DIVULGAÇÃO DE RESULTADO REFERENTE EDITAL DE PADRONIZAÇÃO N° 01/2022
Processo administrativo n° 22.311/2021

O Município de Santa Rosa, Estado do Rio Grande do Sul, através da Comissão de Padronização, Portaria nº 869/2021 e em conformidade com a Lei Federal n° 8.666/93 e Lei 14.133/21, torna público que procedeu estudos e verificações, nos autos do processo administrativo n° 22.311/2021, com base na Lei 8.666/93 e no Decreto n° 18/2022, de 14 de janeiro de 2022, com o fim de padronização de lâmpadas led para iluminação pública, braços para luminárias, relés e outros componentes. A presente publicação apresenta os resultados dos estudos, com definição dos padrões, conforme Anexo I, publicado no site do município (www.santarosa.rs.gov.br), abrindo-se prazo de 05 (cinco) dias às empresas para eventuais impugnações ou revisões das conclusões dos estudos.

Santa Rosa, 09 de agosto de 2022.

André Stürmer
Secretário de Administração e Fazenda
Presidente da Comissão Especial de Padronização
Portaria de Nomeação 869/2021

Avenida Expedicionário Weber, n° 2.983, Bairro Cruzeiro, CEP 98789-000, Santa Rosa, RS
www.santarosa.rs.gov.br - Fone (55) 3511-5100

5/8/2022

ESTUDO DE PADRONIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA ROSA
ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO E HABITAÇÃO

Sumário

1 OBJETIVO 3
2 JUSTIFICATIVA TÉCNICA 3
3 LUMINÁRIAS LED 4
3.1 METODOLOGIA 4
3.1.1 Instalação 5
3.1.1.1 Fixação das luminárias 5
3.1.1.2 Regulagem do ângulo das luminárias 7
3.1.2 Manutenção 9
3.1.2.1 Alojamento para equipamentos elétricos 9
3.1.2.2 Conjunto Óptico 14
3.1.2.3 Corpo da luminária 17
3.2 FOTOMETRIA 19
3.2.1 Avaliação das amostras com fluxo aproximado de 7300lm 22
3.2.1.1 Simulação via P6 - V4, amostra 1.1 24
3.2.1.2 Simulação via P6 - V4, amostra 2.1 25
3.2.1.3 Simulação via P6 - V4, amostra 3.1 26
3.2.2 Avaliação das amostras com fluxo aproximado de 11300lm 27
3.2.2.1 Simulação via P3 - V4, amostra 1.2 29
3.2.2.2 Simulação via P3 - V4, amostra 2.2 30
3.2.2.3 Simulação via P3 - V4, amostra 3.2 31
3.2.3 Avaliação das amostras com fluxo aproximado de 14700 lm 32
3.2.3.1 Simulação via P3 – V3, amostra 1.3 33
3.2.3.2 Simulação via P3 – V3, amostra 2.3 34
3.2.3.4 Simulação via P3 – V3, amostra 3.3 35
3.2.3.5 Simulação via P3 – V3, amostra 5.3 36
3.2.4 Avaliação das amostras com fluxo aproximado de 20200 lm 37
3.2.4.1 Simulação via P3 – V2, amostra 1.4 38
3.2.4.2 Simulação via P3 – V2, amostra 2.4 39

3.2.4.3 Simulação via P3 – V2, amostra3.4 40
3.2.4.4 Simulação via P3 – V2, amostra 5.4 41
3.2.5 Avaliação das amostras com fluxo aproximado de 25500lm 42
3.2.5.1 Simulação via P1 – V1, amostra 1.5 44
3.2.5.2 Simulação via P1 – V1, amostra 2.5 45
3.2.5.3 Simulação via P1 – V1, amostra 3.5 46
3.2.5.4 Simulação via P1 – V1, luminária Tecnowatt 153W 47
3.3 CUSTOS 49
3.3.1 Custo Aquisitivo 49
3.3.2 Custos Operacionais 50
3.4 CONCLUSÃO 52
4 BRAÇOS E SUPORTES 54
4.1 METODOLOGIA 54
4.2 LEVANTAMENTO DE CAMPO 55
4.3 DEFINIÇÃO DOS MODELOS DE BRAÇOS 56
4.4 CONDIÇÕES GERAIS 65
4.5 CONDIÇÕES DE SERVIÇO 65
4.6 IDENTIFICAÇÃO 65
4.7 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GERAIS 65
5 RELÉ FOTOCONTROLADOR 66
5.1 CONDIÇÕES GERAIS 67
5.2 CONDIÇÕES DE SERVIÇO 67
5.3 IDENTIFICAÇÃO 67
5.4 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GERAIS 68
5.5 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS ESPECÍFICAS 69
5.6 ENSAIOS 70
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 71

1 OBJETIVO

Este estudo tem por objetivo definir padrão técnico dos materiais e equipamentos empregados em sistemas de iluminação pública no Município de Santa Rosa, bem como justificar a padronização.

2 JUSTIFICATIVA TÉCNICA

A iluminação pública passou a ser uma responsabilidade de prefeituras, conforme resolução Normativa nº 414/2010 da ANEEL. Portanto, a responsabilidade quanto construção, operação e manutenção, bem como aquisição de materiais e equipamentos necessários é do município.

O mercado de materiais e equipamentos utilizados em sistema de iluminação pública tem como principal consumidor órgãos públicos (municípios), os quais tem dificuldades para obter controle de qualidade, sejam por limitações de corpo técnico, pela legislação que rege o sistema de compras, ou até pela dificuldade na verificação da conformidade com as Normas Técnicas, visto que são necessários ensaios em laboratório, situação que impacta diretamente na qualidade do serviço prestado e por consequência gera impactos socioeconômicos negativos.

Mesmo dentre os produtos que possuem Certificação do INMETRO, caso das luminárias públicas com tecnologia LED, para as quais é possível avaliar as características através de ensaios apresentados para obtenção da certificação, existem diferenças significativas referentes a qualidade do produto, as quais impactam diretamente na eficiência e qualidade do serviço prestado.

A padronização, é um instrumento de racionalização da atividade administrativa, com redução de custos e otimização da aplicação de recursos. Significa que a padronização elimina variações tanto no tocante à seleção de produtos no momento da contratação como também na sua utilização e conservação.

Ela tem o objetivo de definir características referentes às especificações técnicas e de desempenho de produtos que são almejadas pela Administração Pública, o que pode resultar na conclusão de que determinadas marcas atendem ao tipo de padronização adotado ou, até mesmo, apenas determinado fabricante oferece o produto que se coaduna com os padrões pretendidos.

Assim, através da definição de padrões dos equipamentos que compõem o parque de iluminação pública, o município pode obter melhor custo/benefício,

proporcionado pela eficiência de equipamentos, facilidade de manutenção, além de ganhos estéticos e luminotécnicos proporcionados.

Uma das principais vantagens que a padronização pode proporcionar, sob os aspectos técnico e econômico, é o aproveitamento do “know-how” utilizado na manutenção e conservação dos novos produtos, bem como, a redução na quantidade de itens em estoque e a garantia de compatibilidade dentre estes.

Outro aspecto importante, é a obtenção de uniformidade na iluminação pública, visto que existem variações nas curvas de emissão luminosa dentre os modelos disponíveis no mercado, as quais afetam diretamente a uniformidade e iluminância, requisitos estabelecidos na ABNT NBR 5101 – ILUMINAÇÃO PUBLICA – PROCEDIMENTO.

Por fim, a adoção de um padrão pode facilitar a orçamentação e aquisição de produtos, reduzindo a morosidade dos processos licitatórios, com impugnações, e questionamentos no tocante a seleção dos produtos, dando maior segurança e efetividade aos editais.

3 LUMINÁRIAS LED

As características básicas das luminárias públicas Led foram obtidas através da elaboração de projeto de iluminação pública para todos os tipos/gabaritos viários do Município de Santa Rosa.

O projeto foi elaborado no software DIALux evo, observando os parâmetros estabelecidos pela Norma Brasileira ABNT NBR 5101 “ILUMINAÇÃO PUBLICA – PROCEDIMENTO”, sendo que, para fins de projeto e dimensionamento foi considerado um fator de manutenção de 70% e vãos médios da rede de distribuição de energia elétrica local de 35 metros.

A parte dessas definições de projeto, foram consideradas as características relevantes no contexto do parque de iluminação pública municipal, o qual é composto atualmente por aproximadamente 11300 pontos. Essas características se referem à instalação, manutenção, fotometria e custo operativos.

3.1 METODOLOGIA

Esse estudo analisa várias marcas/modelos de luminárias públicas Led disponíveis no mercado visando obter subsídios que auxiliem na definição de um

padrão de luminária LED que represente a solução mais adequada e consonante com os objetivos da administração pública.

Para fins de definição das características que o padrão de luminárias públicas LED deve ter, estas são avaliadas sob os diversos aspectos, que influenciam diretamente na instalação, manutenção, iluminância dos logradouros e custos do parque de iluminação pública municipal.

Neste estudo são utilizadas as informações obtidas através das apresentações, amostras, relatórios de ensaios e dados enviados a prefeitura por meio do edital de padronização, além dos dados levantados junto aos sites de fabricantes de forma independente.

Não serão utilizadas como referência neste estudo as luminárias LED existentes no município, objeto de contratações anteriores, devido ao fato dos modelos existentes estarem obsoletos em relação as amostras em análise.

3.1.1 Instalação

Nesse tópico são abordados os aspectos construtivos que influenciam na sua instalação.

O primeiro critério, é referente ao método de fixação e o segundo, referente ao ângulo de instalação. A importância dessa análise reside no fato de que a forma de instalação interfere diretamente nos custos relativos à mão de obra e à qualidade da iluminação. Uma luminária instalada com um ângulo diferente daquele projetado pode, por exemplo, gerar uma iluminação não uniforme e/ou gerar ofuscamento.

A abordagem desses critérios ocorreu através de pesquisa bibliográfica, mais especificamente, nos sites de fabricantes, catálogos de luminárias, fichas técnicas, além da análise das amostras enviadas por meio do edital de padronização de iluminação pública publicado pelo município.

3.1.1.1 Fixação das luminárias

Com base nas amostras recebidas e pesquisa, é possível afirmar que existem pelo menos duas formas diferentes de fixação da luminária no braço metálico[1], sendo uma por meio de dois parafusos que apertam o tubo metálico e a outra por intermédio

[1] Braço da luminária, braço metálico, braço, tubo metálico ou apenas tubo, são utilizados no texto como sinônimos.

de dois parafusos que pressionam um suporte em forma de U contra o tubo metálico. A Figura 1 demonstra o primeiro método.

Figura 1: Fixação da luminária LED através de dois parafusos

Fonte: Própria do autor, 2022.

Nesse método, a fixação ocorre através do aperto de dois parafusos que pressionam diretamente o tubo metálico. Durante o aperto desses parafusos, pela pressão pontual, pode haver deformação do tubo metálico o que dificulta ajustes posteriores, e/ou giro da luminária sobre o eixo do tubo, dificultando o ajuste da luminária na posição almejada.

A Figura 2, corresponde ao segundo método de fixação da luminária junto ao tubo metálico.

Figura 2: Fixação da luminária LED através de suporte com engaste

Fonte: Própria do autor, 2022.

