00	00	00	00	00	00	00	00
Projeto	36	26	00	00	00	00	02	00	00
Projeto	60	00	00	00	00	00	00	00	00
Projeto	25	47	00	00	00	00	17	00	00
Projeto	25	00	00	00	00	00	00	00	00
Projeto	50	28	00	00	00	00	15	00	00
Projeto	100	49	00	00	00	00	49	00	00
Qtds Pontos	16.464	13.880	991	269	312	407	30	259	
Carga Instalada (KW)	843,13	736,80	49,23	11,73	12,63	15,52	00,90	07,77	

Fonte: Elaboração KMR.

Destaca-se que a eficiência energética global do projeto apresenta redução relativa em função da ampliação da carga instalada decorrente da incorporação de novos pontos de iluminação associados à iluminação especial de edificações e monumentos, à iluminação de travessias e ao atendimento da demanda reprimida. Esse acréscimo de carga, resultante da expansão do sistema no contexto da modernização, é apresentado de forma detalhada na tabela a seguir.

Tabela 36 - Eficientização do Parque de IP

	Quantidade de Pontos	Carga Instalada
Parque Atual	14.843	1.711,0 kW
Parque Modernizado (Viário)	13.880 ⁴	736,8 kW
Parque Modernizado (Pontos Escuros)	991	49,2 kW
Parque Modernizado (Áreas Verdes)	269 ⁵	11,7 kW
Parque Modernizado (Demanda Reprimida)	312	12,6 kW

⁴ Quantidade total dos pontos nas vias, considerando 2.091 luminárias LED já instaladas e desconsiderando 4,8% dos pontos em áreas privadas

⁵ Quantidade total dos pontos em áreas verdes, considerando as 12 luminárias LED já instaladas.

	Quantidade de Pontos	Carga Instalada
Parque Modernizado (Sistemas Especiais)	723	24,1 kW
Parque Modernizado (Faixa de Pedestre)	30	0,9 kW
Parque Modernizado (Ciclovía)	259	07,8 kW
Parque Total Modernizado	16.484	843,1 kW
Eficientização (%)	-	51 %

Fonte: Elaboração KMR.

A partir da tabela acima, conclui-se que a Meta de Eficientização será de 51%.

4.1 Redução das Emissões de CO₂

A implementação da Parceria Público-Privada (PPP) de Iluminação Pública e Equipamentos de Cidades Inteligentes no Município de São Bento do Sul incorpora um benefício ambiental relevante, associado à redução das emissões de gases de efeito estufa, em especial o dióxido de carbono (CO₂).

As intervenções de modernização e efficientização da rede de iluminação pública implicam, conforme detalhado no item 2.4.2, uma redução significativa no consumo de energia elétrica. Tal diminuição resulta, de forma direta, na menor necessidade de geração de energia, estabelecendo uma correlação positiva com a redução das emissões de CO₂ associadas ao sistema elétrico.

Para a estimativa do potencial de mitigação de emissões decorrente da implementação da PPP, foram considerados dados históricos divulgados pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), referentes aos últimos 24 meses, os quais estabelecem fatores de emissão que correlacionam o consumo de energia elétrica às emissões de CO₂.

Tabela 37 – Histórico Consumo Energia Elétrica e Emissão CO₂

Período	Fator Médio Mensal (tCO ₂ /MWh)	Período	Fator Médio Mensal (tCO ₂ /MWh)
jan/24	0,04	jan/25	0,02
fev/24	0,04	fev/25	0,02
mar/24	0,03	mar/25	0,02
abr/24	0,02	abr/25	0,03
mai/24	0,03	mai/25	0,03
jun/24	0,04	jun/25	0,05
jul/24	0,06	jul/25	0,06
ago/24	0,07	ago/25	0,07

Período	Fator Médio Mensal (tCO ₂ /MWh)	Período	Fator Médio Mensal (tCO ₂ /MWh)
set/24	0,09	set/25	0,06
out/24	0,11	out/25	0,07
nov/24	0,07	nov/25	0,08
dez/24	0,06	dez/25	0,05

Fonte: Dados divulgados pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações.
<https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/dados-e-ferramentas/fatores-de-emissao>. Acesso em 30/04/2026.

Considerando os valores detalhados na tabela acima, a média mensal na redução de CO₂ com a modernização do parque de IP seria:

Tabela 38 – Redução Emissão CO₂ pelo consumo de energia elétrica

Fator	Redução CO ₂
Fator Médio – últimos 24 meses (tCO ₂ /MWh)	0,05028
Fator Médio – últimos 24 meses (tCO ₂ /kWh)	0,000050

Fonte: Elaboração KMR

A partir desta premissa, e considerando a diminuição do consumo de energia elétrica, pode-se estimar a redução na emissão de CO₂ por meio da modernização e eficientização da rede de IP:

Tabela 39 – Redução Emissão CO₂ pela PPP

Parâmetro	Valor
Consumo Mensal Atual de Energia Elétrica para IP (MWh)	586,20
Consumo Mensal Futuro de Energia Elétrica para IP (MWh)	288,86
Redução Mensal no Consumo do Parque de IP (MWh)	297,34
Redução Mensal da Emissão de tCO ₂	14,95
Redução Anual da Emissão de tCO₂	179,40

Fonte: Elaboração KMR.

5. EQUIPAMENTOS DE CIDADES INTELIGENTES

5.1. Introdução

Os equipamentos de Cidades Inteligentes constituem um conjunto integrado de soluções tecnológicas voltadas à modernização da infraestrutura urbana e à promoção do conceito de cidade inteligente. Dentre essas soluções, destacam-se os sistemas de monitoramento por câmeras de alta definição, dotados de funcionalidades de reconhecimento facial e veicular, que contribuem para a prevenção de ilícitos, o monitoramento de áreas estratégicas e a identificação de ocorrências em pontos críticos do território urbano.

Quando integrados em uma plataforma unificada de gestão, esses sistemas formam a base tecnológica para uma cidade mais segura, eficiente e conectada, proporcionando benefícios diretos em áreas como mobilidade urbana, segurança pública, gestão ambiental e qualidade de vida da população.

Os valores estimados de investimentos (CAPEX) e custos operacionais (OPEX) associados aos Equipamentos de Cidades Inteligentes serão detalhados nos itens 7 e 8 deste documento.

5.2. Soluções

A Concessionária deverá implantar um conjunto integrado de soluções de Cidades Inteligentes, contemplando plataforma tecnológica destinada à gestão, controle e conectividade de múltiplos sistemas urbanos. Essa plataforma deverá possibilitar o armazenamento e a análise de dados, a atualização remota de parâmetros operacionais, o monitoramento em tempo real e a identificação preventiva de falhas nos ativos instalados.

A solução deverá, ainda, estar plenamente integrada aos sistemas operacionais que compõem o Centro de Controle Operacional (CCO), assegurando a centralização das informações e o gerenciamento coordenado das funcionalidades relacionadas à mobilidade urbana, segurança pública, gestão ambiental e comunicação com a população.

Na sequência, são apresentadas as soluções prioritárias definidas pelo Poder Concedente.

5.2.1. Telegestão

A telegestão corresponde a um sistema integrado de hardware e software embarcado nas luminárias, destinado ao monitoramento, controle e gestão remota dos pontos de iluminação pública no município. Por meio da utilização de controladores inteligentes conectados em rede, o sistema possibilita o ajuste dinâmico dos níveis de iluminação, a detecção de falhas em tempo real e a otimização do consumo energético.

Seu funcionamento baseia-se na comunicação bidirecional entre os dispositivos de campo, tais como controladores individuais e concentradores, e a infraestrutura central de gestão. Essa arquitetura permite o acompanhamento contínuo da operação da rede e a realização de intervenções remotas pelos operadores a partir do Centro de Controle Operacional (CCO). A figura a seguir ilustra o fluxo de comunicação entre os equipamentos de campo e o ambiente central de controle.

Figura 35 - Fluxo de informação da Telegestão



Fonte: Elaboração KMR.

A Concessionária deverá implantar sistema de telegestão nos pontos de iluminação pública do município, contemplando plataforma tecnológica integrada para gestão, controle e conectividade dos ativos. A solução deverá possibilitar o armazenamento e a análise de dados operacionais, a atualização remota de parâmetros, a identificação de falhas nos equipamentos e o monitoramento do consumo de energia em tempo real.

A plataforma de telegestão deverá estar plenamente integrada aos sistemas operacionais do Centro de Controle Operacional (CCO), garantindo a centralização das informações e a gestão coordenada da rede de iluminação pública.

Entre as funcionalidades essenciais do sistema, destaca-se a dimerização, que permite a regulação dinâmica dos níveis de luminosidade, de forma programada ou por controle remoto. Essa funcionalidade contribui para a otimização do consumo energético e representa potencial de redução dos custos operacionais ao longo da concessão.

Adicionalmente, o sistema de telegestão deverá ser estruturado de modo a permitir a integração de soluções associadas ao conceito de Cidades Inteligentes, inclusive com a possibilidade de agregação de serviços complementares e geração de receitas acessórias.

Conforme diretriz estabelecida pelo Poder Concedente, está prevista a implantação do sistema de telegestão em 45% dos pontos de iluminação do cadastro base, totalizando 6.623 pontos equipados com essa tecnologia no município de São Bento do Sul.

Para a implantação da telegestão, deve ser observada uma ordem de priorização baseada na classificação das vias. As vias principais, classificadas como C1, C2 e C3, devem ser contempladas prioritariamente. Em seguida, a implantação deve avançar para as demais vias respeitando a sequência hierárquica, ou seja, contemplando primeiramente as vias classificadas como C4 e, por fim, as vias classificadas como C5.

5.2.2. Videomonitoramento

Os sistemas de videomonitoramento, conforme disposto na Portaria MCID nº 1.012, consistem em redes de câmeras instaladas em espaços públicos, destinadas à transmissão de imagens em tempo real para centros de controle. Esses sistemas viabilizam o acompanhamento de áreas estratégicas e o suporte às atividades de segurança pública e gestão urbana.

Quando integrados a tecnologias de inteligência artificial e visão computacional, passam a incorporar funcionalidades avançadas, como reconhecimento facial e veicular, identificação automatizada de objetos e detecção de padrões de comportamento, contribuindo para a formulação e execução de políticas públicas nas áreas de mobilidade, segurança, fiscalização e tomada de decisão em tempo real.

Conforme evidenciado no Diagnóstico Técnico-Operacional, o município dispõe atualmente de sistema de videomonitoramento implantado em 20

pontos, com utilização de dois tipos de câmeras por local, voltadas à leitura de placas veiculares e ao reconhecimento facial, cujas características são detalhadas na tabela 41.

Tabela 40 - Lista das Câmeras Instaladas no município

Modelos das Câmeras	Endereço
LPR IA - 94120 Intelbras e PTZ modelo VIP 5232 SD IA	Rua Filipe Schmidt X Rua Nereus Ramos
LPR IA - 94120 Intelbras e PTZ modelo VIP 5232 SD IA	Rodovia Móveis - Escola Sophia Schwedler
LPR IA - 94120 Intelbras e PTZ modelo VIP 5232 SD IA	Rua Jorge Lacerda x Av. Argolo
LPR IA - 94120 Intelbras e PTZ modelo VIP 5232 SD IA	Rua Jorge Diner x Antonio Kaesemodel
LPR IA - 94120 Intelbras e PTZ modelo VIP 5232 SD IA	Av. Genny Scholze Brand x R. Gustavo Brand
LPR IA - 94120 Intelbras e PTZ modelo VIP 5232 SD IA	Av. Argolo x Rua Dom Pedro II
LPR IA - 94120 Intelbras e PTZ modelo VIP 5232 SD IA	SC 418 x Av. Dos Imigrantes
LPR IA - 94120 Intelbras e PTZ modelo VIP 5232 SD IA	Ac. Sul Pedro Bayerl x Rua Otto Eduardo
LPR IA - 94120 Intelbras e PTZ modelo VIP 5232 SD IA	Rua Benjamin Constant - Centro Adm
LPR IA - 94120 Intelbras e PTZ modelo VIP 5232 SD IA	Rua Augusto Wunderwald x Av. dos Imigrantes
LPR IA - 94120 Intelbras e PTZ modelo VIP 5232 SD IA	R. Antônio Kaesemodel x R. Otto Kaesemodel
LPR IA - 94120 Intelbras e PTZ modelo VIP 5232 SD IA	Rua Cruzeiro x Rua Iracema
LPR IA - 94120 Intelbras e PTZ modelo VIP 5232 SD IA	Rua Matias Nossol
LPR IA - 94120 Intelbras e PTZ modelo VIP 5232 SD IA	Av. São Bento x Rua Berta Knop
LPR IA - 94120 Intelbras e PTZ modelo VIP 5232 SD IA	R. Wilson João Bento x R. Valdete Nazário
LPR IA - 94120 Intelbras e PTZ modelo VIP 5232 SD IA	R. Augusto Klimmek x R. Alfredo Klimmek
LPR IA - 94120 Intelbras e PTZ modelo VIP 5232 SD IA	Rua Conrado Liebl x Rua Carlos Rueckl
LPR IA - 94120 Intelbras e PTZ modelo VIP 5232 SD IA	Rua Augusto Wunderwald x Rua Amanda Jorgensen
LPR IA - 94120 Intelbras e PTZ modelo VIP 5232 SD IA	Av. Gustavo Eichendorf x SC 418
LPR IA - 94120 Intelbras e PTZ modelo VIP 5232 SD IA	Estrada das Neves x Rua Olga Lobermayer

Fonte: Elaboração KMR Energia com base nos documentos enviados pelo Poder Concedente.

Conforme indicado pelo município, os locais para a implantação de novas câmeras, bem como as tecnologias dos equipamentos a serem instalados, são os apresentados na tabela a seguir:

Tabela 41 - Locais para Instalação de Novas Câmeras

Nº	Endereço	Tecnologia de Câmera	Observação
1	Rua Antônio dos Santos x Rua Leonardo Krainski, Rio Vermelho Estação	Leitura de Placa	Sem observações
2	Rua João Pauli x Avenida São Bento, Colonial	Leitura de Placa	Sem observações
3	Rua Schramm x Rua Fernando Hubl, Schramm	Leitura de Placa	Sem observações
4	Estrada Alberto Torres x Estrada Carlos Hurlman, Rio Vermelho Povoado	Leitura de Placa	Sem observações
5	Estrada Cruzeiro x Estrada Carlos Müller, Cruzeiro	Leitura de Placa	Sem observações
6	Estrada Dona Francisca x Rodovia dos Móveis, Dona Francisca	Leitura de Placa	Sem observações
7	Rua Max Meier x Rua Afonso Spitzner, Lençol	Leitura de Placa	Sem observações
8	Rua Francisco Soehtje x Rod. Dep. Gnésio Tureck, Brasília	Leitura de Placa	Sem observações
9	Rua Otto Eduardo Lepper x Mathias Nossol, Serra Alta	Leitura de Placa	Sem observações
10	Rua Otto Eduardo Lepper	Reconhecimento Facial	Hub Serra Alta
11	Rua Amandus Jorgensen	Reconhecimento Facial	Hub Centenário
12	Rua Francisco Spitzner	Reconhecimento Facial	Hub Oxford
13	Rua Barão do Rio Branco	Reconhecimento Facial	Praça Jardim dos Imigrantes
14	Av São Bento x Rua João Pauli	Reconhecimento Facial	UPA
15	Rua Paulo Müller	Reconhecimento Facial	Parque 23 de Setembro
16	Rua Barão do Rio Branco	Reconhecimento Facial	Morro da Igreja Matriz + Iteireiro
17	Travessa Teodoro Koch	Reconhecimento Facial	Praca do Centenário
18	Rua Antonio Kaesemodel	Reconhecimento Facial	Praça Leopoldo Rudnick

Nº	Endereço	Tecnologia de Câmera	Observação
19	Rua Hans Dieter Schmidt	Reconhecimento Facial	Praça bairro Centenário
20	Avenida José Grossl 840	Reconhecimento Facial	Praca Mauro Sadowski
21	Rua Narciso Rauen esq Gov Pedro Ivo	Reconhecimento Facial	Praça 25 de Julho
22	Av Imigrantes	Reconhecimento Facial	Ecoparque Samae 1
23	Rua Monte Castelo s/n (campo do Remo)	Reconhecimento Facial	Ecoparque Samae 2

Fonte: Elaboração KMR Energia com base nos documentos enviados pelo Município.