O sistema de fixação em braço por presilha transversal (*bracket)*, consiste no aperto de dois parafusos, os quais pressionam a presilha contra o tubo do braço. Este sistema proporciona agilidade e segurança no travamento da luminária ao braço na posição desejada.

3.1.1.2 Regulagem do ângulo das luminárias

Um dos fatores imprescindíveis para uma iluminação uniforme é a definição do ângulo em que a luminária será instalada. Para as vias do município, é necessário a instalação de luminárias com ângulos de 5°, 10° e 15°, para manter os índices de uniformidade estipulados pela NBR 5101. Desta forma, o aspecto construtivo da luminária, deve permitir de maneira precisa e confiável o ajuste desses ângulos no momento da instalação.

Nesse estudo, são analisadas três formas diferentes para regulagem de ângulo que as amostras possuem com o intuito de avaliar o método que proporciona a melhor forma de ajuste das angulações.

A Figura 3 ilustra o primeiro método de ajuste de ângulo de uma das amostras por meio de parafusos.

Figura 3: Ajuste de ângulo através de parafusos

Fonte: Própria do autor, 2022.

Esse tipo de ajuste de ângulo utiliza um parafuso do lado oposto aos parafusos de fixação da luminária para regular o ângulo desejado, através do maior ou menor aperto. Essa regulagem não fornece precisão e confiabilidade, necessitando de um equipamento adicional para verificar o real ângulo de instalação da luminária.

A Figura 4 apresenta o segundo método de ajuste de ângulo encontrado nas amostras. O sistema é fixo no suporte da luminária e se assemelha a três degraus de uma escada, onde cada degrau representa uma angulação diferente.

Figura 4: Ajuste de ângulo no suporte da luminária LED

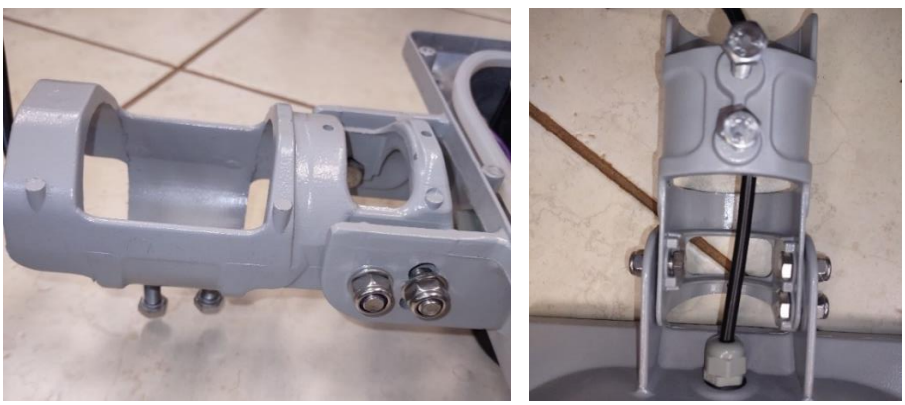
(a) (b)

Fonte: Própria do autor, 2022.

O ajuste de ângulo fixo no suporte da luminária tem como vantagem ser preciso e confiável. Esse tipo de ajuste permite a regulagem da luminária em ângulos de -5, 0 e 5 graus, suficientes para atender as necessidades do projeto luminotécnico municipal.

A Figura 5 apresenta o terceiro método de ajuste do ângulo da luminária encontrado nas amostras.

Figura 5: Ajuste de ângulo através de parafusos laterais



Fonte: Própria do autor, 2022.

Trata-se de dois parafusos laterais, que possibilitam o ajuste do ângulo da luminária de forma precisa e confiável em ângulos de -5, 0 e 5 graus. Permite ainda, regular a luminária com valores intermediários aos mencionados, contudo, sem precisão e confiabilidade.

Mediante a análise dos critérios de instalação, pode-se afirmar que o sistema que representa maior versatilidade, segurança e precisão na fixação da luminária é o método que emprega presilha transversal (*bracket)*. Já o sistema de ajuste de ângulo que permite a variação angular precisa, confiável e sem a necessidade de acessório para aferição é o fixo no suporte com ajuste de -5°/0°/+5°.

3.1.2 Manutenção

Nesse tópico são abordados os aspectos construtivos que influenciam na manutenção do parque de iluminação pública, ou seja, são analisadas as características das luminárias LED quanto a facilidade, agilidade e segurança na manutenção.

Portanto, são avaliadas abaixo, as três partes da luminária que podem receber manutenção de forma individual, ou seja, o alojamento dos equipamentos, o conjunto óptico e o corpo da luminária.

3.1.2.1 Alojamento para equipamentos elétricos

As luminárias LED possuem um alojamento interno que abriga o *driver* e o DPS da luminária. Esse alojamento é fechado através de parafusos e possui borracha de vedação para garantir o grau de proteção (IP) da luminária. Cada luminária LED possui um alojamento singular, porém limitaremos essa análise as quatro amostras recebidas.

A Figura 6 ilustra a forma de alojamento da amostra 1.

Figura 6: Alojamento da luminária LED da amostra 1

Fonte: Própria do autor, 2022.

O acesso ao alojamento dessa amostra ocorre através da remoção de cinco parafusos que são de difícil extração, inclusive, durante a abertura do alojamento dois parafusos quebraram. A mesma dificuldade foi verificada em outras em outras amostras desse modelo. Os parafusos estão localizados na parte inferior da luminária, o que possibilita a queda/perda durante a remoção da tampa do alojamento para manutenção.

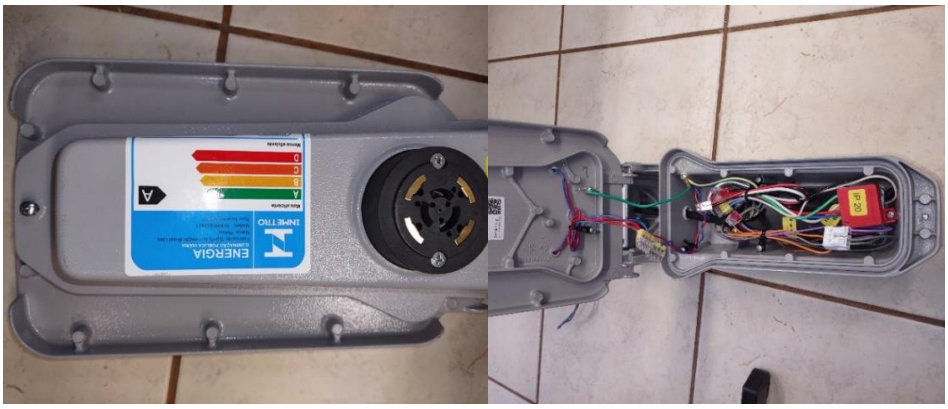
A borracha de vedação é colada na tampa o que evita o seu deslocamento, porém dificulta sua substituição caso necessário. A tampa se desprende completamente da luminária, o que proporciona o risco de queda da peça em altura durante a manutenção.

O alojamento possui espaço reduzido, o que dificulta a substituição dos componentes e a acomodação destes. O driver é fixado no alojamento através de fita adesiva, sendo necessário uso de força para sua remoção. Para reinstalação e/ou instalação de novo componente há necessidade de aplicação de fita adesiva 3M ou similar.

Avaliamos as características da amostra acima descritas como inconvenientes sob o ponto de vista da realização de manutenção in-loco.

Ademais, todas as derivações são feitas através de conectores adequados e é possível fazer a manutenção da luminária com apenas um tipo de chave, da mesma maneira que a amostra 2, apresentada na Figura 7.

Figura 7: Alojamento da amostra 2



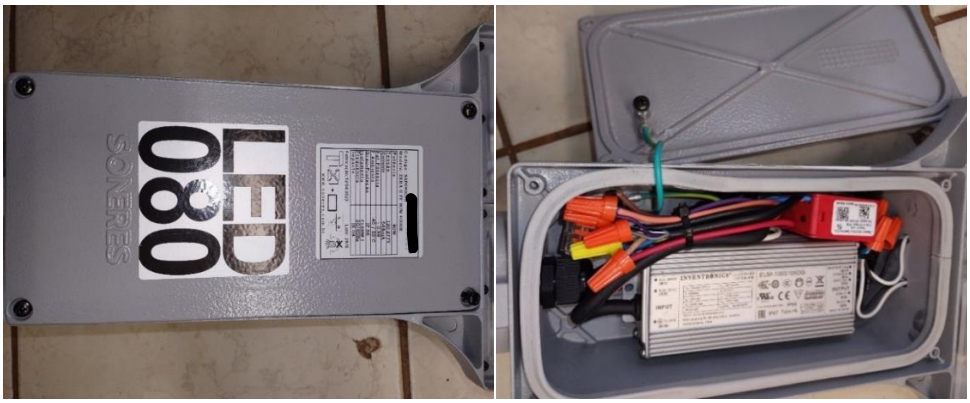
Fonte: Própria do autor, 2022.

O acesso ao alojamento ocorre através da remoção de um único parafuso na parte superior do corpo da luminária. Esse sistema permite a abertura do alojamento com facilidade e rapidez, além de evitar a perda do parafuso que permanece fixo no corpo da luminária. A borracha de vedação interna é bem afixada através de encaixe, o que evita o deslocamento/queda durante manutenções, porem pode ser facilmente removida/substituída. Quando aberta, a tampa do alojamento permanece ligada a luminária por meio de engates o que evita a queda, e assim, permite o livre acesso ao alojamento para manutenção.

O alojamento possui espaço amplo que facilita a substituição dos equipamentos, porém o DPS está instalado sobre o driver da luminária. Portanto, se houver necessidade de substituir o driver, primeiramente deverá ser removido o DPS. Todos os equipamentos são fixados por parafusos de fácil remoção e reinstalação, contudo há risco de queda desses parafusos durante a execução do serviço. Ademais, devido a facilidade, agilidade e segurança na abertura do alojamento, bem como na substituição de qualquer equipamento abrigado nele, é possível fazer a manutenção *in-loco*.

O próximo alojamento analisado, ilustrado na Figura 8, se refere a amostra 3.

Figura 8: Alojamento amostra 3



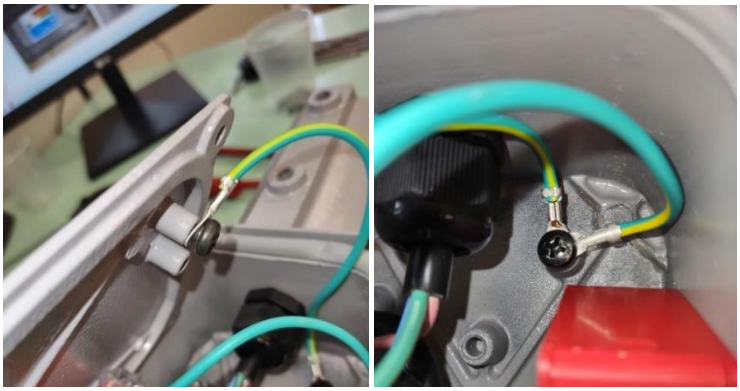
Fonte: Própria do autor, 2022.

O acesso a esse alojamento ocorre através da retirada de quatro parafusos de fácil remoção. O alojamento possui espaço suficiente para manutenção dos componentes com facilidade. A tampa do alojamento fica na parte inferior da luminária e, portanto, pode ocorrer a queda dos parafusos durante a remoção. A tampa se solta completamente do corpo da luminária. A borracha de vedação, se solta facilmente durante manuseio/manutenção e é de difícil reinstalação.

As derivações dos cabos são feitas através de conectores de torção. Na abertura do alojamento de uma das amostras foi encontrado uma derivação exposta devido a um conector de torção que se soltou e ao manusear os componentes outro conector se soltou. Esse tipo de ocorrência pode provocar curto-circuito em caso de contato das emendas com o corpo da luminária e/ou mau contato dos condutores.

As conexões dos condutores de proteção a massa da luminária, a qual é feita através de terminal olhal e parafusos cabeça fenda cruzada rosqueados diretamente ao corpo luminária, estes não apresentam curso suficiente para o aperto adequado do conector a massa, condição que pode provocar mau contato e comprometer a função do condutor, e foi verificada em outras amostras da mesma marca/modelo. A Figura 9, ilustra a condição descrita.

Figura 9: Defeito no aterramento da massa da luminária LED encontrado na amostra 3

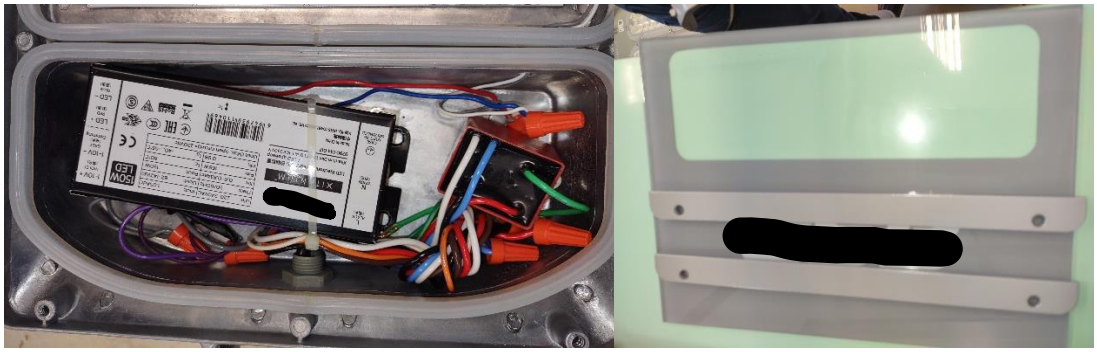


Fonte: Própria do autor, 2022.

Ademais, para fazer a manutenção da luminária são necessárias duas chaves diferentes, tendo em vista as variações de tamanho dos parafusos que compõem a luminária.

A Figura 10 apresenta o alojamento da amostra 4.

Figura 10: Alojamento da amostra 4



Fonte: Própria do autor, 2022.

O acesso ao alojamento ocorre através da remoção do difusor da luminária, o qual é fixado através de duas barras metálicas e quatro parafusos. Considerando a luminária instalada, todas estas peças estão localizadas na parte inferior da luminária, assim, durante a manutenção existe o risco de queda/avaria destas.

As borrachas de vedação, tanto do compartimento ótico quanto do alojamento dos equipamentos, são expostas durante a remoção do refrator, estas são afixadas através de encaixe e se desprendem facilmente, em se concretizando durante a manutenção, pode representar uma tarefa adicional sua reinstalação. Ademais, o alojamento possui espaço amplo e as derivações dos cabos são feitas através de conectores de torção.

Através dessa análise conclui-se que um alojamento que garante segurança e agilidade na manutenção é aquele que possui acesso fácil, através da menor quantidade de parafusos possíveis, espaço amplo, tampa que permanece fixada na luminária por engates apropriados após sua abertura e que seja confeccionada do mesmo material da luminária com gaixeta de vedação bem afixada. Além disso, os equipamentos devem ser fixados através de parafusos de fácil remoção, os terminais olhais de aterramento apertados adequadamente e as derivações executadas através de conectores de engate rápido.

3.1.2.2 Conjunto Óptico

O conjunto óptico é formado pela placa LED (responsável pela emissão da luz) e pelo refrator/lente (responsável pela proteção do LED e pela refração da luz). Cada fabricante possui um método de instalação diferente e seu próprio design de placa LED e refrator. Porém, limitaremos a análise desses componentes as amostras recebidas.

A Figura 11 ilustra o design do conjunto óptico da amostra 1.

Figura 11: Conjunto óptico da amostra 1

Fonte: Própria do autor, 2022.

O refrator/lente em acrílico e a placa LED desta amostra são fixados ao corpo da luminária por parafusos, os quais encontramos dificuldade para remoção, a vedação é através de cola, a qual que dificulta a remoção do refrator/lente, e implica em riscos de avarias ao componente, se realizada de forma inadequada.

Julgamos que para execução desta tarefa de forma segura seja necessário a remoção da luminária e realização da manutenção em bancada, com uso de ferramenta ou elemento especifico, o que impacta diretamente no custo de manutenção.

A Figura 12 mostra o design do conjunto óptico da amostra 2.

Figura 12: Conjunto óptico da amostra 2

Fonte: Própria do autor, 2022.

O refrator/lente em acrílico e a placa LED dessa amostra são fixados através de dez parafusos facilmente removíveis e a vedação é realizada através de borracha, permitindo a remoção/substituição desses equipamentos facilmente, possibilitando que a manutenção seja realizada *in-loco*.

Ademais, os componentes das luminárias são intercambiáveis, permitindo a substituição de componentes de uma luminária para outra, desde que respeitadas a Tabela 1. Isso facilita a manutenção e a aquisição de materiais, reduzindo o número de itens necessários em estoque.

Tabela 1: Componentes de reposição da amostra 2

Modelo	Driver LED	DPS	Conjunto Óptico com LED	Vedação
BRP481 41W	BRP48x Driver 65W Spare**	Spare Parts DPS 10kV/12kA	BRP481 NW DML Spare part	BRP48x Door Small Gasket
BRP482 61W			BRP482 NW DML Spare part	
BRP482 83W	BRP48x Driver 192W Spare**			
BRP483 113W			BRP483 NW DML Spare part	
BRP483 150W				

Fonte: Philips, 2022.

A Figura 13 apresenta o design do conjunto óptico da amostra 3.

Figura 13: Conjunto óptico da amostra 3

Fonte: Própria do autor, 2022.

O refrator/lente em acrílico e placa LED da amostra 3 é fixado através de dezesseis parafusos e a vedação é realizada através de borracha, permitindo a remoção/substituição desses componentes facilmente, possibilitando que a manutenção seja realizada *in-loco*. Ademais, as placas LED e os refratores não são intercambiáveis, sendo necessário a compra de diferentes equipamentos, segundo a potência de cada luminária, para realizar a manutenção.

A Figura 14 apresenta o design do conjunto óptico da amostra 4.

Figura 14: Conjunto óptico da amostra 4

Fonte: Própria do autor, 2022.

A lente dessa amostra é formada por quatro módulos, fixados por parafusos, os quais também fixam a placa LED. Esses módulos tem indicadores de direção para correta instalação, porém não há dispositivo que impeça a instalação incorreta.

O acesso ao refrator e a placa LED só é possível mediante a remoção do refrator o qual é constituído por vidro, ou seja, abertura completa da luminária, pois o compartimento ótico e alojamento são vedados/protegidos pelo refrator.

Julgamos inconvenientes em se tratando de manutenção, as lentes modulares, pois representa maior número de peças a serem removidas/instaladas durante a manutenção, e o fato de o conjunto ótico estar localizado internamente a luminária, exigindo a abertura luminária para manutenção. O refrator constituído de vidro, representar maior risco de avaria durante a manutenção, comparativamente aos de acrílico.

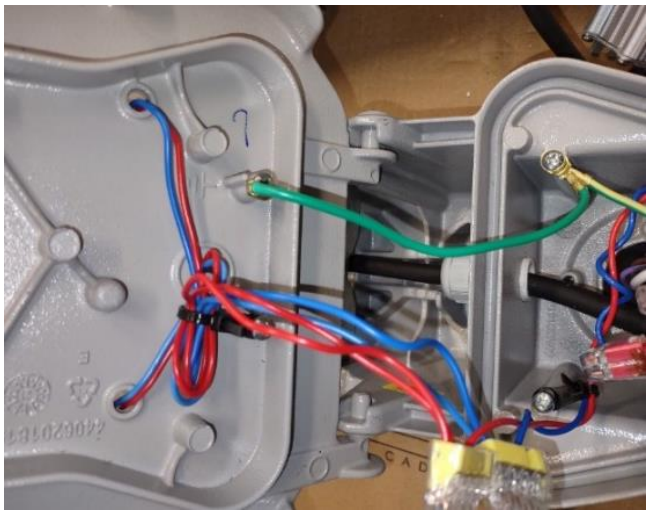
A análise efetuada, dos diferentes conjuntos ópticos, permite concluir que um conjunto óptico que garante economia, segurança e agilidade na manutenção desses equipamentos, são aqueles posicionados externamente a carcaça da luminária, com refrator/lente em acrílico de fácil remoção, fixados através de parafusos, com vedação através de borracha (gaixeta) removível, e placa LED fixada através de parafusos.

3.1.2.3 Corpo da luminária

Através da análise das amostras enviadas, percebe-se que as luminárias possuem design e acabamentos bastante diferenciados, sendo necessário apontar alguns parâmetros mínimos para garantir a qualidade no acabamento do produto, que implica diretamente na manutenção e durabilidade.

A Figura 15 apresenta o acabamento da amostra 2.

Figura 15: Acabamento da luminária LED, amostra 2.

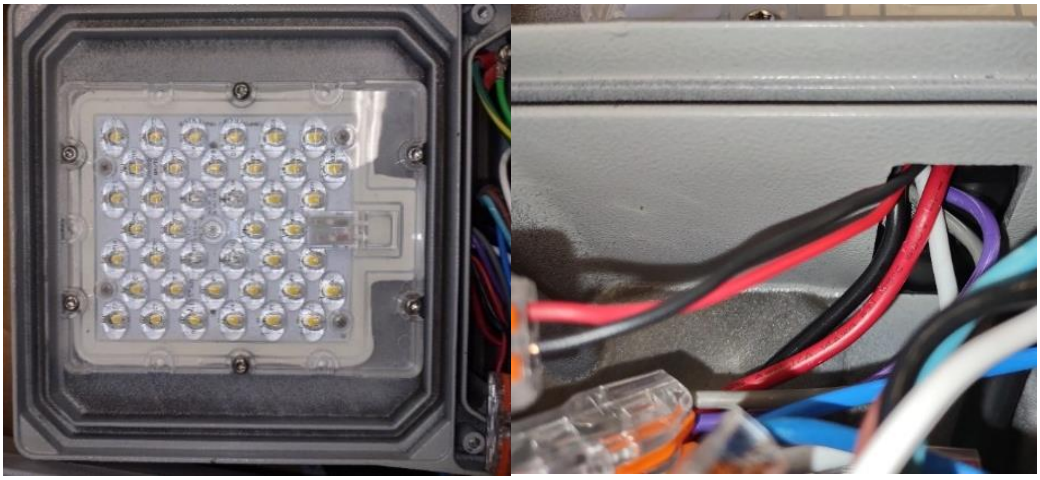


Fonte: Própria do autor, 2022.