Será implantada uma câmera por localidade, totalizando 23 novas unidades. Para cada ponto de instalação, deverão ser previstos todos os elementos necessários ao pleno funcionamento do sistema, incluindo estruturas de suporte (postes e fixações), infraestrutura elétrica, sistemas de alimentação ininterrupta (no-breaks) e demais componentes auxiliares.

As câmeras deverão atender, no mínimo, às especificações definidas no Estudo de Engenharia. Todas as câmeras deverão apresentar certificação INMETRO. Para sistemas com reconhecimento facial, recomenda-se a adoção de equipamentos dotados de zoom óptico mínimo de 32x, possibilitando maior alcance e detalhamento das imagens, associados a recursos de inteligência artificial embarcada para processamento local e aumento da assertividade das análises. Adicionalmente, devem contemplar tecnologia do tipo Starlight ou equivalente, garantindo desempenho adequado em condições de baixa luminosidade, bem como resolução mínima de 4 megapixels, assegurando qualidade suficiente para identificação de indivíduos. Os equipamentos deverão possuir grau de proteção mínimo IP67 e resistência mecânica IK10, além de alimentação via PoE ativo (IEEE 802.3at), visando simplificação da instalação. É desejável, ainda, a funcionalidade de autotracking para acompanhamento automático de alvos em movimento.

Para câmeras destinadas à leitura de placas veiculares (LPR/ANPR), os equipamentos deverão ser capazes de realizar captura e reconhecimento automático com precisão compatível com os padrões operacionais, com resolução mínima de 4 megapixels. Adicionalmente, devem permitir a identificação de atributos veiculares, como cor, e possibilitar a geração de relatórios operacionais e gerenciais. Deverão também contar com interfaces de entrada e saída para integração com outros sistemas de segurança.

Em conformidade com a ABNT NBR IEC 62676, os sistemas de videomonitoramento deverão ser projetados, implantados e operados de forma a garantir níveis adequados de qualidade de imagem, confiabilidade,

disponibilidade e integridade das informações. O dimensionamento do sistema deverá considerar os objetivos específicos da vigilância — tais como detecção, observação, reconhecimento ou identificação —, assegurando compatibilidade entre parâmetros técnicos (resolução, taxa de quadros, sensibilidade luminosa e contraste) e o nível de detalhamento requerido. A disposição e especificação dos equipamentos deverá garantir cobertura eficiente das áreas de interesse, minimizando pontos cegos e respeitando as condições ambientais e operacionais de cada local.

Adicionalmente, deverá ser adotada arquitetura baseada em computação em nuvem (cloud computing) para os sistemas de reconhecimento facial e leitura de placas, permitindo centralização do processamento, armazenamento e análise de dados em ambiente escalável e de alta disponibilidade. Essa abordagem viabiliza a elasticidade de recursos conforme a demanda, a integração com bases de dados externas, a geração de painéis gerenciais em tempo real e o acesso remoto seguro a partir do Centro de Controle Operacional (CCO). A solução deverá observar integralmente a legislação vigente, especialmente a Lei Geral de Proteção de Dados (Lei nº 13.709/2018), reduzindo a necessidade de infraestrutura local dedicada e ampliando a interoperabilidade com outros sistemas urbanos.

A comunicação das câmeras deverá ser realizada preferencialmente por rede de fibra óptica, garantindo elevada capacidade de transmissão de dados, baixa latência e alta confiabilidade. Essa solução assegura a escalabilidade do sistema, possibilitando expansões futuras sem comprometimento do desempenho.

Compete à Concessionária a execução das atividades de manutenção preventiva, corretiva e preditiva dos equipamentos já instalados no município, conforme relação apresentada na Tabela 41 deste item.

Por fim, a implantação e operação do sistema deverão observar integralmente as disposições da Lei nº 13.709/2018 (Lei Geral de Proteção de Dados – LGPD). O tratamento das imagens deverá assegurar os princípios de confidencialidade, integridade, disponibilidade, autenticidade e legalidade, com adoção de medidas técnicas e administrativas de governança, controle de acesso e rastreabilidade, garantindo que o uso e o compartilhamento das informações estejam restritos a finalidades legítimas de interesse público, como segurança urbana e gestão de tráfego.

5.2.3. Áreas de risco

Em áreas sujeitas a riscos ambientais, recomenda-se a implantação de Sistemas de Monitoramento Ambiental e de Riscos Climáticos. Conforme

definido na Portaria MCID nº 1.012, tais sistemas integram dispositivos como sensores meteorológicos e hidrológicos — incluindo pluviômetros, estações hidrológicas, câmeras e radares — destinados à coleta e transmissão de dados em tempo real.

Esses sistemas permitem a detecção, o monitoramento e a antecipação de eventos climáticos adversos, subsidiando ações de prevenção, mitigação e resposta a desastres naturais. Integrados por redes de comunicação, constituem componente relevante da infraestrutura digital urbana, ao proporcionar suporte informacional qualificado para a gestão de riscos e a tomada de decisão pelas autoridades competentes.

Conforme evidenciado no Diagnóstico Técnico-Operacional, foram identificadas áreas prioritárias para a implantação dessas soluções no município. A tabela a seguir apresenta os locais selecionados para a implementação dos sistemas de monitoramento ambiental.

Tabela 42 - Áreas de Risco Prioritárias

Nº	Local	Risco
1	Bairro Serra Alta	Alagamento
2	Bairro Centenário	Alagamento
3	Bairro 25 de Julho	Deslizamento
4	Bairro Schramm	Alagamento
5	Vila Andorinha - Centro	Deslizamento
6	Morro da Mariquinha - Bairro Serra Alta	Deslizamento

Fonte: Elaboração KMR Energia com base nos documentos enviados pelo Município.

A partir do mapeamento dos tipos de risco associados a cada localidade, torna-se possível definir soluções tecnológicas específicas para o atendimento das áreas identificadas, mediante a implantação de sistemas de monitoramento e alerta compatíveis com as características de cada risco. Essa abordagem permite a adoção de medidas direcionadas, ampliando a eficácia na prevenção, detecção e mitigação de eventos adversos.

As soluções propostas para cada local são apresentadas na tabela a seguir.

Tabela 43 - Soluções para Áreas de Risco Prioritárias

Nº	Local	Risco	Solução
1	Bairro Serra Alta	Alagamento	Régua de nível, Câmera com I.A
2	Bairro Centenário	Alagamento	Régua de nível, Câmera com I.A
3	Bairro 25 de Julho	Deslizamento	Datalogger, Inclinômetro, Piezômetro
4	Bairro Schramm	Alagamento	Régua de nível, Câmera com I.A

Nº	Local	Risco	Solução
5	Vila Andorinha – Centro	Deslizamento	Datalogger, Inclinômetro, Piezômetro
6	Morro da Mariquinha - Bairro Serra Alta	Deslizamento	Datalogger, Inclinômetro, Piezômetro

Fonte: Elaboração KMR Energia com base nos documentos enviados pelo Município.

5.2.3.1. Áreas com Riscos de Deslizamento

A seguir são apresentados os equipamentos propostos para o monitoramento de áreas classificadas como de risco de deslizamento, com suas respectivas funcionalidades, tipologias e requisitos técnicos mínimos.

I. Inclinômetro

O inclinômetro é um sensor destinado à medição de variações de inclinação e deslocamentos em maciços de solo, taludes e encostas, sendo amplamente utilizado para a detecção de instabilidades geotécnicas. Sua aplicação permite identificar movimentos incipientes que possam evoluir para processos de escorregamento, constituindo instrumento essencial em sistemas de monitoramento e alerta precoce.

No contexto de soluções de Cidades Inteligentes, o inclinômetro opera como um ponto crítico de telemetria, possibilitando o acompanhamento contínuo do comportamento do terreno, a emissão automatizada de alertas e o suporte à tomada de decisão pelas autoridades competentes, como a Defesa Civil, para a adoção de medidas preventivas, incluindo evacuação de áreas, execução de obras de contenção e restrição de acessos.

Os inclinômetros podem ser classificados em duas tipologias principais:

- **Inclinômetros de superfície**, instalados diretamente sobre o solo ou em estruturas, que realizam medições angulares por meio de sensores de alta precisão;
- **Inclinômetros de tubo/sonda (tipo in-place)**, compostos por tubos instrumentados instalados ao longo do maciço, capazes de monitorar deslocamentos laterais ao longo da profundidade, de forma contínua e automatizada.

Para os fins do presente estudo, adota-se o uso de inclinômetros do tipo *in-place*, considerando as características geotécnicas das áreas de implantação, predominantemente compostas por encostas e taludes. Essa tecnologia apresenta maior confiabilidade e precisão no monitoramento contínuo, permitindo a detecção precoce de movimentações e a avaliação consistente do comportamento estrutural do terreno ao longo do tempo.

Os dados coletados pelos sensores deverão ser transmitidos automaticamente, por meio de redes de comunicação compatíveis (como LoRaWAN, redes celulares ou rádio), para a central de monitoramento, onde serão analisados de forma integrada com outras variáveis relevantes, como precipitação, pressão de poro e umidade do solo.

Requisitos técnicos mínimos:

- Resolução mínima: 0,004 mm/m;
- Confiabilidade: $\geq 95\%$;
- Incerteza máxima: 0,01%;
- Faixa operacional de temperatura: -40°C a 60°C ;
- Grau de proteção mínimo: IP68.

II. Piezômetro

O piezômetro é um instrumento destinado à medição da pressão de poro no interior do solo, parâmetro fundamental para a avaliação da estabilidade de taludes. O aumento da pressão neutra reduz a resistência ao cisalhamento do maciço, podendo desencadear processos de deslizamento, especialmente em períodos de elevada pluviometria.

No contexto de sistemas de monitoramento, o piezômetro fornece informações contínuas sobre o comportamento hidráulico do terreno, permitindo a identificação de condições críticas associadas ao acúmulo de água e à elevação do nível freático. Quando integrado a plataformas de gestão, possibilita a geração de alertas automáticos e o apoio à tomada de decisão em tempo hábil.

Os principais tipos de piezômetros utilizados incluem:

- **Piezômetros de corda vibrante**, baseados na deformação de um diafragma sensível à pressão, amplamente empregados em monitoramento contínuo devido à sua precisão e estabilidade;
- **Piezômetros de coluna d'água**, que medem diretamente o nível piezométrico por meio da altura da coluna líquida.

Para os fins deste estudo, adota-se o piezômetro do tipo corda vibrante, em razão de sua elevada sensibilidade, confiabilidade e desempenho em medições de longo prazo, especialmente em condições adversas de campo. Essa tecnologia é amplamente consolidada em aplicações geotécnicas e permite acompanhamento contínuo do comportamento hidráulico do maciço.

Os dados coletados deverão ser transmitidos automaticamente aos centros de monitoramento, utilizando redes de comunicação adequadas, possibilitando a análise conjunta com outros parâmetros ambientais e a emissão de alertas em situações de risco elevado.

Requisitos técnicos mínimos:

- Resolução mínima: 0,025%;
- Confiabilidade: $\geq 95\%$;
- Incerteza máxima: 0,01%;
- Faixa operacional de temperatura: -20°C a 80°C ;
- Grau de proteção mínimo: IP68.

III. Datalogger

O datalogger é o equipamento responsável pela aquisição, registro e transmissão dos dados provenientes dos sensores geotécnicos, tais como piezômetros e inclinômetros, instalados para o monitoramento de encostas. Atua como unidade central de instrumentação, assegurando a coleta contínua, a integridade e a rastreabilidade das medições em campo, além de consolidar múltiplas entradas em uma única plataforma de telemetria para monitoramento remoto em tempo real e gestão centralizada das informações.

No âmbito de sistemas de alerta precoce, o datalogger permite a parametrização de intervalos de leitura, o armazenamento histórico (com redundância em caso de indisponibilidade de comunicação) e o envio automático das medições para centros de monitoramento/CCO. Quando configurado com limites operacionais, viabiliza a geração de notificações automáticas diante de extrapolação de parâmetros críticos, como elevação de pressão de poro ou deslocamentos anormais, apoiando a tomada de decisão por órgãos competentes, a exemplo da Defesa Civil.

O funcionamento baseia-se na leitura dos sinais elétricos gerados pelos sensores, sua conversão em dados digitais e a disponibilização em formato adequado para análise e integração com outras variáveis (p. ex., precipitação e umidade do solo). As funcionalidades mínimas esperadas incluem:

- **Aquisição multicanal:** conexão simultânea de diferentes sensores, com consolidação das leituras em um único equipamento;
- **Armazenamento interno:** registro local do histórico de medições, garantindo continuidade e redundância em falhas de comunicação;

- **Transmissão remota:** envio automatizado via redes compatíveis (ex.: LoRaWAN, 4G/5G ou rádio), com integração a plataformas de monitoramento;
- **Configuração programável:** definição de frequência de leitura, rotinas de envio e parâmetros de alarme;
- **Baixo consumo de energia:** viabiliza operação autônoma com baterias e/ou sistemas de energia solar, especialmente em áreas remotas.

Os dataloggers podem ser classificados, de forma geral, como: (i) autônomos (standalone), com armazenamento local; (ii) com telemetria integrada, com envio contínuo em tempo real; (iii) modulares, com arquitetura expansível por módulos; e (iv) IoT, projetados para integração direta com ecossistemas de Internet das Coisas e redes LPWAN.

Para os Estudos de Engenharia, definiu-se a adoção de datalogger IoT com, no mínimo, 4 canais de aquisição, destinado à coleta, armazenamento e transmissão dos dados do sistema de instrumentação geotécnica. Essa configuração atende à necessidade de monitoramento simultâneo de diferentes sensores, com redução de complexidade de infraestrutura, otimização de instalação e facilitação da manutenção, além de permitir transmissão contínua e segura dos dados para plataformas remotas de monitoramento.

Os dataloggers deverão atender, no mínimo, às seguintes especificações:

- Canais de leitura: ≥ 4 .
- Resolução mínima: 1/65.000.
- Confiabilidade: $\geq 95\%$.
- Incerteza máxima: 0,01%.
- Faixa operacional de temperatura: -40°C a 60°C .
- Grau de proteção mínimo: IP65.