Essa amostra apresenta carcaça em alumínio com acabamentos arredondados. A pintura é homogênea e não possui cantos vivos e/ou com rebarbas.

A Figura 16 apresenta o acabamento da amostra 1.

Figura 16: Acabamento da amostra 1

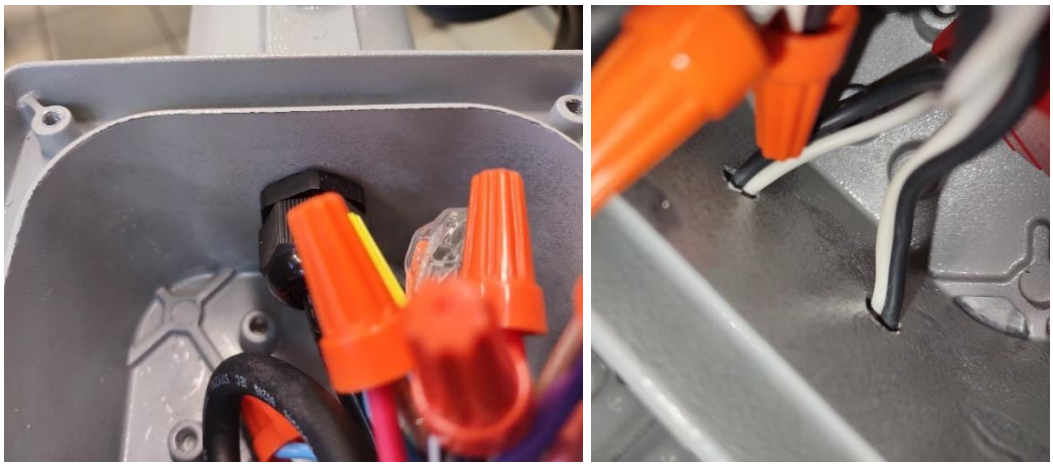


Fonte: Própria do autor, 2022.

A amostra apresenta carcaça em alumínio, com acabamentos externos arredondados, porem internamente possui cantos vivos. A pintura não é homogênea em todas as partes da carcaça.

A Figura 17 apresenta o acabamento da amostra 3.

Figura 17: Acabamento da amostra 3



Fonte: Própria do autor, 2022.

A amostra 3 possui carcaça em alumínio, com acabamento externo arredondado, com pintura homogênea. Internamente o acabamento apresenta

cantos vivos, rebarbas e foi verificada ausência de pintura em furações. Essas rebarbas podem danificar a isolação dos condutores durante a manutenção.

A Figura 18 apresenta o acabamento da amostra 4.

Figura 18: Acabamento da amostra 4

Fonte: Própria do autor, 2022.

A mostra acima, possui carcaça em alumínio, com acabamentos externos arredondados e pintura externa homogênea. Internamente foi identificada ausência de pintura, e rebarbas na furação de passagem dos cabos.

A qualidade do acabamento de uma luminária influencia na conservação e na durabilidade da luminária e dos seus componentes. Através da análise das amostras pode-se concluir que o corpo da luminária deve possuir pintura homogênea interna e externamente com a finalidade de evitar oxidação e deterioração pela ação do clima. Ainda, deve ser livre de rebarbas, arestas cortantes e/ou quinas vivas que podem danificar os condutores e componentes.

3.2 FOTOMETRIA

O DIALux é um software de simulação de iluminação em ambientes internos e externos. Este programa possibilita simular a iluminação pública em diferentes condições e gabaritos viários, fornecendo como resultado os índices de iluminância e uniformidade atingidos, conforme curvas fotométricas de cada luminária LED. Através destes índices é possível analisar o desempenho fotométrico das luminárias para condições/locais em que serão empregadas.

A potência da luminária está diretamente relacionada ao consumo de energia elétrica, portanto, quanto maior a potência da luminária maior será o custo com o

consumo de energia elétrica. Assim, a luminária LED que apresenta o melhor desempenho é aquela que apresenta os índices de iluminância e uniformidade na pista e nos passeios com a menor potência consumida.

Definido isso, como critério de avaliação referente a fotometria das luminárias, cabe apontar que as luminárias LED utilizadas nas simulações, são os modelos propostos pelas fabricantes para fins de atendimento ao edital de padronização, e modelos encontrados em sites de fabricantes, cujos forneceram e/ou disponibilizaram os arquivos ".ies", indispensáveis para simulações, por conter as características fotométricas das luminárias.

O edital prevê a padronização de seis faixas de potência para luminárias publicas LED, para compor o parque municipal de iluminação pública, conforme as necessidades de cada logradouro. O município conta com 12 perfis viários no Plano Diretor Municipal, e suas variações quanto a classe de iluminação conforme BR-5101 para cada logradouro.

Para fins de tornar o estudo prático e objetivo, são simuladas apenas as cinco faixas potencias luminosas as quais serão utilizadas em maior quantidade dentre as seis que são objeto da padronização, apenas no tipo de via em que cada faixa de potência é utilizada em maior número, representado assim, a simulação substantiva do parque de iluminação pública municipal.

O modelos simulados possuem fluxo luminoso aproximado ao valor estipulado no edital de padronização, conforme primeira coluna da Tabela 2, que contém ainda, o perfil de via e a classe de iluminação das vias simuladas.

Tabela 2: Fluxos luminosos simulados

FLUXO (LM)	PERFIL DE VIA	CLASSE DE ILUMINAÇÃO
7300	P6	V4
11300	P3	V4
14700	P3	V3
20200	P3	V2
25500	P1	V1

Antes de apresentar as simulações é importante observar que existe uma diferença entre os fluxos luminosos declarados pelas fabricantes e os medidos em laboratório. Nas simulações são considerados os fluxos luminosos medidos ou reais,

tendo em vista que os fluxos reais geralmente são inferiores aos valores que a fabricante declara, conforme demonstra a Tabela 3.

Tabela 3: Potência e eficiência declarada versus medida

FABRICANTES	DENOMINAÇÃO DAS AMOSTRAS	POTÊNCIA REAL (W)	POTÊNCIA DECLARADA (W)	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA MEDIDA (lm/W)	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DECLARADA (lm/W)	FLUXO LUMINOSO MEDIDO (lm)	FLUXO LUMINOSO DECLARADO (lm)
FABRICANTE 1	Amostra 1.1	41	41	175	178	7.175	7.300
	Amostra 1.2	60,2	61	187	185	11.257	11.300
	Amostra 1.3	83,2	83	176	177	14.643	14.700
	Amostra 1.4	115	113	178	179	20.470	20.200
	Amostra 1.5	151,6	150	170	170	25.772	25.500
FABRICANTE 2	Amostra 2.1	52,8	50	142	145	7.498	7.250
	Amostra 2.2	65,1	65	162	155	10.546	10.075
	Amostra 2.3	87,2	85	161	170	14.039	14.450
	Amostra 2.4	122,3	120	145	170	17.734	20.400
	Amostra 2.5	149,5	145	157	160	23.472	23.200
FABRICANTE 3	Amostra 3.1	41,2	40	171	180	7.045	7.200
	Amostra 3.2	70	70	165	170	11.550	11.900
	Amostra 3.3*	NF	80	NF	180	NF	14.400
	Amostra 3.4*	NF	120	NF	175	NF	21.000
	Amostra 3.5*	NF	150	NF	165	NF	24.750
FABRICANTE 4	NF	NF	NF	NF	NF	NF	NF
FABRICANTE 5	Amostra 5.1	NF	NF	NF	NF	NF	NF
	Amostra 5.2	NF	NF	NF	NF	NF	NF
	Amostra 5.3	88,9	84	NF	176	NF	14.784
	Amostra 5.4	126,4	121	NF	175	NF	21.175
	Amostra 5.5	157,8	153	NF	168	NF	25.704
NF - Amostras e/ou informações não fornecidas				* Luminária LED não homologada			

Fonte: Própria do autor, 2022.

As amostras 5.1 e 5.2 não serão simuladas porque não foram fornecidos os relatórios de ensaios e os arquivos “.ies” dessas amostras para os fluxos luminosos de 7300 lm e 11300 lm. Segundo a fabricante, estes modelos ainda não foram ensaiados em laboratório e ainda não estão certificados junto ao INMETRO.

Do mesmo modo, a fabricante das amostras 3.3, 3.4 e 3.5 não forneceu os relatórios de ensaios e não possui certificação das luminárias com fluxo luminoso aproximado de 14700 lm, 20200 lm e 25500 lm. Apesar disso, forneceram os arquivos “. ies” e, por isso, foram simuladas com os dados declarados pelo fabricante, embora não haja confiabilidade nesses dados.

A avaliação desses parâmetros, além de visar o cumprimento das exigências normativas, nesse caso a NBR 5101, busca garantir a definição de uma luminária eficiente, proporcionando por sua vez, menor consumo de energia elétrica, menor impacto ambiental através da baixa demanda energética, além da elevada qualidade na iluminação da via.

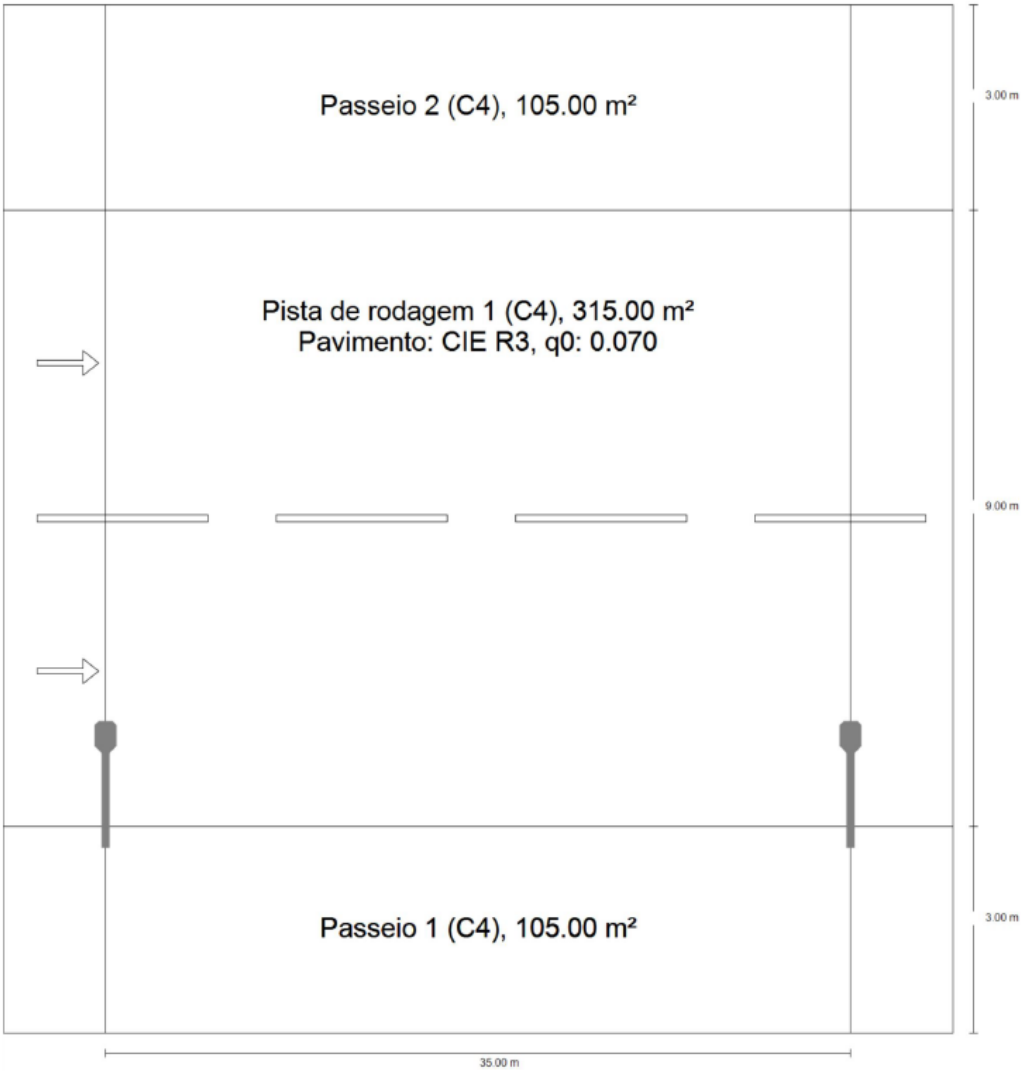
A Figura 19 ilustra o primeiro gabarito de via apresentado na Tabela 3, onde foi simulado as amostras com fluxo luminoso de aproximadamente 7300 lm, necessário para atender a classe de iluminação V4 dessa via.

3.2.1 Avaliação das amostras com fluxo aproximado de 7300lm

O perfil de via P6, apresentados na Figura 19, foi definido conforme a NBR 5101, com uma classe de iluminação V4 e deve possuir um índice de iluminância ≥ 3 lx nos passeios e ≥ 10 lx na pista de rodagem. Já o índice de uniformidade deve ser ≥ 0.20 para os dois casos. Esses parâmetros permitem avaliar o desempenho da curva de distribuição fotométrica das luminárias para o perfil de via empregado.

Aliado a isso, pode-se mencionar a potência das luminárias como um terceiro parâmetro a ser avaliado. Assim, pode-se concluir que a amostra que atinge aos índices normatizados com a menor potência consumida possui a maior eficiência.

Figura 19: Gabarito de via P6

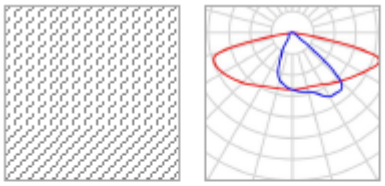


Fonte: Própria do autor, 2022.

Nesse gabarito viário serão simuladas as amostras 1.1, 2.1 e 3.1, conforme a Tabela 4. As Figura 20, 21 e 22, apresentam essas luminárias com suas características técnicas, características de instalação e o resultado final dos índices de iluminância e de uniformidade gerado pelo DIALux. As características de instalação da luminária são as mesmas para todas as simulações nessa via.

3.2.1.1 Simulação via P6 - V4, amostra 1.1

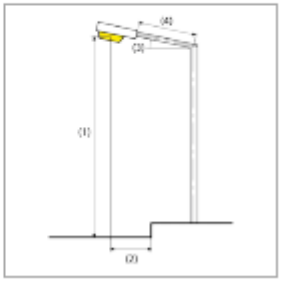
Figura 20: Amostra 1.1



Fabricante	SIGNIFY - BRP481 LED73 NW 41W DML P7 0-10	P	41.0 W
		$\Phi_{Lâmpada}$	7176 lm
Equipagem	1x	$\Phi_{Luminária}$	7177 lm
		η	100.02 %

BRP481 LED73 NW 41W DML_57531-1_Medições Fotométricas_05-02_2021_IESNA2002.IES (unilateral em baixo)

Distância entre postes	35.000 m
(1) Altura de ponto de luz	6.800 m
(2) Saliência de ponto de luz	1.280 m
(3) Inclinação de braço extensor	5.0°
(4) Comprimento braço extensor	1.575 m
Horas de funcionamento anual	4000 h: 100.0 %, 41.0 W

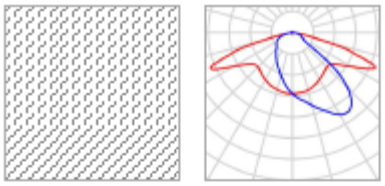


	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
Passeio 2 (P4)	E_m[2]	4.42 lx	≥ 3.00 lx	✓
	U_o[2]	0.34	≥ 0.20	✓
Pista de rodagem 1 (V4)	E_m	10.97 lx	≥ 10.00 lx	✓
	U_o[2]	0.36	≥ 0.20	✓
Passeio 1 (P4)	E_m[2]	5.97 lx	≥ 3.00 lx	✓
	U_o[2]	0.38	≥ 0.20	✓

Fonte: Própria do autor, 2022.

3.2.1.2 Simulação via P6 - V4, amostra 2.1

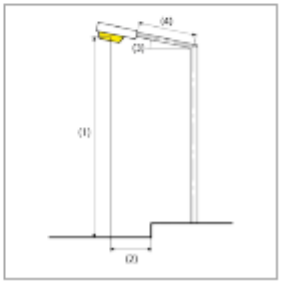
Figura 21: Amostra 2.1



Fabricante	UNICOBA ENERGIA 49 - LEDSTAR	P	50.5 W
Nome do artigo	STREET-LIGHT VITTA V9.3 50W 4K0	$\Phi_{Lâmpada}$	7204 lm
		$\Phi_{Luminária}$	7205 lm
Equipagem	1x	η	100.01 %

STREET-LIGHT VITTA V9.3 50W 4K0 (unilateral em baixo)

Distância entre postes	35.000 m
(1) Altura de ponto de luz	6.800 m
(2) Saliência de ponto de luz	1.280 m
(3) Inclinação de braço extensor	5.0°
(4) Comprimento braço extensor	1.580 m
Horas de funcionamento anual	4000 h: 100.0 %, 50.5 W

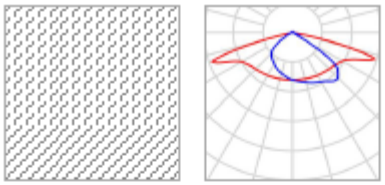


	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
Passeio 2 (P4)	E_m[2]	3.68 lx	≥ 3.00 lx	✓
	U_o[2]	0.32	≥ 0.20	✓
Pista de rodagem 1 (V4)	E_m	10.87 lx	≥ 10.00 lx	✓
	U_o[2]	0.28	≥ 0.20	✓
Passeio 1 (P4)	E_m[2]	4.63 lx	≥ 3.00 lx	✓
	U_o[2]	0.15	≥ 0.20	✗

Fonte: Própria do autor, 2022.

3.2.1.3 Simulação via P6 - V4, amostra 3.1

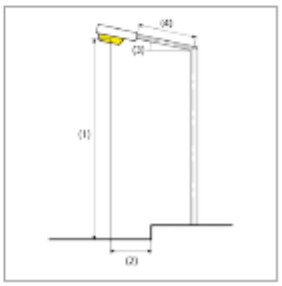
Figura 22: Amostra 3.1



Fabricante	SONERES	P	41.1 W
Nº do artigo	LUMINÁRIA LED	$\Phi_{Lâmpada}$	7018 lm
Nome do artigo	ZELA I PF 40W 4000K	$\Phi_{Luminária}$	7018 lm
Equipagem	1x	η	100.00 %

ZELA I PF 40W 4000K (unilateral em baixo)

Distância entre postes	35.000 m
(1) Altura de ponto de luz	6.800 m
(2) Saliência de ponto de luz	1.280 m
(3) Inclinação de braço extensor	5.0°
(4) Comprimento braço extensor	1.581 m
Horas de funcionamento anual	4000 h: 100.0 %, 41.1 W



	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
Passeio 2 (P4)	E_m (2)	3.98 lx	≥ 3.00 lx	✓
	U_o (2)	0.38	≥ 0.20	✓
Pista de rodagem 1 (V4)	E_m	9.15 lx	≥ 10.00 lx	✗
	U_o (2)	0.36	≥ 0.20	✓
Passeio 1 (P4)	E_m (2)	7.24 lx	≥ 3.00 lx	✓
	U_o (2)	0.33	≥ 0.20	✓

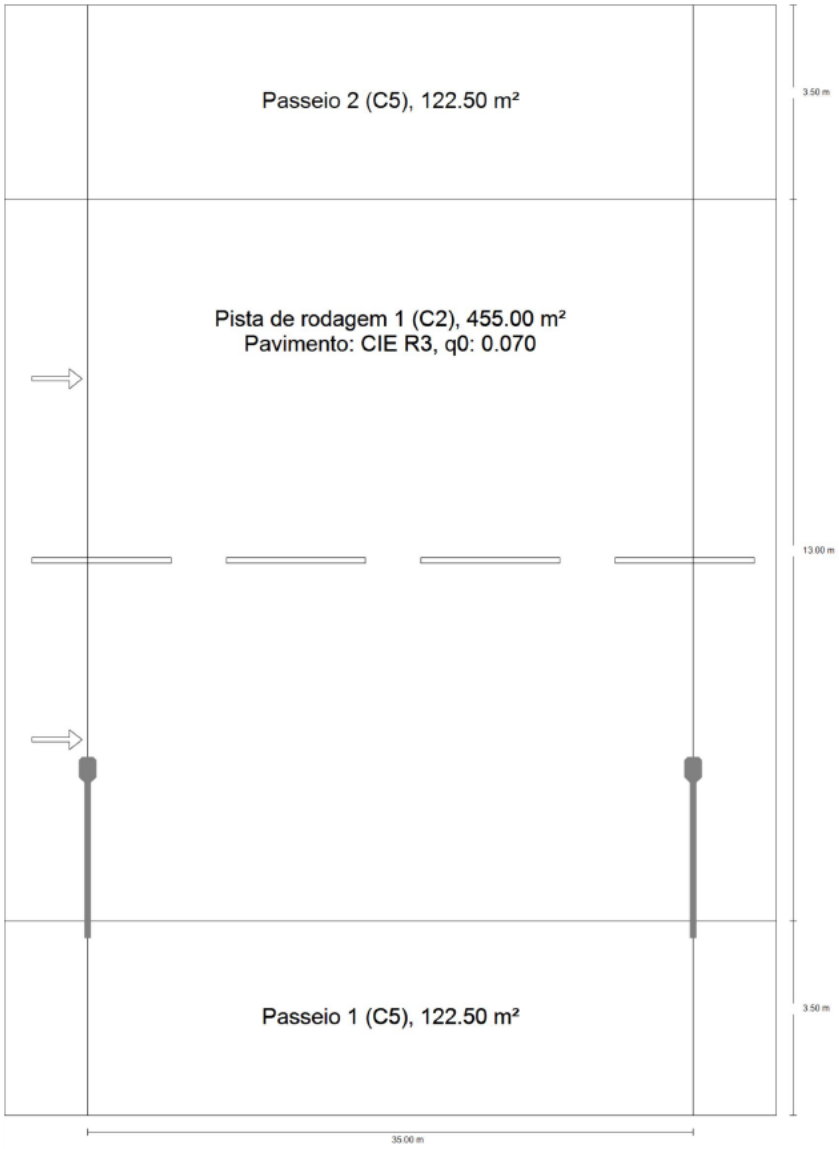
Fonte: Própria do autor, 2022.