IV. Concentrador ou Gateway

O gateway, ou concentrador, é o equipamento responsável por estabelecer a interface entre os dataloggers instalados em campo e a plataforma de monitoramento em nuvem, atuando como elemento central de comunicação e integração do sistema de instrumentação geotécnica.

Sua função principal consiste em receber, processar e transmitir os dados provenientes dos piezômetros e inclinômetros, viabilizando o acesso remoto

às informações e o acompanhamento contínuo das condições geotécnicas das áreas monitoradas.

Integrado às plataformas de monitoramento e aos sistemas de alerta, o gateway assegura a atualização contínua das bases de dados e possibilita a geração automatizada de notificações sempre que parâmetros críticos ultrapassam limites preestabelecidos. Dessa forma, contribui diretamente para o aprimoramento da gestão de riscos e para o suporte à tomada de decisão pelos órgãos competentes, como a Defesa Civil.

O funcionamento do gateway baseia-se na comunicação com os dataloggers por meio de interfaces físicas ou protocolos de comunicação específicos, realizando a coleta, a conversão e o encaminhamento dos dados para redes de longa distância. Esse processo viabiliza a transmissão segura e estruturada das informações para a plataforma central de monitoramento.

Entre suas principais características e funcionalidades, destacam-se:

- Conectividade múltipla: suporte a diferentes tecnologias de comunicação, como 3G/4G/5G, LoRaWAN, rádio ou Ethernet, adaptando-se às condições de campo;
- Armazenamento local (buffer): retenção temporária dos dados em caso de falha de comunicação, evitando perdas de informação;
- Transmissão segura: utilização de protocolos com criptografia e autenticação, garantindo a integridade e confidencialidade dos dados;
- Compatibilidade de protocolos: integração com diferentes tipos de dataloggers e sensores, assegurando interoperabilidade do sistema;
- Configuração remota: possibilidade de parametrização, atualização de firmware e diagnóstico à distância;
- Baixo consumo energético: operação eficiente, permitindo uso em conjunto com sistemas autônomos de energia, como painéis solares.

Os principais tipos de gateway incluem:

- Gateway celular: utiliza redes móveis para transmissão de dados, sendo amplamente empregado em áreas com cobertura de telecomunicações;
- Gateway LPWAN: voltado para redes de baixo consumo e longo alcance, como LoRaWAN, ideal para aplicações distribuídas e com restrição energética;
- Gateway híbrido: combina diferentes tecnologias de comunicação, garantindo maior redundância e confiabilidade na transmissão;

- Gateway IoT: desenvolvido para integração direta com plataformas em nuvem, utilizando protocolos como MQTT e HTTP, favorecendo a escalabilidade e interoperabilidade em soluções de Cidade Inteligente.

Ao viabilizar a comunicação entre os dispositivos de campo e a infraestrutura central em nuvem, o gateway transforma o sistema de monitoramento em uma solução integrada e inteligente, permitindo acesso contínuo às informações, análise consolidada dos dados e maior eficiência na prevenção de eventos adversos e na gestão de ativos geotécnicos.

Para os Estudos de Engenharia, definiu-se a adoção de gateway do tipo IoT para comunicação e integração dos dados provenientes do sistema de instrumentação geotécnica, considerando a necessidade de transmissão contínua, segura e eficiente das informações coletadas em campo. A escolha dessa solução se justifica por sua capacidade de atuar como elemento de interface entre os dataloggers e as plataformas de monitoramento em nuvem, garantindo conectividade mesmo em localidades com infraestrutura limitada. Dessa forma, o gateway IoT configura-se como a solução mais adequada, assegurando a disponibilidade das informações em tempo real, a integridade dos dados transmitidos e o suporte à tomada de decisão no âmbito das ações de monitoramento e prevenção de riscos geotécnicos.

Os gateways deverão atender, no mínimo, às especificações estabelecidas no Estudo de Engenharia, de modo a garantir desempenho adequado na transmissão e integração dos dados. Os equipamentos devem possuir, no mínimo, 8 GB de memória, permitindo capacidade suficiente para processamento e gerenciamento das informações em campo, bem como suportar a integração simultânea de, no mínimo, 5 dataloggers, promovendo a centralização dos dados e a otimização da infraestrutura de comunicação. Adicionalmente, deverão operar de forma estável em faixa de temperatura entre -40°C e 80°C, compatível com as condições ambientais de instalação. Quanto à proteção, os dispositivos devem apresentar grau mínimo IP66, assegurando resistência à poeira e a jatos de água, contribuindo para sua durabilidade, confiabilidade e operação contínua em ambientes externos.

No que se refere ao sistema de monitoramento associado, este deverá atender, no mínimo, às especificações definidas no Estudo de Engenharia, assegurando desempenho, confiabilidade e suporte qualificado à tomada de decisão. A plataforma deverá possibilitar o monitoramento contínuo dos dados provenientes da instrumentação geotécnica, com acompanhamento em tempo real das condições de campo, e operar em ambiente de computação em nuvem para processamento e análise das informações. A solução deverá incorporar funcionalidades de análise histórica e identificação

de padrões, anomalias e tendências, permitindo avaliações comparativas e acompanhamento evolutivo dos parâmetros monitorados. Deverá, ainda, dispor de mecanismos de geração de alertas automatizados, com envio de notificações aos responsáveis sempre que parâmetros críticos ultrapassarem limites predefinidos, contribuindo para respostas tempestivas e mitigação de riscos.

O sistema proposto para monitoramento de encostas baseia-se na integração entre instrumentação geotécnica e plataforma centralizada de análise, estruturado em uma lógica sequencial de detecção, correlação e resposta a eventos de instabilidade.

A etapa inicial consiste na avaliação da resposta hidrogeotécnica do maciço por meio de piezômetros, responsáveis pelo monitoramento de variáveis como pressão de poros e tendências de elevação do nível freático. Esses dados permitem identificar processos de infiltração e a consequente redução progressiva da resistência do solo, possibilitando a classificação do nível de criticidade e a antecipação de cenários de risco.

Em estágios mais avançados, os inclinômetros complementam o monitoramento ao permitir a detecção de deslocamentos internos, velocidade de movimentação e profundidade dos planos potenciais de ruptura, viabilizando a identificação de instabilidades iminentes e o acompanhamento da evolução dos processos de deformação do terreno.

As informações coletadas pelos sensores são transmitidas em tempo real para uma plataforma central por meio do gateway, onde são submetidas a rotinas de análise que correlacionam variáveis climáticas e geotécnicas. Essa integração permite a geração automatizada de alertas e o suporte qualificado à tomada de decisão, contribuindo para a implementação de medidas preventivas e mitigadoras.

Dessa forma, a solução configura um sistema integrado de monitoramento contínuo, alinhado aos princípios de Cidades Inteligentes, capaz de promover maior eficiência na gestão de riscos geotécnicos e na prevenção de desastres.

Para a instalação dos instrumentos de monitoramento (piezômetros e inclinômetros), é necessária a execução de serviços de perfuração geotécnica, denominados sondagem, considerados nos Estudos de Engenharia como etapa essencial para a implantação adequada da instrumentação.

A sondagem consiste na execução de perfurações geotécnicas com o objetivo de caracterizar o perfil do solo ou da rocha, identificar níveis d'água e viabilizar a instalação de instrumentação destinada ao monitoramento de pressão neutra. A execução deve assegurar a integridade do furo, o controle de

diâmetro e a estabilidade das paredes, bem como possibilitar a adequada instalação de componentes como zona filtrante, selos hidráulicos e coluna de proteção, garantindo a confiabilidade e a continuidade das medições ao longo do tempo.

Diversos métodos de sondagem podem ser empregados na investigação do subsolo, variando quanto à profundidade de aplicação, tipo de material investigado, nível de detalhamento e custo operacional. Entre os principais, destacam-se as sondagens à percussão (SPT), rotativa e mista, sendo a escolha do método condicionada às exigências do estudo e às características geológicas e geotécnicas do local.

Para os Estudos de Engenharia é indicada a sondagem do tipo mista, por combinar as vantagens dos métodos à percussão e rotativo. Essa técnica apresenta maior eficácia em perfis geotécnicos heterogêneos, com ocorrência simultânea de solo e materiais mais resistentes, como rochas ou camadas muito compactas, sendo especialmente indicada para áreas de encostas, taludes e zonas de transição. A utilização desse método assegura continuidade na investigação e maior confiabilidade na caracterização do subsolo.

Compete à Concessionária a elaboração de estudo geotécnico específico, contemplando a caracterização do solo, a análise das condições locais e a avaliação das metodologias de sondagem aplicáveis, com o objetivo de definir o procedimento executivo mais adequado à instalação dos instrumentos. Esse estudo deverá considerar as particularidades dos equipamentos, o comportamento dos diferentes materiais e as condições de implantação, de modo a assegurar compatibilidade entre os métodos adotados e os requisitos técnicos de cada instrumento, garantindo a adequada instalação e o desempenho do sistema de monitoramento.

Para cada instrumento, deverão ser previstos todos os componentes necessários à sua instalação e operação, incluindo cabeamentos, sistemas de alimentação — preferencialmente autônomos, quando aplicável — e demais acessórios técnicos, conforme as especificações do projeto.

A comunicação dos sistemas de monitoramento geotécnico, incluindo piezômetros, inclinômetros, dataloggers e gateways, deverá preferencialmente ser realizada por meio de rede de fibra óptica, de modo a assegurar elevada capacidade de transmissão, baixa latência e confiabilidade na comunicação dos dados.

5.2.3.2. Áreas com Riscos de Alagamento

A seguir é apresentada a descrição de cada equipamento proposto para atender às áreas com risco de alagamento.

I. Videomonitoramento e Software

Câmera de videomonitoramento, conectada a um sistema de monitoramento com Inteligência Artificial, posicionados de forma estratégica para captar continuamente imagens de uma régua de nível instalada na seção de controle do curso d'água. O sistema, equipado com algoritmos de IA embarcados, realiza o processamento das imagens em tempo real recebidas da câmera, identificando automaticamente a escala graduada da régua e convertendo a leitura visual em dados numéricos de nível d'água, mesmo sob variações de iluminação, presença de detritos ou condições climáticas adversas. Esses dados são então transmitidos via rede (4G, rádio ou fibra) para plataformas de monitoramento, onde podem ser integrados a sistemas de alerta hidrológico, permitindo o acompanhamento contínuo da dinâmica do rio, geração de históricos e emissão de avisos preventivos em situações de cheia, com elevada confiabilidade e redução da necessidade de medições manuais em campo.

Para cada câmera a ser instalada, será prevista a instalação de todos os acessórios necessários para a instalação das câmeras como poste, suportes de fixação, alimentação autônoma, entre outros que porventura sejam necessários para seu correto funcionamento. A conexão das câmeras deverá ser realizada por meio de rede de fibra óptica, garantindo elevada capacidade de transmissão de dados, baixa latência e alta confiabilidade na comunicação. A utilização de fibra óptica contribui para a escalabilidade do sistema, permitindo futuras expansões com desempenho consistente e segurança na transmissão das informações.

As câmeras deverão atender, minimamente, às especificações consideradas no Estudo de Engenharia. Recomenda-se a utilização de equipamentos que incorporem a tecnologia *Starlight*, garantindo desempenho superior em condições de baixa luminosidade e maior qualidade na captura de imagens em ambientes com iluminação reduzida. Deve-se assegurar resolução mínima de 4 megapixels (1080p), proporcionando nível adequado de detalhamento para as atividades de monitoramento e análise. Os equipamentos também devem possuir índice de proteção IP67 e IK10.

Em relação ao sistema ou software de monitoramento, este deverá atender, no mínimo, às especificações estabelecidas no Estudo de Engenharia, assegurando eficiência, confiabilidade e suporte à tomada de decisão. A

solução deve contemplar monitoramento contínuo dos dados provenientes das câmeras, permitindo o acompanhamento em tempo real das condições de campo. Adicionalmente, o sistema deve operar com processamento em nuvem, incorporando tecnologias de Inteligência Artificial (IA) para tratamento e análise dos dados, possibilitando a identificação de padrões, anomalias e tendências. Deve ainda oferecer recursos de análises avançadas e armazenamento de histórico, permitindo avaliações comparativas e acompanhamento evolutivo dos parâmetros monitorados. A plataforma deve dispor de alertas inteligentes, com transmissão automática de informações para os responsáveis, garantindo respostas rápidas a situações críticas e contribuindo para a mitigação de riscos.

Em relação ao sistema ou software de monitoramento, deverá atender, minimamente, às especificações consideradas no Estudo de Engenharia, como monitoramento contínuo, processamento em nuvem com tecnologia de I.A, análises avançadas e histórico, alertas inteligentes com transmissão de informações.

II. Régua de nível

Régua linimétrica de nível de rio instalada em seção de controle hidráulico, associada a um sistema automatizado de monitoramento, destinada à medição contínua da variação do nível d'água. A régua, devidamente graduada e posicionada em local com representatividade hidrológica, serve como referência visual para aquisição de dados, podendo ser integrada a câmeras ou sensores para leitura remota. Quando acoplada a tecnologias de visão computacional e Inteligência Artificial, o sistema é capaz de interpretar automaticamente a lâmina d'água em relação à escala da régua, convertendo essa informação em dados quantitativos com alta frequência temporal.

O sistema proposto para monitoramento de áreas suscetíveis a alagamentos, baseia-se na utilização de câmeras integradas a algoritmos de visão computacional para leitura automatizada de régua linimétrica instaladas em corpos hídricos. A solução opera de forma contínua, capturando imagens em tempo real e processando-as por meio de modelos de Inteligência Artificial, capazes de identificar com precisão o nível do rio a partir da régua de referência, mesmo sob condições adversas de iluminação, chuva ou turbidez.

O processo se inicia com a aquisição das imagens pela câmera, instalada em pontos estratégicos com visada direta à régua de nível. As imagens são transmitidas para um sistema embarcado ou para uma plataforma central, onde algoritmos de IA realizam a detecção da régua, segmentação da lâmina d'água e interpretação dos valores correspondentes ao nível hidrométrico.

Esses dados são então convertidos em séries temporais, permitindo o acompanhamento da evolução do nível do rio em tempo real, bem como a identificação de tendências de subida rápida.

Todas as informações deverão ser integradas a uma plataforma central de monitoramento, que consolida os dados, disponibiliza painéis analíticos e emite notificações automáticas para a Defesa Civil e demais agentes responsáveis. A solução permite, ainda, a integração com outros sistemas urbanos, ampliando a capacidade de resposta coordenada. Dessa forma, o sistema contribui para a redução de riscos, aumento da eficiência operacional e fortalecimento da resiliência urbana, por meio de uma abordagem inteligente, automatizada e de baixo custo de implantação, uma vez que utiliza infraestrutura visual como principal elemento de sensoriamento.



6. MODELO DE OPERAÇÃO

Ao longo deste item serão apresentados os principais aspectos do projeto, incluindo as fases de implementação, o modelo de operação da parceria público-privada (PPP) e o conjunto de serviços a serem executados pela Concessionária.