Analisando o resultado da simulação, é possível identificar que melhor desempenho fotométrico é aferido pela amostra 1.1, pois apresenta melhores índices de iluminância e uniformidade quando comparados aos resultados das simulações das demais amostras, além de representar a alternativa com menor consumo de energia elétrica, sendo assim, mais eficiente em relação as demais amostras.

3.2.2 Avaliação das amostras com fluxo aproximado de 11300lm

Os parâmetros que devem ser atendidos pelo perfil de via P3, apresentado na Figura 23, que possui classe de iluminação V4, conforme NBR 5101, são os mesmos parâmetros do perfil P6, com classe de iluminação V4, vistos no tópico anterior. Contudo, como o perfil P3 é mais largo que o anterior, é necessário aumentar o fluxo luminoso das luminárias para atingir os índices necessários na via.

Figura 23: Gabarito de via P3

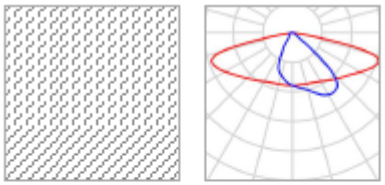


Fonte: Própria do autor, 2022.

A Figura 23 apresenta o gabarito viário P3, onde serão realizadas as próximas onze simulações. As primeiras três, visam atender a classe de iluminação V4 e são utilizadas as amostras 1.2, 2.2 e 3.2 com fluxo luminoso aproximado de 11300 lm. Os quatro simulados seguintes, visam atender à classe de iluminação V3 e são utilizadas as amostras 1.3, 2.3, 3.3 e 5.3, que possuem fluxo luminoso aproximado a 14700 lm. As últimas quatro simulações, são utilizadas as amostras 1.4, 2.4, 3,4 e 5,4, que possuem fluxo aproximado de 20200 lm e visam atender à classe de iluminação V2.

3.2.2.1 Simulação via P3 - V4, amostra 1.2

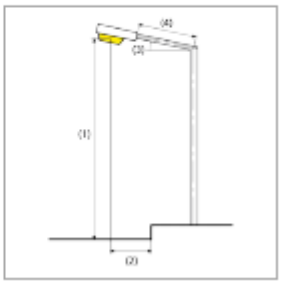
Figura 24: Amostra 1.2



Fabricante	SIGNIFY - BRP482 LED113 NW 61W DML P7 0-10	P	59.9 W
		$\Phi_{Lâmpada}$	11209 lm
Equipagem	1x	$\Phi_{Luminária}$	11212 lm
		η	100.02 %

BRP482 LED113 NW 61W DML_57537-1_Medições Fotométricas_20-01_2021_IESNA2002.IES (unilateral em baixo)

Distância entre postes	35.000 m
(1) Altura de ponto de luz	8.000 m
(2) Saliência de ponto de luz	2.700 m
(3) Inclinação de braço extensor	5.0°
(4) Comprimento braço extensor	3.000 m
Horas de funcionamento anual	4000 h: 100.0 %, 59.9 W

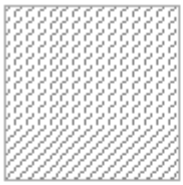


	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
Passeio 2 (P4)	E_m[2]	3.36 lx	≥ 3.00 lx	✓
	U_o[2]	0.40	≥ 0.20	✓
Pista de rodagem 1 (V4)	E_m	14.00 lx	≥ 10.00 lx	✓
	U_o[2]	0.45	≥ 0.20	✓
Passeio 1 (P4)	E_m[2]	5.00 lx	≥ 3.00 lx	✓
	U_o[2]	0.30	≥ 0.20	✓

Fonte: Própria do autor, 2022.

3.2.2.2 Simulação via P3 - V4, amostra 2.2

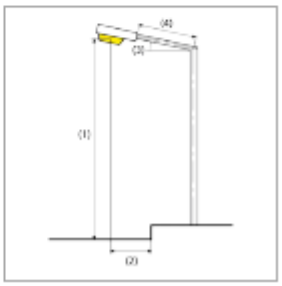
Figura 25: Amostra 2.2



Fabricante	UNICOBA ENERGIA 49 - LEDSTAR	P	65.4 W
Nome do artigo	STREET-LIGHT VITTA V9.1 65W 4K0	$\Phi_{Lâmpada}$	10598 lm
		$\Phi_{Luminária}$	10597 lm
Equipagem	1x	η	99.99 %

STREET-LIGHT VITTA V9.1 65W 4K0 (unilateral em baixo)

Distância entre postes	35.000 m
(1) Altura de ponto de luz	8.000 m
(2) Saliência de ponto de luz	2.700 m
(3) Inclinação de braço extensor	5.0°
(4) Comprimento braço extensor	3.000 m
Horas de funcionamento anual	4000 h: 100.0 %, 65.4 W

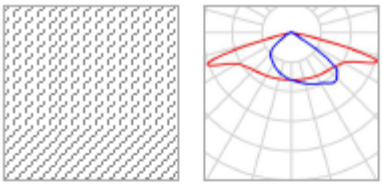


	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
Passeio 2 (P4)	E_m (2)	4.13 lx	≥ 3.00 lx	✓
	U_o (2)	0.42	≥ 0.20	✓
Pista de rodagem 1 (V4)	E_m	11.37 lx	≥ 10.00 lx	✓
	U_o (2)	0.33	≥ 0.20	✓
Passeio 1 (P4)	E_m (2)	6.83 lx	≥ 3.00 lx	✓
	U_o (2)	0.48	≥ 0.20	✓

Fonte: Própria do autor, 2022.

3.2.2.3 Simulação via P3 - V4, amostra 3.2

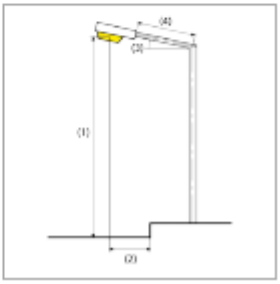
Figura 26: Amostra 3.2



Fabricante	SONERES	P	69.8 W
Nº do artigo	LUMINÁRIA LED	$\Phi_{Lâmpada}$	11537 lm
Nome do artigo	ZEKA I PF 70W 4000K	$\Phi_{Luminária}$	11537 lm
Equipagem	1x	η	100.00 %

ZEKA I PF 70W 4000K (unilateral em baixo)

Distância entre postes	35.000 m
(1) Altura de ponto de luz	8.000 m
(2) Saliência de ponto de luz	2.700 m
(3) Inclinação de braço extensor	5.0°
(4) Comprimento braço extensor	3.006 m
Horas de funcionamento anual	4000 h: 100.0 %, 69.8 W



	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
Passeio 2 (P4)	E_m [2]	3.88 lx	≥ 3.00 lx	✓
	U_o [2]	0.37	≥ 0.20	✓
Pista de rodagem 1 (V4)	E_m	12.39 lx	≥ 10.00 lx	✓
	U_o [2]	0.36	≥ 0.20	✓
Passeio 1 (P4)	E_m [2]	8.21 lx	≥ 3.00 lx	✓
	U_o [2]	0.44	≥ 0.20	✓

Fonte: Própria do autor, 2022.

É possível verificar com base nos resultados das simulações, que todas as amostras atendem aos parâmetros de iluminância e uniformidade mínimos, com diferenças nos resultados relativos a iluminância dos passeios e pista de rolamento.

A amostra 1.2 apresenta maior iluminância na pista de rolamento e menor iluminância dos passeios, porem proporcional. As amostras 2.2 e 3.2, apresentam menor iluminância da pista de rolamento e maior iluminância dos passeios, porém de forma desproporcional, ou seja, um dos passeios tem iluminância consideravelmente maior que o outro.

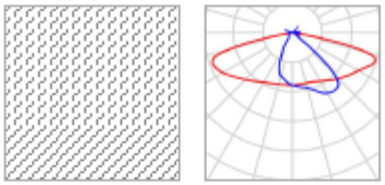
Em percentuais, o consumo energético da amostra 1.2 é 6,5% menor que a amostra 2.2 e 14,7% menor que a amostra 3.3, portanto, apresenta maior eficiência dentre as amostras simuladas.

3.2.3 Avaliação das amostras com fluxo aproximado de 14700 lm

As próximas simulações, apresentadas nas Figuras 27, 28, 29 e 30, são realizadas no mesmo perfil de via visto acima, contudo, possui classe de iluminação V3, devido ao maior fluxo de veículos e pedestres na via. Isso faz com que seja necessário aumentar os índices de iluminância nos passeios para ≥ 5 lx e na pista de rodagem para ≥ 15 lx. Já o índice de uniformidade permanece ≥ 0.20 para ambos os casos.

3.2.3.1 Simulação via P3 – V3, amostra 1.3

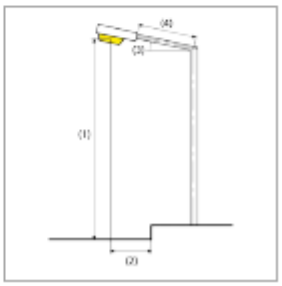
Figura 27: Amostra 1.3



Equipagem	1x	P	83.8 W
		$\Phi_{Lâmpada}$	14736 lm
		$\Phi_{Luminária}$	14742 lm
		η	100.04 %

57540-3_Medições Fotométricas_10-02_2021_IESNA2002.IES (unilateral em baixo)

Distância entre postes	35.000 m
(1) Altura de ponto de luz	8.000 m
(2) Saliência de ponto de luz	2.700 m
(3) Inclinação de braço extensor	5.0°
(4) Comprimento braço extensor	3.000 m
Horas de funcionamento anual	4000 h: 100.0 %, 83.8 W

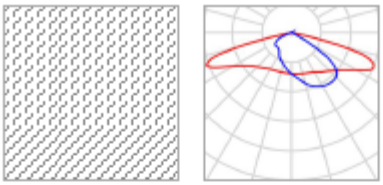


	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
Passeio 2 (P3)	E_m[2]	4.87 lx	≥ 5.00 lx	✗
	U_o[2]	0.37	≥ 0.20	✓
Pista de rodagem 1 (V3)	E_m	18.34 lx	≥ 15.00 lx	✓
	U_o[2]	0.45	≥ 0.20	✓
Passeio 1 (P3)	E_m[2]	6.03 lx	≥ 5.00 lx	✓
	U_o[2]	0.32	≥ 0.20	✓

Fonte: Própria do autor, 2022.

3.2.3.2 Simulação via P3 – V3, amostra 2.3

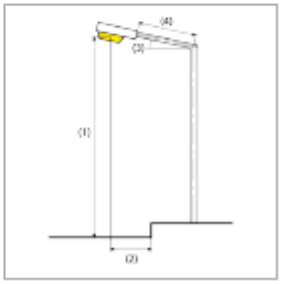
Figura 28: Amostra 2.3



Fabricante	UNICOBA ENERGIA 49 - LEDSTAR	P	87.5 W
		$\Phi_{Lâmpada}$	14019 lm
Nome do artigo	STREET-LIGHT VITTA V9.1 85W 4K0	$\Phi_{Luminária}$	14024 lm
Equipagem	1x	η	100.04 %

STREET-LIGHT VITTA V9.1 85W 4K0 (unilateral em baixo)

Distância entre postes	35.000 m
(1) Altura de ponto de luz	8.000 m
(2) Saliência de ponto de luz	2.700 m
(3) Inclinação de braço extensor	5.0°
(4) Comprimento braço extensor	3.000 m
Horas de funcionamento anual	4000 h: 100.0 %, 87.5 W

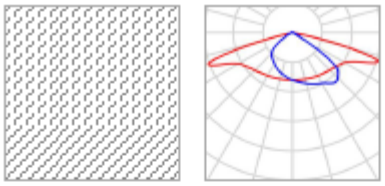


	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
Passeio 2 (P3)	E_m [2]	5.28 lx	≥ 5.00 lx	✓
	U_o [2]	0.40	≥ 0.20	✓
Pista de rodagem 1 (V3)	E_m	15.28 lx	≥ 15.00 lx	✓
	U_o [2]	0.32	≥ 0.20	✓
Passeio 1 (P3)	E_m [2]	8.97 lx	≥ 5.00 lx	✓
	U_o [2]	0.49	≥ 0.20	✓

Fonte: Própria do autor, 2022.

3.2.3.4 Simulação via P3 – V3, amostra 3.3

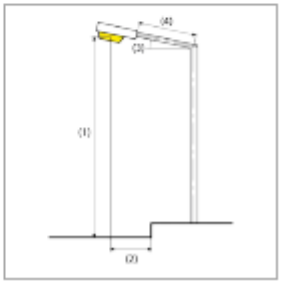
Figura 29: Amostra 3.3



Fabricante	SONERES	P	80.0 W
Nº do artigo	LUMIN?RIA LED	$\Phi_{Lâmpada}$	14400 lm
Nome do artigo	ZEKA II PF 80W	$\Phi_{Luminária}$	14400 lm
Equipagem	1x UNSPECIFIED LAMP	η	100.00 %

ZEKA II PF 80W (unilateral em baixo)

Distância entre postes	35.000 m
(1) Altura de ponto de luz	8.000 m
(2) Saliência de ponto de luz	2.700 m
(3) Inclinação de braço extensor	5.0°
(4) Comprimento braço extensor	3.006 m
Horas de funcionamento anual	4000 h: 100.0 %, 80.0 W

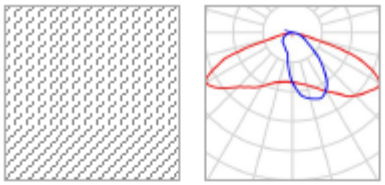


	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
Passeio 2 (P3)	E_m [2]	4.84 lx	≥ 5.00 lx	✗
	U_o [2]	0.37	≥ 0.20	✓
Pista de rodagem 1 (V3)	E_m	15.46 lx	≥ 15.00 lx	✓
	U_o [2]	0.36	≥ 0.20	✓
Passeio 1 (P3)	E_m [2]	10.24 lx	≥ 5.00 lx	✓
	U_o [2]	0.44	≥ 0.20	✓

Fonte: Própria do autor, 2022.

3.2.3.5 Simulação via P3 – V3, amostra 5.3

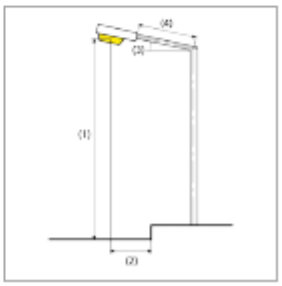
Figura 30: Amostra 5.3



Equipagem	1x	P	88.9 W
		$\Phi_{Lâmpada}$	14859 lm
		$\Phi_{Luminária}$	14868 lm
		η	100.06 %

IES - TAU M SV 84W 4000K.IES (unilateral em baixo)

Distância entre postes	35.000 m
(1) Altura de ponto de luz	8.000 m
(2) Saliência de ponto de luz	2.700 m
(3) Inclinação de braço extensor	5.0°
(4) Comprimento braço extensor	3.002 m
Horas de funcionamento anual	4000 h: 100.0 %, 88.9 W



	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
Passeio 2 (P3)	E_m [2]	3.10 lx	≥ 5.00 lx	✗
	U_o [2]	0.51	≥ 0.20	✓
Pista de rodagem 1 (V3)	E_m	18.46 lx	≥ 15.00 lx	✓
	U_o [2]	0.33	≥ 0.20	✓
Passeio 1 (P3)	E_m [2]	5.45 lx	≥ 5.00 lx	✓
	U_o [2]	0.33	≥ 0.20	✓

Fonte: Própria do autor, 2022.

Como base no resultado das simulações, as amostras 1.3, 2.3, e 3.3 apresentam desempenhos fotométricos similares, com diferenças relativas a iluminância dos passeios e pista de rolamento. A amostra 1.3 apresenta maior iluminância na pista de rolamento e menor iluminância dos passeios, porem proporcional. As amostras 2.3 e 3.3, apresentam menor iluminância da pista de rolamento e maior iluminância dos passeios, porem de forma desproporcional, ou seja, um dos passeios tem iluminância consideravelmente maior em relação ao outro.

A amostra 5.3, atinge apenas 60% da iluminância necessária em um dos passeios, desta forma não pode ser utilizada neste tipo de via.

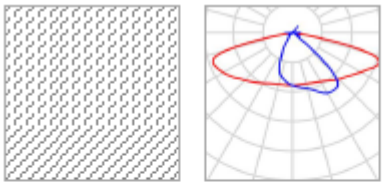
Dentre as amostras que podem ser utilizadas na via, a amostra 1.3 possui menor consumo de energia elétrica 4,8% menor quando comparado a amostra 2.3, o que representa maior eficiência. A amostra 3.3 não pode ser avaliada quanto ao consumo de energia elétrica, visto que não foram fornecidos os relatórios de ensaios pelo fabricante.

3.2.4 Avaliação das amostras com fluxo aproximado de 20200 lm

As últimas quatro simulações para o perfil de via P3, apresentadas nas Figuras 31, 32, 33 e 34, demandam índices de iluminância ≥ 5 lx nos passeios e ≥ 20 lx na pista de rodagem, devido a classe de iluminação V2. Já o índice de uniformidade nos passeios deve ser ≥ 0.20 e na pista de rodagem ≥ 0.30.

3.2.4.1 Simulação via P3 – V2, amostra 1.4

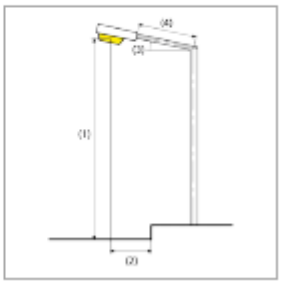
Figura 31: Amostra 1.4



Fabricante	SIGNIFY - BRP483 LED202 NW 113W DML P7 0-10	P	114.3 W
		$\Phi_{Lâmpada}$	20491 lm
Equipagem	1x	$\Phi_{Luminária}$	20490 lm
		η	100.00 %

BRP483 LED202 NW 113W DML_57546-1_Medições Fotométricas_17-02_2021_IESNA2002.IES (unilateral em baixo)

Distância entre postes	35.000 m
(1) Altura de ponto de luz	8.000 m
(2) Saliência de ponto de luz	2.700 m
(3) Inclinação de braço extensor	5.0°
(4) Comprimento braço extensor	3.000 m
Horas de funcionamento anual	4000 h: 100.0 %, 114.3 W

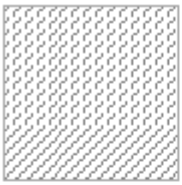


	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
Passeio 2 (P3)	E_m (2)	6.59 lx	≥ 5.00 lx	✓
	U_o (2)	0.37	≥ 0.20	✓
Pista de rodagem 1 (V2)	E_m	25.57 lx	≥ 20.00 lx	✓
	U_o (2)	0.45	≥ 0.30	✓
Passeio 1 (P3)	E_m (2)	8.46 lx	≥ 5.00 lx	✓
	U_o (2)	0.32	≥ 0.20	✓

Fonte: Própria do autor, 2022.

3.2.4.2 Simulação via P3 – V2, amostra 2.4

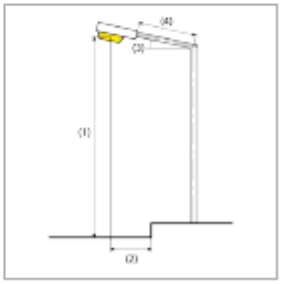
Figura 32: Amostra 2.4



Fabricante	UNICOBA ENERGIA 49 - LEDSTAR	P	123.4 W
Nome do artigo	STREET-LIGHT VITTA V9.1 120W 4K0	$\Phi_{Lâmpada}$	18056 lm
		$\Phi_{Luminária}$	18060 lm
Equipagem	1x	η	100.02 %

STREET-LIGHT VITTA V9.1 120W 4K0 (unilateral em baixo)

Distância entre postes	35.000 m
(1) Altura de ponto de luz	8.000 m
(2) Saliência de ponto de luz	2.700 m
(3) Inclinação de braço extensor	5.0°
(4) Comprimento braço extensor	3.000 m
Horas de funcionamento anual	4000 h: 100.0 %, 123.4 W

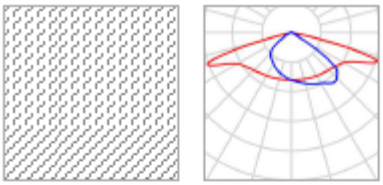


	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
Passeio 2 (P3)	E_m (2)	6.11 lx	≥ 5.00 lx	✓
	U_o (2)	0.52	≥ 0.20	✓
Pista de rodagem 1 (V2)	E_m	20.76 lx	≥ 20.00 lx	✓
	U_o (2)	0.41	≥ 0.30	✓
Passeio 1 (P3)	E_m (2)	11.56 lx	≥ 5.00 lx	✓
	U_o (2)	0.22	≥ 0.20	✓

Fonte: Própria do autor, 2022.

3.2.4.3 Simulação via P3 – V2, amostra3.4

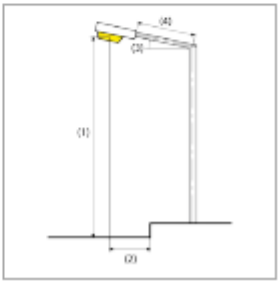
Figura 33: Amostra 3.4



Fabricante	SONERES	P	120.0 W
Nº do artigo	LUMIN?RIA LED	$\Phi_{Lâmpada}$	21000 lm
Nome do artigo	ZEKA II PF 120W	$\Phi_{Luminária}$	21000 lm
Equipagem	1x UNSPECIFIED LAMP	η	100.00 %

ZEKA II PF 120W (unilateral em baixo)

Distância entre postes	35.000 m
(1) Altura de ponto de luz	8.000 m
(2) Saliência de ponto de luz	2.700 m
(3) Inclinação de braço extensor	5.0°
(4) Comprimento braço extensor	3.006 m
Horas de funcionamento anual	4000 h: 100.0 %, 120.0 W

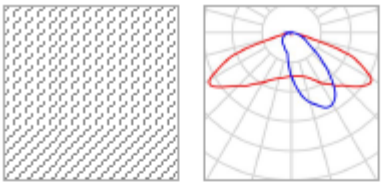


	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
Passeio 2 (P3)	E_m [2]	7.06 lx	≥ 5.00 lx	✓
	U_o [2]	0.37	≥ 0.20	✓
Pista de rodagem 1 (V2)	E_m	22.55 lx	≥ 20.00 lx	✓
	U_o [2]	0.36	≥ 0.30	✓
Passeio 1 (P3)	E_m [2]	14.94 lx	≥ 5.00 lx	✓
	U_o [2]	0.44	≥ 0.20	✓

Fonte: Própria do autor, 2022.