As diretrizes e premissas aqui estabelecidas servirão de base para o detalhamento do Modelo de Investimento e do Modelo de Custos e Despesas, apresentados mais adiante.

6.1. Modelo de Governança da PPP

O setor de iluminação pública, no contexto de uma parceria público-privada, estrutura-se a partir de um modelo de governança que estabelece claramente as atribuições dos principais agentes envolvidos:

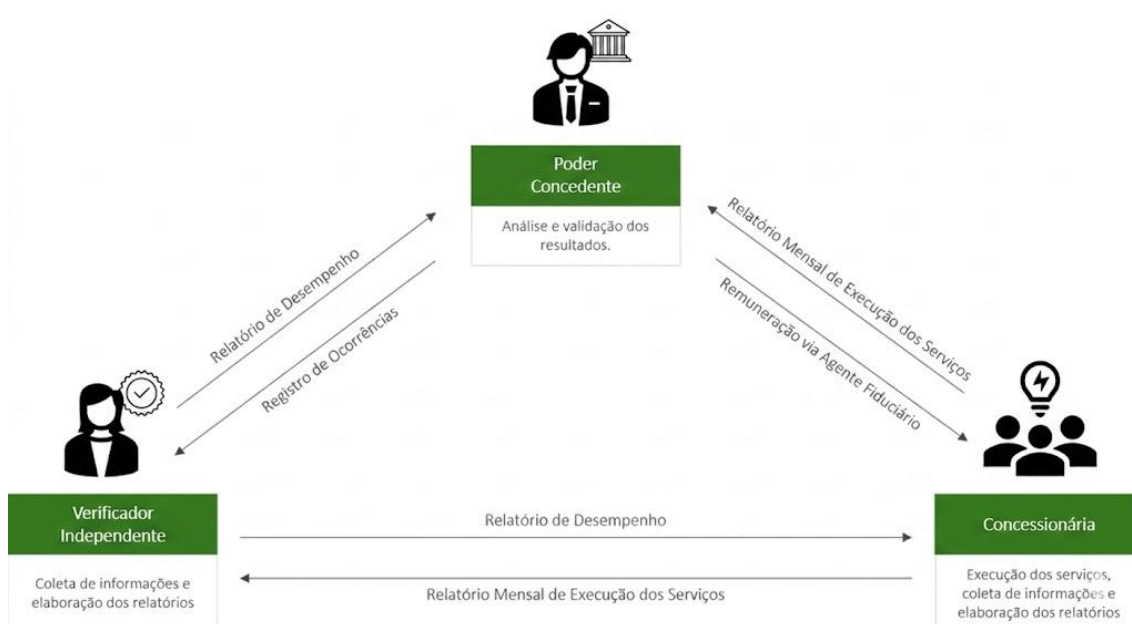
- **ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica):** responsável pela regulação do setor, estabelecendo diretrizes e normas aplicáveis aos serviços de iluminação pública;
- **Distribuidora de energia elétrica:** responsável pelo fornecimento de energia à rede de iluminação pública, pela manutenção do cadastro do parque instalado e pela apuração do faturamento mensal;
- **Município (Poder Concedente):** detentor dos ativos e da competência constitucional para a prestação dos serviços de iluminação pública e soluções de Cidades Inteligentes;
- **Concessionária de Iluminação Pública:** responsável, no âmbito da PPP, pela gestão dos ativos e pela execução das atividades de modernização, expansão, operação e manutenção do sistema de iluminação pública, bem como pela implantação e operação dos ativos associados às soluções de Cidades Inteligentes durante o prazo contratual.

De forma complementar, destaca-se a atuação do Verificador Independente, agente responsável por apoiar tecnicamente o Poder Concedente na gestão e fiscalização do contrato de PPP. Sua atuação compreende a verificação do cumprimento das obrigações contratuais, a validação de indicadores de desempenho e o apoio à tomada de decisão, contribuindo para a adequada execução do contrato e para a proteção dos interesses do Município.

A figura a seguir apresenta a estrutura de governança ao longo do período de execução da PPP, destacando as principais interações entre o Poder

Concedente, a Concessionária e o Verificador Independente, bem como suas respectivas responsabilidades.

Figura 36 - Modelo de governança durante a execução da PPP



Fonte: Elaboração KMR.

No que se refere à remuneração mensal da Concessionária, esta estará condicionada à validação do desempenho contratual pelo Verificador Independente, responsável pela aferição dos indicadores previamente estabelecidos. Dessa forma, o pagamento somente será autorizado após a confirmação do cumprimento dos níveis de serviço definidos.

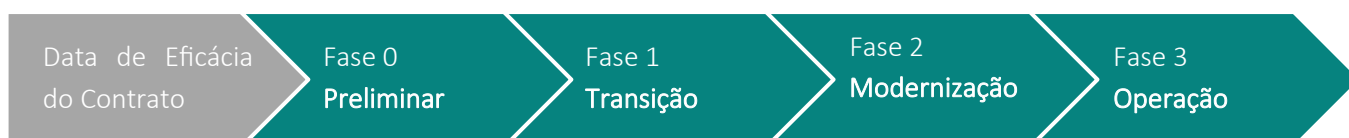
A operacionalização dos pagamentos não ocorrerá de forma direta pelo Poder Concedente. Para esse fim, será instituída uma Conta Vinculada à PPP, em conformidade com as melhores práticas de estruturação de concessões e parcerias público-privadas, conferindo maior segurança financeira ao arranjo contratual e aumentando a atratividade do projeto para o mercado.

A Conta Vinculada consiste em conta corrente de titularidade do Poder Concedente, mantida junto à Instituição Financeira Depositária, com movimentação restrita a esta instituição. Tal conta destina-se ao recebimento das receitas oriundas da arrecadação da Contribuição para Custeio do Serviço de Iluminação Pública (COSIP), assegurando a segregação dos recursos e sua destinação prioritária ao pagamento das obrigações contratuais da PPP.

6.2.Fases do Projeto

O cronograma abaixo foi estruturado de forma a contemplar todas as fases do projeto, desde a eficácia do contrato até o seu término.

Figura 37 - Macro cronograma do contrato da PPP



Fonte: Elaboração KMR

A data de eficácia constitui a condição inicial para a contagem do prazo contratual da PPP, a partir da qual tem início a execução da primeira fase do projeto. As fases subsequentes serão implementadas de acordo com os prazos e durações estabelecidos a seguir.

Tabela 44 - Premissas do Projeto – Prazos

Fases	Prazos
Prazo da Concessão	25 anos
Fase 0 – Preliminar	4 meses
Fase 1 – Transição	2 meses
Fase 2 – Modernização	12 meses
Fase 3 – Operação	Até o encerramento do prazo da PPP

Fonte: Elaboração KMR.

6.2.1. Fase 0 – Preliminar

A Fase Preliminar corresponde ao período de mobilização inicial da Sociedade de Propósito Específico (SPE), conforme estipulado no contrato da concessão, dedicada ao planejamento e preparação para o início das atividades operacionais. Essa etapa compreende a estruturação dos processos operacionais, a capacitação das equipes e o estabelecimento dos alinhamentos institucionais com o Poder Concedente.

No âmbito dessa fase, destacam-se, entre outras, as seguintes atividades: elaboração do Plano de Operação e Manutenção, implantação dos canais de atendimento à população e a atualização do cadastro georreferenciado do parque de iluminação pública.

6.2.2. Fase 1 – Transição

A Fase de Transição corresponde ao período em que ocorre a assunção do parque de iluminação pública pela Concessionária, com o início das atividades operacionais previstas no contrato. Nessa etapa, a Concessionária passa a assumir a responsabilidade pela operação e manutenção do sistema, garantindo a continuidade e a qualidade dos serviços prestados.

Adicionalmente, a fase contempla a elaboração do Plano de Modernização, documento que definirá as diretrizes técnicas, o cronograma de execução e as estratégias para a substituição e atualização dos ativos, em consonância com os níveis de serviço e os objetivos de desempenho estabelecidos no contrato de concessão.

6.2.3. Fase 2 – Modernização

Esta fase sucede a Fase 1 e corresponde ao período de execução das intervenções previstas nos projetos de modernização e efficientização definidos nos Estudos de Engenharia.

Nesse estágio, serão implementadas as ações de substituição e adequação dos ativos do sistema de iluminação pública, com vistas ao atendimento dos níveis de desempenho e eficiência estabelecidos no contrato. Adicionalmente, a fase contempla a implantação dos Equipamentos de Cidades Inteligentes, a execução dos projetos de Iluminação Especial e o atendimento à demanda reprimida, promovendo a ampliação e qualificação do parque de iluminação pública.

6.2.4. Fase 3 – Operação

Após a conclusão das atividades de modernização, inicia-se a Fase 3, que se estende até o término do prazo contratual da PPP. Essa etapa é caracterizada pela execução contínua dos serviços de operação e manutenção do parque de iluminação pública e dos Equipamentos de Cidades Inteligentes, incluindo a implantação de novos pontos em atendimento às demandas de expansão do sistema.

Ao final da vigência contratual, ocorrerá a reversão dos ativos ao Poder Concedente, compreendendo a transferência integral, pela Concessionária, de todos os componentes do sistema — incluindo luminárias, braços, postes e demais elementos da rede de iluminação pública — bem como dos equipamentos associados às soluções de Cidades Inteligentes.

Adicionalmente, a Concessionária deverá elaborar, com antecedência ao encerramento da concessão, o Plano de Desmobilização Operacional, estabelecendo as diretrizes e procedimentos necessários para a descontinuidade ordenada das atividades e a adequada transferência dos ativos e da operação ao Município.

6.3. Modelo Operacional

Com o objetivo de estruturar um modelo operacional eficiente e aderente às melhores práticas de parcerias público-privadas, foram analisadas as características de modelos adotados em projetos similares de iluminação pública. A partir dessa análise, definiram-se as principais categorias de serviços a serem incorporadas ao escopo da Concessionária, complementando as atividades tradicionalmente associadas à operação e manutenção da rede municipal de iluminação pública.

As diretrizes a seguir estabelecem os fundamentos para a organização dos serviços, com foco na elevação dos níveis de qualidade, desempenho operacional e eficiência do sistema.

6.3.1. Cadastro da Rede de IP

A Concessionária será responsável pela elaboração do cadastro técnico do sistema de iluminação pública, por meio da realização de inventário físico completo. Esse cadastro deverá contemplar a coleta, registro, validação e atualização contínua das informações relativas à identificação, características, quantitativos e georreferenciamento individualizado de todos os pontos de iluminação pública e demais elementos da rede, incluindo os equipamentos de Cidades Inteligentes.

O cadastro deverá permanecer permanentemente atualizado ao longo da vigência contratual, com acesso integral e em tempo real disponibilizado ao Poder Concedente e ao Verificador Independente, sendo obrigatória sua integração aos sistemas do Centro de Controle Operacional (CCO).

6.3.2. Planos Operacionais (POM, PM e PDO)

A Concessionária deverá elaborar e manter atualizados os seguintes instrumentos de planejamento:

- **Plano de Operação e Manutenção (POM):** define os procedimentos, rotinas e estratégias para a execução das atividades de operação e manutenção do sistema ao longo de toda a concessão;

- **Plano de Modernização (PM):** estabelece o escopo, cronograma e metodologia para a execução das intervenções de modernização, efficientização e implantação dos sistemas associados, incluindo soluções de Cidades Inteligentes e Iluminação Especial;
- **Plano de Desmobilização Operacional (PDO):** detalha os procedimentos e recursos necessários para a reversão dos ativos e a transição operacional ao término do contrato.

6.3.3. Modernização e Efficientização

A modernização e efficientização compreendem a adequação do sistema de iluminação pública aos parâmetros luminotécnicos definidos na ABNT NBR 5101:2024, bem como a implantação de soluções que promovam maior eficiência energética.

Adicionalmente à substituição dos ativos existentes, o escopo inclui a implantação de novos pontos de iluminação voltados a aplicações específicas, como travessias de pedestres e ciclovias, conforme detalhado nos itens correspondentes deste estudo.

6.3.4. Implantação dos Equipamentos de Cidade Inteligente

Caberá à Concessionária implantar e integrar os equipamentos e sistemas de Cidades Inteligentes, contemplando soluções voltadas à coleta, transmissão e processamento de dados operacionais. Esses sistemas deverão possibilitar funcionalidades como monitoramento em tempo real, análise de dados, atualização remota de parâmetros, identificação de falhas e acompanhamento de indicadores de desempenho.

A solução deverá ser integrada ao CCO, assegurando a centralização das informações em plataforma unificada e o suporte à gestão eficiente da infraestrutura urbana.

6.3.5. Iluminação Especial

A Iluminação Especial compreende a implantação, operação e manutenção de sistemas de iluminação destinados à valorização estética, cultural e paisagística de bens e espaços públicos.

Enquadram-se neste escopo monumentos, pontes, edifícios, praças, parques, fachadas e obras de arte de relevância histórica ou urbana, conforme diretrizes e critérios definidos no item 3 deste estudo.

6.3.6. Centro de Controle Operacional (CCO)

O Centro de Controle Operacional (CCO) constitui a estrutura central de supervisão, monitoramento e gestão integrada do sistema de iluminação pública.

Compete à Concessionária implantar e operar o CCO, incluindo a disponibilização de infraestrutura física, sistemas tecnológicos, recursos humanos e processos operacionais necessários à coleta, processamento e consolidação das informações em base de dados unificada.

O CCO deverá suportar, no mínimo, os seguintes processos:

- gestão de chamados e atendimento;
- monitoramento remoto das unidades de iluminação pública por meio de sistemas de telegestão;
- gestão da manutenção, incluindo ações preditivas, preventivas e corretivas;
- gestão de ativos de iluminação pública;
- gestão dos Equipamentos de Cidade Inteligente;
- acompanhamento de indicadores de desempenho;
- gestão de frota operacional.

6.3.7. Serviços de Manutenção

A manutenção dos ativos compreende a execução de atividades corretivas, preventivas e preditivas, abrangendo as unidades de iluminação pública, os sistemas de Iluminação Especial e os equipamentos de Cidade Inteligente.

a) Manutenção corretiva

Consiste na execução de intervenções para restabelecimento das condições operacionais dos ativos, sempre que identificadas falhas decorrentes de desgaste, acidentes, furtos, vandalismo ou desempenho inadequado.

b) Serviços de pronto atendimento

Deverão ser realizados de forma imediata em situações que representem risco à segurança da população ou ao patrimônio público, incluindo, entre outras:

- abalroamentos;
- eventos climáticos severos;
- incêndios e curtos-circuitos;
- componentes em risco de queda;
- equipamentos abertos ou expostos;
- falhas generalizadas em trechos da rede.

c) Manutenção preventiva e preditiva

Consiste na execução periódica de inspeções e intervenções programadas, com o objetivo de antecipar falhas, reduzir o desgaste dos equipamentos, preservar as condições físicas dos ativos e garantir a continuidade e eficiência operacional do sistema.

6.3.8. Serviços de Poda

A execução da poda de vegetação permanece sob responsabilidade do Poder Concedente, conforme determinado na definição do cenário-base do projeto.

Compete à Concessionária identificar e mapear interferências da arborização na rede de iluminação pública, especialmente aquelas que comprometam o desempenho luminotécnico ou a integridade dos ativos, devendo formalizar solicitação de poda junto ao município sempre que necessário.

6.3.9. Estrutura operacional e organizacional

A Concessionária deverá disponibilizar e manter, ao longo de toda a concessão, a estrutura operacional necessária à adequada prestação dos serviços, contemplando:

- **Unidade Operacional:** instalações físicas destinadas às atividades operacionais, incluindo almoxarifado, depósitos, oficinas e áreas de apoio;
- **Estrutura organizacional:** arranjo funcional compatível com a complexidade do projeto, abrangendo áreas executiva, administrativa, financeira, operacional e logística;
- **Equipes técnicas:** quadro de profissionais dimensionado conforme os níveis de serviço exigidos, devidamente qualificados, capacitados e habilitados, com disponibilidade de equipamentos e ferramentas adequados e observância às normas de segurança;
- **Frota operacional:** veículos e equipamentos necessários à execução das atividades de operação, manutenção, modernização e expansão;
- **Materiais e insumos:** fornecimento contínuo dos componentes necessários à execução dos serviços, incluindo luminárias LED, suportes, postes, cabos, relés e elementos associados, bem como insumos para os sistemas de Cidades Inteligentes.

6.3.10. Expansão da rede municipal de IP

A expansão da rede compreende a implantação de novos pontos de iluminação pública, incluindo o fornecimento de materiais, execução dos serviços e incorporação dos ativos ao sistema sob responsabilidade da Concessionária.

Considerando a variabilidade das demandas, o contrato deverá prever mecanismo flexível que permita ao Poder Concedente solicitar a expansão conforme necessidade, contemplando, entre outras, as seguintes tipologias:

- novos pontos exclusivos em vias principais ou secundárias;
- novos pontos não exclusivos em vias principais ou secundárias;
- novos pontos destinados a travessias de pedestres e ciclovias;
- realocação de pontos existentes.

O escopo inclui, ainda, o atendimento à demanda reprimida existente no início da concessão, a ser executada prioritariamente durante a Fase 2 – Modernização, observadas as mesmas diretrizes aplicáveis à expansão por crescimento vegetativo.

6.3.11. Divulgação de Informações e Documentos da PPP

A Concessionária deverá implantar e manter portal digital dedicado à divulgação de informações e documentos relativos à concessão, assegurando transparência e acesso público aos principais instrumentos de gestão e resultados do projeto.

Deverão ser disponibilizados, no mínimo:

- Plano de Operação e Manutenção;
- Plano de Modernização;
- Visualização gráfica (dashboard) para acompanhamento da Fase de Modernização;
- Registros visuais comparativos dos resultados obtidos (antes/depois da iluminação pública, reporte dos municípios etc.);
- Relatórios mensais de Execução de Serviços;
- Relatório de Desempenho trimestral;
- Termos de Aceite emitidos;
- Contrato de concessão e seus aditivos;
- Contratos de atividades relacionadas;
- Demonstrações financeiras da Concessionária.

6.3.12. Parque de IP

As atividades de modernização e expansão previstas no escopo contratual resultarão na evolução quantitativa e qualitativa do parque de iluminação pública ao longo da concessão.

Tomando como base o cadastro inicial do Município, projeta-se o crescimento do número de pontos de iluminação pública conforme apresentado na Tabela 46, a qual consolida a evolução anual estimada ao longo do prazo contratual de 25 anos.

Tabela 45 - Quantitativo de Pontos de IP ao longo da PPP para 25 anos

Ano	Quantidade Início	Quantidade Fim
1	14.717	16.713
2	14.971	16.962
3	15.221	17.211
4	15.471	17.460
5	15.721	17.709
6	15.971	17.958
7	16.221	18.207
8	16.471	18.456
9	16.721	18.705
10	16.971	18.954
11	17.221	19.203
12	17.471	19.452
13	17.721	19.701
14	17.971	19.949
15	18.221	20.197
16	18.471	20.445
17	18.721	20.692
18	18.971	20.939
19	19.221	21.185
20	19.471	21.431
21	19.721	21.676
22	19.971	21.921
23	20.221	22.166
24	20.471	22.411
25	20.721	22.655

Fonte: Elaboração KMR.

7. MODELO DE INVESTIMENTOS

Os valores monetários e as premissas associadas à implantação das tecnologias e atividades descritas neste relatório constituem a base para a estruturação e operacionalização da PPP.

Para cada componente apresentado a seguir, serão especificados o valor unitário do investimento inicial, bem como, quando aplicável, o percentual e a periodicidade de reinvestimento ao longo do prazo contratual.

7.1. Referências de Preços do CAPEX

Os investimentos associados à estruturação da PPP de São Bento do Sul foram estimados com base em referenciais técnico-orçamentários reconhecidos, conforme detalhado a seguir:

- **Tabela SINAPI:** utilização de preços referenciais de insumos, materiais e serviços desonerados, considerando a base de Santa Catarina, com dados de fevereiro de 2026;
- **Tabela ORSE:** aplicação de preços de insumos, materiais e serviços, com base em informações de fevereiro de 2026;
- **Atas de Registro de Preços:** para itens não contemplados nas tabelas anteriores, adoção de valores obtidos a partir de atas disponíveis no Portal Nacional de Contratações Públicas (PNCP), com pesquisas realizadas entre janeiro e abril de 2026;
- **Plataformas de referência:** consulta a bases institucionais e setoriais, como OAB, ASSCON e SINDUSCON, para obtenção de preços não disponíveis nas demais fontes, no período de janeiro a abril de 2026;
- **Pesquisas online:** utilização de sites oficiais para levantamento de preços de serviços específicos não identificados nas fontes anteriores, no período de janeiro a abril de 2026;
- **Orçamentações diretas:** realização de cotações junto a fornecedores para itens de maior relevância financeira, com levantamentos realizados entre março e abril de 2026.

Os valores estimados encontram-se consolidados na planilha de Engenharia, na qual constam as respectivas descrições dos itens, valores unitários e fontes de referência adotadas.

7.2. Despesas Pré-Operacionais

Para a execução das atividades relacionadas à fase inicial da PPP, a Concessionária deverá realizar investimentos classificados como despesas pré-operacionais, caracterizadas por ocorrências anteriores ao início da operação do parque de iluminação pública.

Para fins deste estudo, foram considerados os valores apresentados a seguir.

Tabela 46 - Valores Previstos de Investimentos Pré-Operacionais

Tipo de Investimento	Valor Total
Elaboração do Plano de Operação e Manutenção	R\$ 8.757,56
Cadastramento Georreferenciado	R\$ 172.530,44
Elaboração dos Projetos Executivos do Sistema Viário	R\$ 71.324,58
Elaboração dos Projetos Executivos de Parques, Praças e iluminação de destaque	R\$ 225.919,91
Total	R\$ 478.532,49

Fonte: Elaboração KMR.

7.3. Investimentos em Infraestrutura

A infraestrutura civil e o mobiliário compreendem os investimentos necessários à implantação das áreas administrativas (não operacionais) e das áreas operacionais da Concessionária, incluindo o Centro de Controle Operacional (CCO), o almoxarifado de materiais e ferramentas e as áreas destinadas à guarda e circulação de veículos.

A tabela a seguir apresenta os valores considerados na estimativa desses investimentos.

Tabela 47 - Investimentos Civil, Mobiliário e Operacional.

Item	Valor Investimento Inicial	Periodicidade de Reinvestimento	Valor Total
Infraestrutura Civil	R\$ 244.860,75	-	R\$ 244.860,75
Mobiliário	R\$ 22.261,74	-	R\$ 46.985,22
Computadores e periféricos	R\$ 34.836,39	40 meses	R\$ 170.153,17
Frota	R\$ 1.451.580,00	5 anos	R\$ 4.858.340,00
Total	R\$ 1.753.538,88	-	R\$ 5.320.339,14

Fonte: Elaboração KMR.

7.4. Modernização e Eficientização

A modernização e efficientização do parque de iluminação pública foram modeladas com execução progressiva e linear, de modo a assegurar o cumprimento dos marcos contratuais da concessão.

Para a estimativa dos investimentos, foram considerados os seguintes componentes:

- aquisição de estruturas e materiais necessários à modernização e ampliação do parque, incluindo suportes, braços e demais elementos de fixação;
- aquisição de luminárias com tecnologia LED;
- execução dos serviços de instalação e adequação dos pontos de iluminação pública.

A tabela a seguir apresenta os valores unitários adotados para os principais materiais e serviços previstos no processo de modernização.

Tabela 48 - Valores unitários médios previstos de investimento para modernização

Item	Periodicidade de Reinvestimento	Valor Médio por Item
Luminárias LED	13 anos	R\$ 391,40
Braço	13 anos	R\$ 88,37
Relé	13 anos	R\$ 30,21
Componentes Acessórios (fios, abraçadeiras etc.)	13 anos	R\$ 5,66
Custo de modernização / ponto	13 anos	R\$ 77,22
Projeto Luminotécnico / ponto	13 anos	R\$ 5,92
Descarte de Resíduos (Lâmpadas)	13 anos	R\$ 1,50

Fonte: Elaboração KMR.

7.4.1. Custo da Luminária LED

Para a estimativa do custo das luminárias LED, foram adotados valores referenciais provenientes de bases nacionais de preços, considerando a distribuição das luminárias por faixa de potência definida nos estudos de engenharia.

A tabela a seguir apresenta os valores unitários adotados para cada faixa de potência.

Tabela 49 - Valor das luminárias led por potência

Faixa de Potência	Valor Médio Unitário - Fornecedor A	Valor Médio Unitário - Fornecedor B	Valor Médio Unitário - Fornecedor C	Valor Médio Unitário - SINAPI
Até 30W	R\$ 377,81	R\$ 225,25	R\$ 467,03	R\$ 278,77
31 W a 50 W	R\$ 377,81	R\$ 242,68	R\$ 431,27	R\$ 126,27
51 W a 67 W	R\$ 394,32	R\$ 243,53	R\$ 596,66	R\$ 233,00
68 W a 97 W	R\$ 470,49	R\$ 306,57	R\$ 609,84	R\$ 257,92
98 W a 137 W	R\$ 523,76	R\$ 342,27	R\$ 689,74	R\$ 311,01
138 W a 180 W	-	R\$ 485,35	-	R\$ 420,17
181 W a 239 W	-	-	-	R\$ 488,05
Acima de 240 W	-	-	-	R\$ 808,54

Fonte: Elaboração KMR.

Os custos das luminárias LED, distribuídas por faixa de potência conforme item 2.4.2, foram obtidos por meio de cotações realizadas junto aos três fornecedores utilizados nas simulações luminotécnicas e de valores referenciais da tabela SINAPI.

7.4.2. Custo médio de mão de obra e instalação

Os custos associados à mão de obra e à instalação foram estimados com base na composição de despesas operacionais necessárias à execução dos serviços, abrangendo aluguel de veículos, consumo de combustível, remuneração das equipes – incluindo encargos sociais, benefícios e custos indiretos –, bem como os equipamentos e ferramentais requeridos. A estimativa considera a adoção de modelo de subcontratação para execução dessas atividades.

A tabela a seguir apresenta os custos mensais por tipologia de veículo operacional.

Tabela 50 - Locação mensal com veículos operacionais – Equipe de Modernização

Tipo de veículo	Periodicidade de Reinvestimento	Custo Mensal
Locação de veículo de passeio básico	13 anos	R\$ 2.870,11
Locação de veículo médio, equipado com cesto aéreo de 13 metros de alcance.	13 anos	R\$ 17.000,00
Total		R\$ 19.870,11

Fonte: Elaboração KMR.

A execução dos serviços demanda a alocação de equipes específicas para cada tipologia de veículo mobilizado pela Concessionária.

A tabela a seguir apresenta o dimensionamento das equipes, bem como os custos associados por tipo de veículo operacional.

Tabela 51 - Salário por funcionário por tipo de veículo

Tipo de veículo	Composição da Equipe	Custo por hora com Encargos
Locação de veículo de passeio básico	Engenheiro Eletricista com encargos complementares	R\$ 65,74
	Eletrotécnico com encargos complementares	R\$ 21,84
	Almoxarife com encargos complementares	R\$ 15,28
Locação de veículo médio, equipado com cesto aéreo de 13 metros de alcance.	Eletricista com encargos complementares	R\$ 15,28
	Auxiliar de eletricista com encargos complementares	R\$ 11,90
	Motorista operador de <i>munck</i> com encargos complementares	R\$ 20,35
Total	-	R\$ 150,38

Fonte: Elaboração KMR.

Por fim, foi estimado o custo mensal por equipe de modernização, correspondente ao somatório de todos os componentes de custo envolvidos, conforme detalhado na tabela a seguir.

Tabela 52 - Custos Mensais por Equipe para Modernização (R\$/Total)

Tipo de veículo	Periodicidade de Reinvestimento	Custo Total por Veículo	Equipamentos	Custo Total por Equipe
Locação de veículo de passeio básico	13 anos	R\$ 433.719,08	R\$ 31.999,96	R\$ 465.719,04
Locação de veículo médio, equipado com cesto aéreo de 13 metros de alcance.	13 anos	R\$ 917.334,94	R\$ 31.999,96	R\$ 949.334,90
Total		R\$ 1.351.054,02	R\$ 63.999,92	R\$ 1.415.053,94

Fonte: Elaboração KMR.

Para a estimativa do custo de modernização por ponto de iluminação pública, foi considerada a distribuição do uso da frota operacional e,

consequentemente, das equipes de modernização, em função das características do parque de iluminação do município.

Nesse contexto, os veículos equipados com cesto aéreo foram associados à execução de serviços em alturas de até 9 metros, enquanto veículos leves foram considerados para atividades de supervisão, coordenação operacional e apoio administrativo em campo.

Com base nos resultados obtidos no levantamento de campo, foram adotadas as seguintes premissas:

Tabela 53 - Premissas de dimensionamento de Equipes para Modernização

Parâmetro	Valor
Proporção de pontos acima de 9m altura	0%
Proporção de pontos abaixo de 9m altura	100%
Produtividade Média por Equipe de Modernização	15 pontos / dia
Período de Trabalho no mês	21 dias úteis

Fonte: Elaboração KMR.

Com base nas premissas estabelecidas nesta seção, estimou-se o custo médio de modernização em R\$ 117,47 por ponto de iluminação pública, correspondente aos componentes de mão de obra, utilização de veículos e emprego de ferramentas.

7.5. Faixas de Pedestres

Conforme detalhado no item 2.5, em concomitância com a Fase de Modernização, está prevista a implantação de novos pontos de iluminação pública destinados às faixas de pedestres. A estimativa dos investimentos considerou diferentes cenários de implantação, definidos em função da largura das vias, sendo adotado o valor médio ponderado para fins de precificação.

A tabela a seguir apresenta os valores unitários considerados para a instalação de cada ponto de iluminação voltado às faixas de pedestres.

Tabela 54 - Valor unitário de investimento para Faixa de Pedestres

Tipo de Investimento	Periodicidade de Reinvestimento	Valor Unitário
Componentes de IP (Luminária LED, braço, relé etc.)	13 anos	R\$ 532,05
Obra-Civil Instalação (Poste, Ligação Energia, Obras Implantação)	13 anos	R\$ 2.370,70

Mão de Obra	13 anos	R\$ 53,27
Custo Médio por Ponto de IP	-	R\$ 2.956,02

Fonte: Elaboração KMR.

7.6. Ciclovias

Conforme detalhado no item 2.6, em concomitância com a Fase de Modernização, está prevista a implantação de novos pontos de iluminação pública destinados às ciclovias. A estimativa dos investimentos considerou as premissas definidas nos estudos de engenharia, que estabelecem a implantação de pontos exclusivos de iluminação, incluindo a instalação de postes, com espaçamento médio de 20 metros ao longo dos trechos de ciclovias.

A tabela a seguir apresenta os valores unitários adotados para a instalação de cada novo ponto de iluminação pública voltado às ciclovias.

Tabela 55 - Valor unitário de investimento para Ciclovias

Tipo de Investimento	Periodicidade de Reinvestimento	Valor Unitário
Componentes de IP (Luminária LED, braço, relé etc.)	13 anos	R\$ 510,87
Obra-Civil Instalação (Poste, Ligação Energia, Obras Implantação)	13 anos	R\$ 2.363,60
Mão de Obra	13 anos	R\$ 53,02
Custo Médio por Ponto de IP	-	R\$ 2.927,49

Fonte: Elaboração KMR.

7.7. Iluminação Especial

Os investimentos associados à implantação dos projetos de Iluminação Especial, executados ao longo da Fase de Modernização em conformidade com os marcos contratuais estabelecidos, compreendem:

- aquisição dos ativos previstos em projeto, incluindo postes, suportes e equipamentos de iluminação com tecnologia LED;
- custos operacionais relacionados à mobilização de equipes, utilização de veículos e emprego de equipamentos e ferramentais necessários à execução das implantações.

7.7.1. Áreas Verdes

Os bens públicos contemplados nos projetos de Iluminação Especial em Áreas Verdes encontram-se detalhados no item 3 deste relatório.

Os investimentos associados à modernização dos pontos existentes nessas áreas estão incluídos no item 7.4, conjuntamente com a modernização do parque de iluminação pública, considerando que os locais já dispõem de infraestrutura instalada, não sendo necessária a implantação de novos pontos.

7.7.2. Iluminação de Destaque

Os bens públicos contemplados nos projetos de Iluminação de Destaque estão detalhados no item 3 deste relatório.

A tabela a seguir apresenta os valores de investimento estimados para cada local previsto no escopo de Iluminação de Destaque.

Tabela 56 - Resumo valores dos investimentos por projeto de Iluminação Destaque

Local	Periodicidade de Reinvestimento	Materiais	Acessórios	Mão de obra	Total
Morro da Igreja Matriz + Iteireiro	13 anos	R\$ 1.340.054,46	R\$ 36.138,02	R\$ 27.680,87	R\$ 1.403.873,35
Museu Municipal	13 anos	R\$ 284.770,22	R\$ 7.679,56	R\$ 5.882,36	R\$ 298.332,15
Arquivo histórico	13 anos	R\$ 19.690,89	R\$ 531,02	R\$ 406,75	R\$ 20.628,66
Prédio do Departamento de Turismo	13 anos	R\$ 126.571,43	R\$ 3.413,32	R\$ 2.614,53	R\$ 132.599,28
Estação Ferroviária	13 anos	R\$ 77.945,40	R\$ 2.102,00	R\$ 1.610,08	R\$ 81.657,48
Casa Eichendorf	13 anos	R\$ 70.480,47	R\$ 1.900,69	R\$ 1.455,88	R\$ 73.837,04
Centro Cultural	13 anos	R\$ 25.061,14	R\$ 675,84	R\$ 517,68	R\$ 26.254,65
Escola de Música e Fundação Cultural	13 anos	R\$ 82.577,73	R\$ 2.226,92	R\$ 1.705,77	R\$ 86.510,42
Praça do Centenário	13 anos	R\$ 50.476,35	R\$ 1.361,22	R\$ 1.042,67	R\$ 52.880,24
Museu Ornith Bollmann	13 anos	R\$ 163.905,24	R\$ 4.420,13	R\$ 3.385,71	R\$ 171.711,08
Fachada da Prefeitura	13 anos	R\$ 146.028,10	R\$ 3.938,02	R\$ 3.016,43	R\$ 152.982,55
Total	-	R\$ 2.387.561,44	R\$ 64.386,75	R\$ 49.318,72	R\$ 2.501.266,91

Fonte: Elaboração KMR.

7.8. Expansão da Rede de IP

Nos serviços de expansão da rede de iluminação pública, a Concessionária será responsável pelo fornecimento de todos os componentes, materiais e equipamentos necessários, bem como pela execução dos serviços de

implantação dos novos pontos de IP, incluindo a mão de obra correspondente. A expansão compreenderá o atendimento às áreas classificadas como Pontos Escuros, à Cota de Expansão decorrente do Crescimento Vegetativo e às demandas associadas à Demanda Reprimida.

7.8.1. Adequação da Rede de IP em áreas com Pontos Escuros

Conforme descrito no item 2.7.1, ao longo da Fase de Modernização prevê-se a implantação de novos pontos de iluminação pública, incluindo a instalação de postes, em vias cujas condições atuais não permitam o atendimento aos parâmetros de iluminância e uniformidade estabelecidos.

A tabela a seguir apresenta os valores unitários considerados para a instalação de cada ponto adicional de iluminação pública.

Tabela 57 - Valor Médio unitário de implantação de pontos escuros

Tipo de Investimento	Valor Unitário
Componentes de IP (Luminária LED, braço, relé etc.)	R\$ 482,94
Obra-Civil Instalação (Poste, Ligação Energia, Obras Implantação)	R\$ 1.839,86
Mão de Obra	R\$ 53,27
Custo Médio por Ponto de IP	R\$ 2.376,07

Fonte: Elaboração KMR.

7.8.2. Cota Expansão para o Crescimento Vegetativo

Para os pontos adicionais de iluminação pública destinados ao atendimento do Crescimento Vegetativo do município, o Poder Concedente deverá remunerar a Concessionária por meio da Cota Expansão em decorrência da ampliação do parque. A aferição desses novos pontos será realizada trimestralmente e, uma vez confirmado o valor devido, o respectivo pagamento será efetuado à Concessionária.

O valor mensal da Cota Expansão corresponderá ao somatório das parcelas associadas a cada modalidade de expansão decorrente da instalação dos novos pontos de iluminação pública.

A projeção dessa remuneração foi calculada com base nas premissas de ampliação detalhadas no Relatório de Diagnóstico Técnico-Operacional, considerando o valor unitário atribuído a cada tipo de instalação. Os valores unitários estimados são apresentados na tabela a seguir:

Tabela 58 - Valor unitário de investimento por Tipo de Expansão⁶

Tipo de Investimento	Vias Principais	Outras Vias	Praças, Parques, Áreas Esportivas
Instalação de 1 novo PONTO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA não exclusivo	R\$ 738,74	R\$ 699,57	R\$ 2.852,32
Instalação de 1 novo PONTO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA exclusivo	R\$ 4.686,78	R\$ 3.895,84	R\$ 5.807,21
Recebimento de 1 PONTO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA para O&M	R\$ 2.347,20	R\$ 2.343,96	R\$ 2.356,33
Realocação de 1 PONTO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA não exclusivo	R\$ 69,98	R\$ 69,98	R\$ 461,67
Realocação de 1 PONTO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA exclusivo	R\$ 1.445,37	R\$ 1.503,42	R\$ 1.404,45

Fonte: Elaboração KMR.

A tabela a seguir apresenta a quantidade de Cotas, segregadas por tipo de instalação com base no Crescimento Vegetativo:

Tabela 59 - Estimativa da quantidade de expansão por tipo

Tipo de Expansão	Quantidade Estimada Anual de Expansão	Quantidade Total de Expansão
Instalação de novos pontos de IP exclusivos em outras vias	11	265
Instalação de novos pontos de IP exclusivos em vias principais	02	40
Instalação de novos pontos de IP não exclusivos em outras vias	195	4.885
Instalação de novos pontos de IP não exclusivos em vias principais	35	885

⁶ Pontos de IP não exclusivos contemplam apenas a instalação dos componentes de IP (lâmpada, braço, relé/telegestão etc.). Já os pontos de IP exclusivos, além dos componentes de IP, também consideram a instalação do poste (incluindo instalação da rede de energia elétrica como subterrânea) pela Concessionária.

Instalação de novos pontos de IP exclusivos em Praças, Parques, Áreas Esportivas	05	125
Total	248	6.200

Fonte: Elaboração KMR.

A Cota Expansão será utilizada pelo Poder Concedente para solicitar à Concessionária a instalação ou realocação de pontos de Iluminação Pública. Os pontos de Iluminação Pública deverão utilizar o padrão da tecnologia (potência, IRC, TCC etc.) adotados pela Concessionária no desenvolvimento dos projetos e estudos luminotécnicos de modernização de cada via do município.

A instalação, realocação, operação ou manutenção de um ponto de luz sempre inclui todos os equipamentos e materiais necessários para operação completa de um ponto de Iluminação Pública. Cabe ressaltar que cada ponto de Iluminação Pública é considerado um ponto de luz.

7.8.3. Demanda Reprimida

A tabela a seguir discrimina os valores considerados na estimativa realizada para instalação de cada ponto de iluminação associado à Demanda Reprimida:

Tabela 60 - Valor Médio unitário de Implantação de um ponto de demanda reprimida

Tipo de Investimento	Valor Unitário
Componentes de IP (Luminária LED, braço, relé etc.)	R\$ 506,22
Mão de Obra	R\$ 53,27
Custo Médio por Ponto de IP	R\$ 559,49

Fonte: Elaboração KMR.

7.9. Equipamentos de Cidade Inteligente

Conforme detalhado no item 5, compete à Concessionária o fornecimento de todos os equipamentos e a execução dos serviços necessários à implantação dos equipamentos de Cidade Inteligente.

A implantação desses sistemas será realizada ao longo da Fase de Modernização, em conformidade com as diretrizes e os marcos contratuais estabelecidos.

7.9.1. Sistema de Telegestão

A tabela a seguir discrimina os valores considerados na estimativa realizada para instalação de cada ponto de Telegestão:

Tabela 61 - Valor Médio unitário de Implantação de um item de telegestão

Tipo de Investimento	Periodicidade de Reinvestimento	Valor Unitário
Componentes (controlador, concentrador etc.)	11 anos	R\$ 915,61
Mão de Obra	11 anos	R\$ 95,99
Custo Médio por Ponto	-	R\$ 1.011,60

Fonte: Elaboração KMR.

7.9.2. Videomonitoramento

A tabela a seguir discrimina os valores considerados na estimativa realizada para instalação de cada ponto de Videomonitoramento:

Tabela 62 - Valor Médio unitário de Implantação de um ponto de videomonitoramento.

Tipo de Investimento	Periodicidade de Reinvestimento	Valor Unitário
Componentes (Câmeras, postes, alimentação etc)	8 anos	R\$ 11.750,98
Mão de Obra	8 anos	R\$ 223,72
Custo Médio por Ponto	-	R\$ 11.974,70

Fonte: Elaboração KMR.

7.9.3. Monitoramento Ambiental – Áreas de Risco

A tabela a seguir discrimina os valores considerados na estimativa realizada para instalação de cada ponto de Monitoramento Ambiental:

Tabela 63 - Valor Médio unitário de Implantação de um ponto monitoramento ambiental

Tipo de Investimento	Periodicidade Média de Reinvestimento	Valor Unitário
Componentes (Câmeras, instrumentos, postes, alimentação etc)	12 anos	R\$ 7.920,19
Mão de Obra	12 anos	R\$ 3.436,70
Custo Médio por Ponto	-	R\$ 11.356,89

Fonte: Elaboração KMR.

7.9.4. Cota Expansão para os Equipamentos de Cidade Inteligente

Para a expansão dos equipamentos de Cidade Inteligente, destinada ao atendimento do Crescimento Vegetativo do município, o Poder Concedente deverá remunerar a Concessionária por meio da Cota Expansão. A aferição dos equipamentos adicionais será realizada trimestralmente e, uma vez confirmado o valor devido, o respectivo pagamento será efetuado à Concessionária.

O valor mensal da Cota Expansão corresponderá ao somatório das parcelas associadas a cada modalidade de expansão decorrente da instalação dos novos equipamentos.

A projeção dessa remuneração foi calculada com base nas quantidades de equipamentos solicitadas pelo município, considerando o valor unitário atribuído a cada tipo de instalação. Os valores unitários estimados são apresentados na tabela a seguir:

Tabela 64 - Valor unitário de investimento por Tipo de Equipamento

Tipo de Expansão	Valor Unitário
Instalação de novos controladores individuais de Telegestão	R\$ 299,78
Instalação de novos concentradores de Telegestão	R\$ 10.130,56
Instalação de novas câmeras de reconhecimento facial	R\$ 12.388,90
Instalação de novas câmeras de leitura de placa	R\$ 16.809,84
Instalação de novos equipamentos para áreas com risco de alagamento	R\$ 10.384,01
Instalação de novos equipamentos para áreas com risco de deslizamento	R\$ 69.589,84

Fonte: Elaboração KMR.

A tabela a seguir apresenta a quantidade de Cotas, segregadas por tipo de equipamento:

Tabela 65 - Estimativa da quantidade de expansão por tipo de equipamento

Tipo de Expansão	Quantidade Total de Expansão
Instalação de novos controladores individuais de Telegestão	6.200
Instalação de novos concentradores de Telegestão	16
Instalação de novas câmeras de reconhecimento facial	15
Instalação de novas câmeras de leitura de placa	11

Tipo de Expansão	Quantidade Total de Expansão
Instalação de novos equipamentos para áreas com risco de alagamento	-
Instalação de novos equipamentos para áreas com risco de deslizamento	-
Total	6.238

Fonte: Elaboração KMR.

Em relação aos quantitativos apresentados na tabela acima, o critério adotado para cada cota foi o seguinte:

- **Telegestão:** prevê-se a implantação do sistema de telegestão em 6.623 pontos de iluminação pública. Sua ampliação deverá acompanhar o crescimento vegetativo do parque de iluminação pública, totalizando 6.200 novos pontos;
- **Câmeras de videomonitoramento:** prevê-se a instalação de 23 unidades no município. Considerando a demanda de 49 câmeras indicada pela municipalidade, estima-se um acréscimo de 26 novos equipamentos.

Quanto aos equipamentos destinados ao monitoramento de áreas de risco, não se previu ampliação, uma vez que todas as localidades indicadas pelo município serão contempladas pela Concessão, conforme apresentado no item 5.2.3. Ainda assim, foram calculados os custos de implantação de novos equipamentos, na hipótese de o Poder Concedente requerer instalações futuras.

A Cota Expansão será empregada pelo Poder Concedente para requisitar à Concessionária a instalação de novos equipamentos de Cidade Inteligente. Tais equipamentos deverão observar o padrão tecnológico adotado pela Concessionária no desenvolvimento dos projetos, em conformidade com as especificações apresentadas no item 5 deste relatório.

7.10. Resumo do CAPEX

A tabela a seguir sintetiza as principais linhas de CAPEX abordadas neste relatório, bem como os respectivos valores estimados ao longo do prazo da PPP:

Tabela 66 - Valores de investimentos (CAPEX)

Linha de Investimento	Valor de CAPEX (R\$)	%
Despesas Pré-operacionais	R\$ 478.532,49	1,31%
Infraestrutura Civil, Mobiliário e Operacional	R\$ 5.320.339,14	14,52%
Modernização e Eficientização	R\$ 17.183.684,92	46,89%
Faixas de Pedestres	R\$ 88.680,59	0,24%
Ciclovias/Ciclofaixas	R\$ 758.219,08	2,07%
Iluminação de Destaque	R\$ 2.501.266,91	6,82%
Expansão da Rede de IP	-	-
Adequação da Rede de IP ("Pontos Escuros")	R\$ 2.354.686,26	6,42%
Demanda Reprimida	R\$ 174.560,12	0,48%
Equipamentos de Cidade Inteligente	R\$ 7.789.984,77	21,26%
Total	R\$ 36.649.954,28	100%

Fonte: Elaboração KMR.

8. MODELO DE CUSTOS E DESPESAS

Nos itens a seguir são apresentados os valores monetários e as premissas adotadas para a estimativa dos custos e despesas associados à operação e manutenção da rede de iluminação pública, bem como aos serviços complementares sob responsabilidade da Concessionária.

8.1. Referências de Preços do OPEX

A definição dos principais custos e despesas operacionais (OPEX) da PPP de São Bento do Sul baseou-se em referenciais técnico-orçamentários reconhecidos, conforme descrito a seguir:

- **Tabela SINAPI:** utilização de preços referenciais de insumos, materiais e serviços desonerados, considerando a base de Santa Catarina, com dados de fevereiro de 2026;
- **Tabela ORSE:** aplicação de preços de insumos, materiais e serviços, com base em informações de fevereiro de 2026;
- **Atas de Registro de Preços:** para itens não contemplados nas tabelas anteriores, adoção de valores extraídos de atas disponíveis no Portal Nacional de Contratações Públicas (PNCP), com levantamentos realizados entre janeiro e abril de 2026;
- **Plataformas de referência:** consulta a bases institucionais e setoriais, como OAB, ASSCON e SINDUSCON, para obtenção de preços não identificados nas demais fontes, no período de janeiro a abril de 2026;
- **Pesquisas online:** levantamento de preços de serviços específicos em sites oficiais, quando não disponíveis nas fontes anteriores, também no período de janeiro a abril de 2026;
- **Orçamentações diretas:** realização de cotações junto a fornecedores para itens de maior relevância financeira, com levantamentos realizados entre março e abril de 2026.

Os custos estimados encontram-se consolidados na planilha de Engenharia, na qual constam as descrições dos itens, os valores unitários e as respectivas fontes de referência adotadas.

8.2. Estrutura Operacional

8.2.1. Dimensionamento de Chamados de Manutenção

Nesta seção apresenta-se a estimativa do custo unitário por chamado de manutenção em campo. A composição desses custos considera os principais componentes operacionais necessários à execução dos serviços, incluindo despesas com combustível, remuneração das equipes, incluindo encargos sociais e trabalhistas, bem como os equipamentos e ferramentais requeridos.

A tabela a seguir apresenta o dimensionamento das equipes e os respectivos custos associados.

Tabela 67 - Custo mensal com equipe de manutenção

Pessoal	Custo Mensal Unitário
Engenheiro Eletricista Pleno com encargos complementares	R\$ 14.463,74
Eletrotécnico com encargos complementares	R\$ 4.805,79
Almoxarife com encargos complementares	R\$ 3.361,29
Eletricista com encargos complementares	R\$ 3.361,29
Total	R\$ 25.992,12

Fonte: Elaboração KMR.

Na tabela a seguir são apresentados os custos mensais de frota:

Tabela 68 - Custo mensal com frota – Equipe de Manutenção

Frota	Custo Mensal
IPVA (2% a.a. para veículos e pick-ups e 1% a.a. para caminhões)	R\$ 852,83
Seguro (4% a.a.)	R\$ 4.838,60
Manutenção (5% a.a.)	R\$ 6.048,25
Combustível	R\$ 1.845,00
Comunicação	R\$ 539,92
Total	R\$ 14.124,60

Fonte: Elaboração KMR.

Para a estimativa do custo por chamado de manutenção, foi considerada a distribuição da utilização da frota operacional e, consequentemente, das equipes associadas, em função das características do parque de iluminação pública do município.

Nesse contexto, os veículos equipados com cesto aéreo foram destinados à execução de serviços em alturas de até 9 metros, enquanto veículos leves

foram considerados para atividades de supervisão, coordenação operacional e apoio administrativo em campo.

Com base nos resultados obtidos nas vistorias realizadas no parque de iluminação pública, foram adotadas as seguintes premissas:

Tabela 69 - Premissas dimensionamento Equipes para Manutenção

Parâmetro	Valor
Proporção de pontos de IP acima de 9 m de altura	0%
Proporção de pontos de IP abaixo de 9 m de altura	100%
Produtividade Média por Equipe Manutenção	20 pontos / dia
Período de Trabalho no mês	21 dias úteis

Fonte: Elaboração KMR.

Com base nas premissas estabelecidas nesta seção, estimou-se o custo médio de R\$ 95,52 por chamado de manutenção, correspondente à agregação dos componentes de custo relacionados à mão de obra, utilização de veículos e emprego de equipamentos e ferramentais.

8.2.2. Equipe de Verificação Ativa (rondas)

Os serviços de verificação ativa tiveram seu dimensionamento estabelecido com o objetivo de identificar falhas e defeitos nos pontos de iluminação pública, subsidiando o acionamento das equipes de manutenção.

Conforme premissas detalhadas a seguir, considerou-se que a totalidade dos pontos de iluminação pública será inspecionada periodicamente.

Tabela 70 - Premissas cálculo produtividade Equipe de Ronda.

Premissa	Parâmetro
Velocidade	20 km/h
Horas diárias em campo	6 horas
Período de Trabalho no mês	21 dias úteis
Distância Média entre postes (m)	39 metros
Número de Visitas por Ponto de IP por Mês	5
Produtividade Pontos IP / Mês	64.615

Fonte: Elaboração KMR.

A análise da necessidade de realização de rondas ativas para identificação de pontos de iluminação inoperantes no município indica baixa incidência de ocorrências ao longo do período avaliado. Considerando a reduzida taxa de falhas mensal, a alocação de um profissional exclusivo para execução dessas

atividades não se mostra eficiente, uma vez que implicaria subutilização de recursos operacionais.

Dessa forma, a modelagem adotada não contempla a permanência de equipe dedicada exclusivamente à realização de rondas, sendo considerada suficiente a utilização de canais de atendimento para registro de ocorrências, complementados por inspeções periódicas realizadas pelas próprias equipes de manutenção.

Essa abordagem permite otimizar a alocação dos recursos disponíveis, ao mesmo tempo em que assegura a identificação tempestiva de falhas, beneficiando-se da capacitação técnica das equipes já mobilizadas. Assim, busca-se garantir maior eficiência operacional e adequada cobertura das demandas de manutenção do parque de iluminação pública.

8.3. Materiais de Manutenção

Nesta seção são apresentados os valores estimados para a aquisição de materiais de reposição destinados à execução das atividades de manutenção do sistema de iluminação pública.

8.3.1. Iluminação

A tabela a seguir apresenta os custos mensais associados à aquisição de materiais de consumo necessários à realização das manutenções preventivas e corretivas no parque de iluminação pública.

Tabela 71 - Custo de aquisição de material de reposição - Iluminação

Parâmetro	Taxa de Falha Mensal	Custo Médio Unitário
Lâmpada Convencional ⁷	5,00%	R\$ 37,29
Reator Convencional	0,40%	R\$ 74,54
Braço para IP	0,01%	R\$ 207,49
Relé	1,00%	R\$ 30,21
Luminária LED ⁸	0,03%	R\$ 391,40
Driver para LED	0,40%	R\$ 267,62

Fonte: Elaboração KMR.

⁷ Convencional = Vapor de Sódio, Vapor Metálico, Vapor de Mercúrio etc.

⁸ Percentual informado corresponde à taxa de falha após a instalação. Para Luminárias LED foi previsto um incremento de 50% a cada 5 anos de operação.

A estimativa do número mensal de chamados de manutenção foi realizada com base na multiplicação do quantitativo de pontos de iluminação pública pelas taxas de falha associadas a cada componente do sistema.

Destaca-se que, a partir do início da Fase de Modernização, é esperada a redução dessas taxas, em função da substituição das lâmpadas convencionais por luminárias com tecnologia LED, bem como da substituição dos relés por sistemas de telegestão nas vias contempladas.

8.3.2. Equipamentos de Cidades Inteligentes

Na tabela a seguir são apresentados os custos mensais de aquisição de materiais e serviços para realização das manutenções preventivas e corretivas dos equipamentos de Cidades Inteligentes.

Tabela 72 - Custo de aquisição de materiais e serviços – Equipamentos de Cidade Inteligente

Parâmetro	Taxa de Falha Mensal	Custo Médio Unitário
Telegestão	0,17%	R\$ 284,50
Câmeras	0,17%	R\$ 8.546,15
Inclinômetro	0,17%	R\$ 3.721,60
Piezômetro	0,17%	R\$ 5.183,45
Datalogger	0,17%	R\$ 14.948,36
Concentrador (Gateway)	0,17%	R\$ 26.309,12

8.4. Estrutura Administrativa

Os custos de operação da sede considerados como Despesas da Concessionária são os custos relativos a salários da Equipe Administrativa (Não Operacional), Despesas Gerais e Administrativas e Equipes de Campo (Operacional).

8.4.1. Equipe Administrativa

A tabela a seguir demonstra os custos mensais com mão de obra relativos às atividades de gestão administrativa.

Tabela 73 - Custos operacionais da equipe administrativa.

Cargo	Pré-Modernização	Pós-Modernização	Custo por Cargo
Estrutura Administrativa			
Auxiliar de escritório com encargos complementares	1	1	R\$ 2.561,18
Administrador pleno	1	1	R\$ 7.550,00

Cargo	Pré-Modernização	Pós-Modernização	Custo por Cargo
Assessoria Jurídica	1	1	R\$ 3.710,00
Assessoria Contábil-Financeira	1	1	R\$ 2.814,72
Suporte técnico de informática	1	1	R\$ 2.272,51
Total	5	5	R\$ 18.908,41

Fonte: Elaboração KMR.

8.4.2. Equipe de Campo

Para a manutenção da rede de iluminação pública, foram adotadas as seguintes premissas operacionais:

I – Manutenção de categoria simples (equipe de prontidão)

A equipe de manutenção de categoria simples será responsável pelo atendimento das ordens de serviço classificadas como de baixa complexidade, conforme definido no Plano de Operação e Manutenção (POM).

a) Estrutura e capacidade operacional

- equipe composta por 2 eletricitas, sendo 1 destes com acúmulo da função de motorista;
- produtividade estimada de até 15 ordens de serviço por equipe/dia, considerando tempo de deslocamento;
- agrupamento das ordens de serviço por logradouro e tipologia de falha, visando otimização dos roteiros;
- organização prévia dos materiais de manutenção nos veículos, segregados por tipo de tecnologia, de modo a agilizar a execução dos serviços.

b) Jornada e regime de trabalho

- operação contínua, em regime 24 horas por dia, 7 dias por semana;
- escala de trabalho no regime 6x3 (seis dias de trabalho por três dias de descanso), com jornada diária de 8 horas por equipe.

c) Recursos e suporte operacional

- disponibilização de dispositivo móvel com sistema de geolocalização, contendo informações sobre a área de atuação, pontos de referência e funcionalidades para registro e encerramento das ordens de serviço;

- veículos equipados com dispositivos de sinalização viária, incluindo sinalização luminosa, para suporte à execução das atividades em campo.

d) Qualificação das equipes

- profissionais com formação técnica compatível com a função de eletricitista;
- capacitação obrigatória nas Normas Regulamentadoras aplicáveis, em especial NR-10 (segurança em instalações elétricas) e NR-35 (trabalho em altura);
- experiência comprovada em serviços de iluminação pública ou distribuição de energia elétrica.

e) Escopo de atuação

As equipes poderão atuar nas seguintes modalidades de manutenção:

- manutenção corretiva;
- manutenção preventiva;
- manutenção preditiva;
- manutenção emergencial.

f) Dimensionamento operacional

Para atendimento da operação contínua, foram consideradas 3 equipes de manutenção, totalizando 6 profissionais, distribuídas no regime de escala 6x3.

A modelagem operacional prevê intervalos de menor cobertura ao longo do dia, em função de restrições operacionais e de demanda, compreendendo:

- período entre 18h e 20h, caracterizado por maior fluxo viário, que dificulta a execução de serviços com necessidade de interdição de faixas;
- período entre 6h e 8h, caracterizado por baixa demanda por atendimentos.

Tabela 74 - Escala de Folga dos Colaboradores de Uma Equipe

Colaborador	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7	Dia 8	Dia 9	Dia 10	Dia 11
1	X	X	X	X	X	X	FOLG A	FOLG A	FOLG A	X	X
2	X	X	X	FOLG A	FOLG A	FOLG A	X	X	X	X	X
3	FOLG A	FOLG A	FOLG A	X	X	X	X	X	X	FOLG A	FOLG A

Fonte: Elaboração KMR.

Tabela 75 - Escala Diária de Trabalho das Equipes de Manutenção

Equipe	Hora																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Equipe 1 e 2									X	X	X	X		X	X	X	X							
Equipe 3		X	X	X	X																X	X	X	X

Fonte: Elaboração KMR.

II – Manutenção de categoria complexa – equipe de manutenção terceirizada

A manutenção de categoria complexa, com base nos dados históricos do município de São Bento do Sul, apresenta baixa frequência de ocorrência, permitindo sua execução por meio da contratação eventual de equipes especializadas.

a) Regime de atuação

- os serviços serão executados preferencialmente em período diurno;
- nos casos de caráter emergencial, o atendimento poderá ocorrer em qualquer horário.

b) Estrutura operacional

- cada veículo de manutenção deverá estar equipado com dispositivos de sinalização viária, incluindo sinalização luminosa, previamente organizados para apoio às intervenções em campo.

c) Composição da equipe

A equipe de manutenção de categoria complexa será composta por:

- 1 eletrotécnico, responsável pela coordenação das atividades;
- 2 eletricitas.

d) Atribuições do responsável técnico

Compete ao eletrotécnico encarregado:

- coordenar a execução das atividades de manutenção, incluindo a gestão e distribuição das ordens de serviço;
- acompanhar e supervisionar a execução dos serviços em campo;
- analisar as ordens de serviço não atendidas, identificando causas e propondo medidas corretivas;
- assegurar o cumprimento dos procedimentos operacionais e das normas de segurança do trabalho.

e) Qualificação técnica

Os eletricitistas deverão atender aos seguintes requisitos:

- formação técnica compatível com a função;
- capacitação obrigatória nas Normas Regulamentadoras aplicáveis, especialmente NR-10 e NR-35;
- experiência comprovada em atividades de iluminação pública ou distribuição de energia elétrica.

f) Custos operacionais

A tabela a seguir apresenta os custos mensais associados à mão de obra das atividades operacionais vinculadas à manutenção de categoria complexa.

Tabela 76 - Custos operacionais da equipe de campo.

Cargo	Pré-Modernização	Pós-Modernização	Custo por Cargo
Estrutura Operacional			
Engenheiro Eletricista Pleno com encargos complementares	1	1	R\$ 14.463,74
Eletrotécnico com encargos complementares	1	1	R\$ 4.805,79
Auxiliar de escritório com encargos complementares	1	1	R\$ 2.561,18
Técnico de Segurança do Trabalho com encargos complementares	1	1	R\$ 4.199,56
Almoxarife com encargos complementares	1	1	R\$ 3.361,29
Eletricista com encargos complementares	3	3	R\$ 3.361,29
Auxiliar de eletricista com encargos complementares	3	3	R\$ 1.903,58
Total	11	11	R\$ 34.656,44

Fonte: Elaboração KMR.

8.4.3. Instalações e Utilidades

Para o funcionamento da estrutura organizacional da Concessionária são estimados custos associados à unidade operacional, como aluguel e despesas gerais e administrativas.

Para a operação da estrutura organizacional da Concessionária, foram estimados os custos associados à unidade operacional, abrangendo despesas com locação, bem como despesas gerais e administrativas.

Adicionalmente, esta seção contempla os custos relacionados à tecnologia da informação, incluindo manutenção e licenciamento dos sistemas utilizados na gestão operacional. Para os serviços de atendimento ao usuário (call center), a modelagem considerou, como premissa, a subcontratação junto a empresa especializada.

A tabela a seguir apresenta os custos mensais e unitários estimados para esses componentes.

Tabela 77 - Custos Operacionais da Estrutura Administrativa - Despesas Gerais.

Tipo de Investimento	Valor Unitário	Total
Imóvel (aluguel)	R\$ 7.002,00	R\$ 7.002,00
Utilidades (energia, comunicação)	R\$ 2.199,92	R\$ 2.199,92
Licenças de softwares	R\$ 4.877,43	R\$ 15.907,49
Central de Atendimento (Call Center)	R\$ 0,42 / ponto de IP	R\$ 6.107,56
Licença e Manutenção do Sistema Central de Gestão de IP	R\$ 0,44 / ponto de IP	R\$ 6.401,90
Total	R\$ 14.080,20	R\$ 37.618,86

Fonte: Elaboração KMR.

8.5. Verificador Independente

Para apoiar o Poder Concedente no acompanhamento e fiscalização do Contrato de Concessão, prevê-se a contratação, pela Concessionária, de entidade independente especializada (Verificador Independente – VI), conforme critérios de seleção e requisitos estabelecidos nos anexos contratuais.

Compete ao Verificador Independente, entre outras atribuições:

- elaborar relatórios periódicos de desempenho, incluindo a aferição em campo dos indicadores previstos no Sistema de Mensuração de Desempenho;
- apurar os valores devidos no âmbito da Concessão, incluindo a contraprestação mensal, os reajustes contratuais, eventuais bônus associados à economia de energia e o compartilhamento de receitas acessórias;
- acompanhar o cumprimento dos principais marcos contratuais, emitindo os respectivos Termos de Aceite, incluindo aqueles relacionados aos planos operacionais, implantação do Centro de Controle Operacional (CCO), cadastramento do parque de iluminação

pública, implantação dos Equipamentos de Cidade Inteligente e execução da modernização;

- prestar suporte técnico ao Poder Concedente na análise de pleitos de reequilíbrio econômico-financeiro;
- realizar ações de capacitação do Poder Concedente, abrangendo conteúdos relacionados a PPPs, concessões e ao setor de iluminação pública;
- verificar, de forma periódica, a conformidade da Concessionária com as exigências socioambientais contratuais;
- exercer demais atribuições previstas no Contrato de Concessão.

Com base no escopo de atuação definido, foram estimados os valores de remuneração do Verificador Independente para cada fase da PPP, conforme apresentado a seguir.

Tabela 78 - Despesa com Verificador Independente.

Item	Quantidade	Valor Unitário	Custo Total na Concessão
Análise do Plano de Operação e Manutenção	1,00	R\$ 15.727,98	R\$ 15.727,98
Análise das apólices de seguro	1,00	R\$ 5.242,66	R\$ 5.242,66
Aferição do Cadastro Base	1,00	R\$ 59.113,53	R\$ 59.113,53
Implantação do CCO	1,00	R\$ 8.388,25	R\$ 8.388,25
Análise do Plano de Modernização	1,00	R\$ 10.485,31	R\$ 10.485,31
Aferição de aceite dos Marcos da concessão	4,00	R\$ 5.530,62	R\$ 88.489,88
Sistema de Mensuração de Desempenho	1,00	R\$ 44.431,30	R\$ 13.151.663,62
Total	-	-	R\$ 13.339.111,24

Fonte: Elaboração KMR.

8.6. Resumo OPEX

A tabela a seguir apresenta uma síntese das principais categorias de custos operacionais (OPEX) contempladas neste relatório, bem como os valores estimados ao longo do prazo da PPP:

Tabela 79 - Valores de custos e despesas (OPEX)

Linha de Custos e Despesas	Valor de OPEX (R\$)	%
Estrutura Operacional	R\$ 24.353.768,68	41,97%
Materiais de Manutenção Pré Modernização	R\$ 264.137,26	0,46%
Materiais de Manutenção Pós Modernização	R\$ 5.285.104,66	9,11%
Estrutura Administrativa	R\$ 5.596.889,36	9,65%
Verificador Independente	R\$ 13.339.111,24	22,99%
Equipamentos de Cidade Inteligente	R\$ 9.184.384,72	15,83%
Total	R\$ 58.023.396	100%

Fonte: Elaboração KMR.



9. CUSTOS E DESPESAS DO PODER CONCEDENTE

Para a modelagem econômico-financeira, foram identificados, mensurados e incorporados todos os dispêndios de responsabilidade do Poder Concedente ao longo da vigência da PPP. Dentre esses, destacam-se: (i) os pagamentos à Concessionária, compreendendo a Contraprestação Mensal e o eventual Aporte Público; e (ii) os custos associados ao fornecimento de energia elétrica para o sistema de iluminação pública.

Nos tópicos subsequentes, são detalhadas as premissas adotadas para a estimativa de cada um dos componentes de custo acima elencados.

9.1. Custos com Energia Elétrica

Para o cálculo dos custos com energia elétrica aplicou-se a seguinte fórmula:

$$Custo_{EE} = [Carga_{IP} \times Horas \times Dias] \times Tarifa$$

Em que:

$Custo_{EE}$ (R\$) = Custo mensal do Poder Concedente com conta de energia elétrica para IP;

$Carga_{IP}$ (kW) = Somatório da carga (potência), em *kilowatts* (kW), de todos os componentes da rede de IP, incluindo lâmpadas e perdas de equipamentos auxiliares, como reator e relé;

$Horas$ (h) = Horas de funcionamento diário do ponto de IP para fins de apuração do consumo de energia;

$Dias$ = Dias de funcionamento no mês, equivalente à quantidade de dias no mês;

$Tarifa$ (R\$ / kWh) = Tarifa de energia elétrica utilizada pela Distribuidora de Energia para fins de apuração da fatura de energia, incluindo impostos e bandeiras tarifárias.

Para o parâmetro de Carga de Iluminação Pública, adota-se como referência o cadastro inicial de IP do município, que contempla o quantitativo de pontos de iluminação, suas respectivas potências e os equipamentos auxiliares associados. Sobre essa base cadastral, aplica-se a meta de eficiência estabelecida no item 2.4.2, de forma progressiva, em consonância com o avanço da Fase de Modernização.

O consumo de energia é estimado a partir do produto entre a carga instalada e o tempo de operação do sistema de IP em cada período. Para tanto, consideram-se o número de dias de cada mês e o tempo diário de

funcionamento definido pelas diretrizes da Resolução ANEEL nº 2.590/2019, que estabelece um valor de referência de 11 horas e 25 minutos por dia, equivalente a 11,42 horas.

Quanto ao parâmetro tarifário, conforme detalhado no Relatório de Diagnóstico Técnico-Operacional, os custos de energia elétrica são calculados com base na tarifa específica aplicável à classe de Consumidor – Iluminação Pública:

- Tarifa b4a: R\$ 0,38262/ kWh (Sem impostos)⁹
- Impostos¹⁰:
 - ICMS – 17%
 - PIS e COFINS: 4,69 % (data referência: fev/26)

Adicionalmente à tarifa de energia elétrica do subgrupo B4a, mencionada anteriormente, o valor efetivamente faturado está sujeito à aplicação do sistema de bandeiras tarifárias, conforme regulamentação estabelecida pela ANEEL. Esse mecanismo pode sofrer variações mensais, implicando ajustes nos custos de energia. Os valores correspondentes às bandeiras tarifárias vigentes são apresentados a seguir:

Tabela 80 - Adicional Bandeira Tarifária (sem impostos)¹¹

Bandeira Tarifária	Adicional (R\$/kWh)
Verde	0
Amarela	0,01885
Vermelha P1	0,04463
Vermelha P2	0,07877
Escassez Hídrica	0,142

Fonte: ANEEL.

Para fins de projeção na modelagem, tendo em vista o efeito das bandeiras tarifárias no custo de energia, foi mapeado o histórico de incidência de bandeiras entre 2022 e 2025:

⁹ Fonte: Celesc - [Tarifas de Energia Tarifas de Energia](#).

¹⁰ Fonte: Celesc - [Tarifas de Energia Tarifas de Energia](#).

¹¹ Fonte: [Sobre Bandeiras Tarifárias — Agência Nacional de Energia Elétrica](#).

Tabela 81 - Histórico Bandeira Tarifária¹²

Mês	2022	2023	2024	2025
Janeiro	Escassez Hídrica	Verde	Verde	Verde
Fevereiro	Escassez Hídrica	Verde	Verde	Verde
Março	Escassez Hídrica	Verde	Verde	Verde
Abril	Escassez Hídrica	Verde	Verde	Verde
Maio	Verde	Verde	Verde	Amarela
Junho	Verde	Verde	Verde	Vermelha P1
Julho	Verde	Verde	Amarela	Vermelha P1
Agosto	Verde	Verde	Verde	Vermelha P2
Setembro	Verde	Verde	Vermelha P1	Vermelha P2
Outubro	Verde	Verde	Vermelha P2	Vermelha P1
Novembro	Verde	Verde	Amarela	Vermelha P1
Dezembro	Verde	Verde	Verde	Amarela

Fonte: ANEEL.

A partir de todas as premissas previamente detalhadas nesta seção, é possível estimar o custo da conta de energia elétrica para iluminação pública, a ser paga pelo município durante o prazo da PPP.

A tabela abaixo apresenta a projeção do consumo de energia elétrica (kWh) e os respectivos valores financeiros a serem pagos, desconsiderando o índice de reajuste tarifário:

Tabela 82 - Custo Anual de Energia Elétrica com IP

Ano	Consumo anual (KWh)	Custo anual (R\$)
1	3.559.549 KWh	R\$ 1.717.936,44
2	3.601.603 KWh	R\$ 1.738.232,50
3	3.643.656 KWh	R\$ 1.758.528,55
4	3.685.709 KWh	R\$ 1.778.824,61
5	3.727.762 KWh	R\$ 1.799.120,67
6	3.769.816 KWh	R\$ 1.819.416,73
7	3.811.869 KWh	R\$ 1.839.712,78
8	3.853.922 KWh	R\$ 1.860.008,84
9	3.895.976 KWh	R\$ 1.880.304,90
10	3.938.029 KWh	R\$ 1.900.600,96

¹² Fonte: [Bandeiras Tarifárias - Bandeira Tarifária - Acionamento - Dados Abertos - Agência Nacional de Energia Elétrica.](#)

Ano	Consumo anual (KWh)	Custo anual (R\$)
11	3.980.082 KWh	R\$ 1.920.897,01
12	4.022.135 KWh	R\$ 1.941.193,07
13	4.064.189 KWh	R\$ 1.961.489,13
14	4.105.991 KWh	R\$ 1.981.664,38
15	4.147.794 KWh	R\$ 2.001.839,62
16	4.189.597 KWh	R\$ 2.022.014,87
17	4.231.192 KWh	R\$ 2.042.089,44
18	4.272.786 KWh	R\$ 2.062.164,02
19	4.314.297 KWh	R\$ 2.082.198,32
20	4.355.808 KWh	R\$ 2.102.232,62
21	4.397.152 KWh	R\$ 2.122.186,39
22	4.438.496 KWh	R\$ 2.142.140,15
23	4.479.840 KWh	R\$ 2.162.093,91
24	4.521.184 KWh	R\$ 2.182.047,67
25	4.562.403 KWh	R\$ 2.201.941,03

Fonte: Elaboração KMR.

10. ANEXOS TÉCNICO-OPERACIONAIS DO CONTRATO

Com o objetivo de assegurar a adequada incorporação dos aspectos técnicos na estruturação da Parceria Público-Privada, deverão ser incluídos, como parte integrante do Contrato de Concessão, os anexos técnico-operacionais a seguir:

I. Caderno de Encargos

Este anexo estabelece as diretrizes técnicas, operacionais e administrativas para a execução dos serviços objeto da concessão, constituindo o principal instrumento normativo das obrigações da Concessionária. O documento delimita o escopo do projeto, abrangendo, de forma integrada, as atividades de cadastro da rede de iluminação pública, modernização e efficientização, operação e manutenção, expansão da infraestrutura, implantação de equipamentos de Cidade Inteligente e implementação do Centro de Controle Operacional. Adicionalmente, define requisitos mínimos, prazos, padrões de desempenho e responsabilidades, assegurando a adequada execução dos serviços ao longo de toda a vigência contratual.

II. Sistema de Mensuração de Desempenho

Este componente estabelece o conjunto de indicadores, métricas e critérios destinados à avaliação objetiva da qualidade dos serviços prestados pela Concessionária, servindo como base para o monitoramento contínuo do desempenho contratual. O documento contempla parâmetros relacionados à operação, manutenção, níveis de serviço, atendimento, desempenho dos equipamentos de Cidade Inteligente e conformidade técnica, permitindo a aferição sistemática dos resultados e o suporte a mecanismos de gestão e remuneração vinculados ao desempenho.

III. Diretrizes para Contratação do Verificador Independente

Este caderno define os parâmetros para a contratação e atuação do Verificador Independente, entidade técnica, imparcial e autônoma responsável por apoiar o Poder Concedente na fiscalização do contrato. Sua atuação compreende, dentre outras atividades, o planejamento inicial dos procedimentos de verificação, a implantação de sistemas de monitoramento e o acompanhamento contínuo do contrato, incluindo a realização de auditorias, inspeções em campo, validação de dados operacionais, mensuração dos indicadores de desempenho, cálculo da contraprestação mensal e emissão de relatórios periódicos. O anexo também estabelece diretrizes relativas à governança da fiscalização, confidencialidade, integridade, comunicação entre as partes e aplicação de penalidades, contribuindo para a transparência e a efetividade do controle contratual.

ANEXO I – Resultados do Trabalho de Campo e Vias Típicas

O Anexo I apresenta o detalhamento das informações coletadas no trabalho de campo e das vias típicas, utilizadas como parâmetros para os Estudos de Engenharia.