3.2.4.4 Simulação via P3 – V2, amostra 5.4

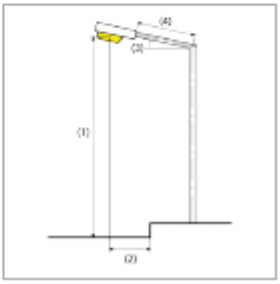
Figura 34: Amostra 5.4



Equipagem	1x	P	126.4 W
		$\Phi_{Lâmpada}$	21251 lm
		$\Phi_{Luminária}$	21270 lm
		η	100.09 %

IES - TAU M SV 121W 4000K.IES (unilateral em baixo)

Distância entre postes	35.000 m
(1) Altura de ponto de luz	8.000 m
(2) Saliência de ponto de luz	2.700 m
(3) Inclinação de braço extensor	5.0°
(4) Comprimento braço extensor	3.002 m
Horas de funcionamento anual	4000 h: 100.0 %, 126.4 W



	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
Passeio 2 (P3)	E_m (2)	6.10 lx	≥ 5.00 lx	✓
	U_o (2)	0.56	≥ 0.20	✓
Pista de rodagem 1 (V2)	E_m	26.36 lx	≥ 20.00 lx	✓
	U_o (2)	0.29	≥ 0.30	✗
Passeio 1 (P3)	E_m (2)	6.18 lx	≥ 5.00 lx	✓
	U_o (2)	0.26	≥ 0.20	✓

Fonte: Própria do autor, 2022.

Com base nos valores obtidos, pode-se considerar que todas as amostras atendem aos requisitos mínimos de iluminância e uniformidade, porém, é possível identificar diferenciais na fotometria dentre as amostras simuladas. como maior iluminância da pista de rolamento e maior proporcionalidade na iluminância dos passeios, os quais são aferidos pelas amostras 1.4 e 5.4.

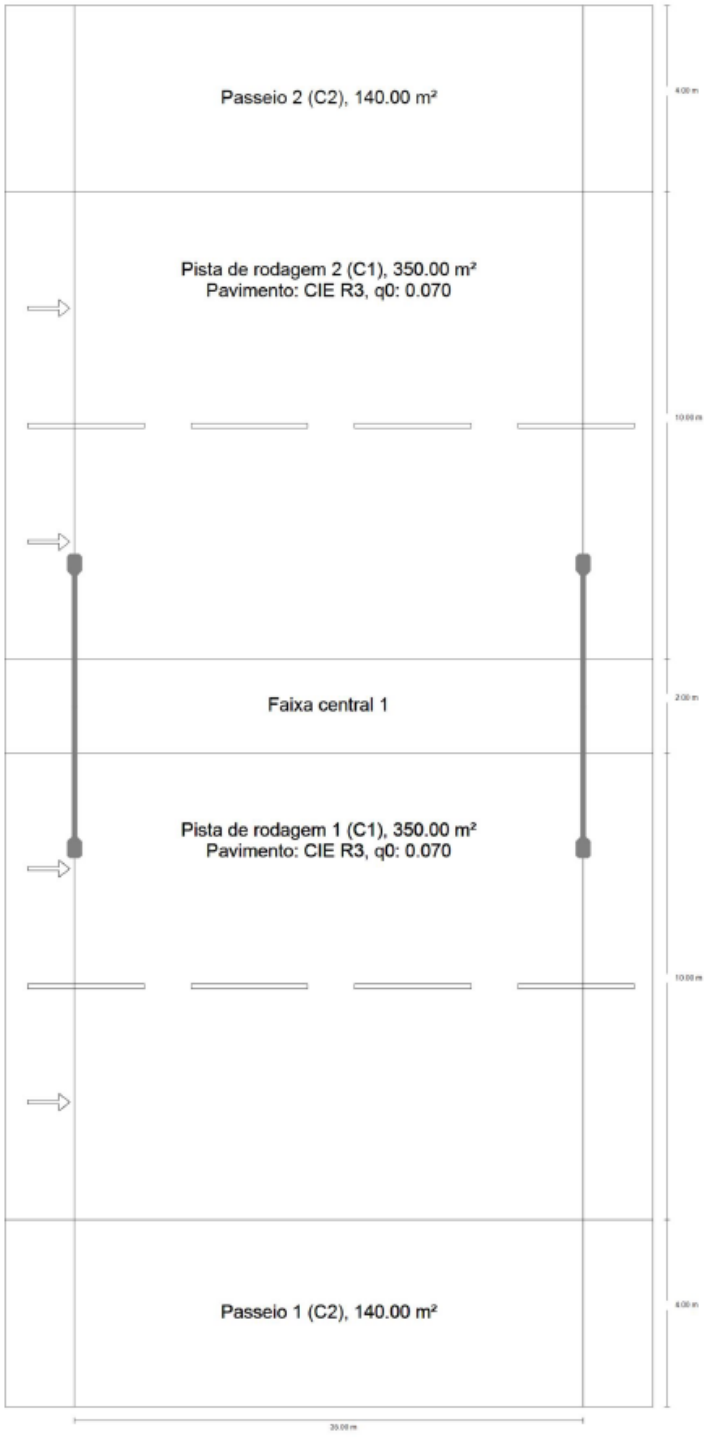
As amostras 1.4 e 5.4 apresentam maior iluminância na pista de rolamento e menor iluminância dos passeios, porém proporcional. As amostras 2.4 e 3.4, apresentam menor iluminância da pista de rolamento e maior iluminância dos passeios, porém de forma desproporcional, ou seja, um dos passeios tem iluminância consideravelmente maior em relação ao outro.

Em relação ao consumo de energia elétrica, amostra 1.4 possui consumo de energia elétrica 6,1% menor em relação a amostra 2.4, e 9,1% menor em relação a amostra 5.4, portanto, mais eficiente dentre as amostras. A amostra 3.4 não foi comparada as demais em relação ao consumo de energia elétrica, em vista de que os relatórios de ensaios não foram fornecidos pelo fabricante.

3.2.5 Avaliação das amostras com fluxo aproximado de 25500lm

O perfil de via P1, apresentado na Figura 35, com classe de iluminação V1, conforme NBR 5101, deve possuir um índice de iluminância ≥ 20 lx nos passeios e ≥ 30 lx na pista de rolamento. Já o índice de uniformidade deve ser ≥ 0.30 nos passeios e ≥ 0.40 na pista de rolamento.

Figura 35: Gabarito da via P1

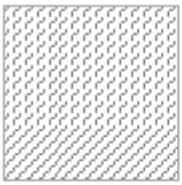


Fonte: Própria do autor, 2022.

Nesse gabarito viário foram simuladas as amostras 1.5, 2.5, 3.5 e 5.5, que possuem um fluxo luminoso de aproximadamente 25500lm.

3.2.5.1 Simulação via P1 – V1, amostra 1.5

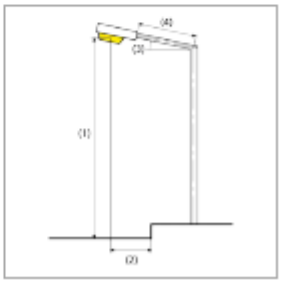
Figura 36: Amostra 1.5



Fabricante	SIGNIFY - BRP483 LED255 NW 150W DML P7 0-10	P	150.4 W
		$\Phi_{Lâmpada}$	25607 lm
Equipagem	1x	$\Phi_{Luminária}$	25610 lm
		η	100.01 %

BRP483 LED255 NW 150W DML_57549-1_Medições Fotométricas_22-02_2021_IESNA2002.IES (Faixa central, 2 por poste)

Distância entre postes	35.000 m
(1) Altura de ponto de luz	8.000 m
(2) Saliência de ponto de luz	2.000 m
(3) Inclinação de braço extensor	15.0°
(4) Comprimento braço extensor	3.072 m
Horas de funcionamento anual	4000 h: 100.0 %, 300.8 W

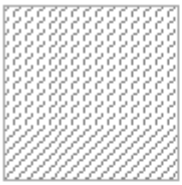


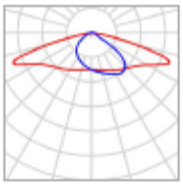
	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
Passeio 2 (P1)	E_m	20.13 lx	≥ 20.00 lx	✓
	U_o (2)	0.62	≥ 0.30	✓
Pista de rodagem 2 (V1)	E_m	32.38 lx	≥ 30.00 lx	✓
	U_o	0.52	≥ 0.40	✓
Pista de rodagem 1 (V1)	E_m	32.38 lx	≥ 30.00 lx	✓
	U_o	0.52	≥ 0.40	✓
Passeio 1 (P1)	E_m	20.13 lx	≥ 20.00 lx	✓
	U_o (2)	0.62	≥ 0.30	✓

Fonte: Própria do autor, 2022.

3.2.5.2 Simulação via P1 – V1, amostra 2.5

Figura 37: Amostra 2.5

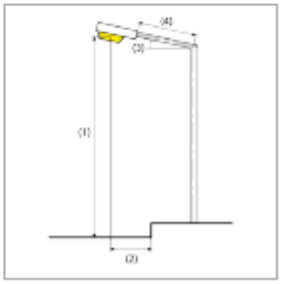




Fabricante	UNICOBA ENERGIA 49 - LEDSTAR	P	149.3 W
Nome do artigo	STREET-LIGHT VITTA V9.3 145W 4K0	$\Phi_{Lâmpada}$	23505 lm
		$\Phi_{Luminária}$	23507 lm
Equipagem	1x	η	100.01 %

STREET-LIGHT VITTA V9.3 145W 4K0 (Faixa central, 2 por poste)

Distância entre postes	35.000 m
(1) Altura de ponto de luz	8.000 m
(2) Saliência de ponto de luz	2.000 m
(3) Inclinação de braço extensor	15.0°
(4) Comprimento braço extensor	3.070 m
Horas de funcionamento anual	4000 h: 100.0 %, 298.6 W

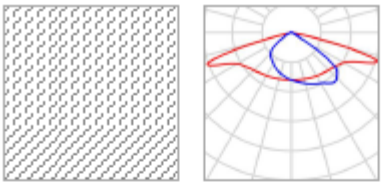


	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
Passeio 2 (P1)	E_m	16.18 lx	≥ 20.00 lx	✗
	U_o (2)	0.61	≥ 0.30	✓
Pista de rodagem 2 (V1)	E_m	29.66 lx	≥ 30.00 lx	✗
	U_o	0.48	≥ 0.40	✓
Pista de rodagem 1 (V1)	E_m	29.66 lx	≥ 30.00 lx	✗
	U_o	0.48	≥ 0.40	✓
Passeio 1 (P1)	E_m	16.18 lx	≥ 20.00 lx	✗
	U_o (2)	0.61	≥ 0.30	✓

Fonte: Própria do autor, 2022.

3.2.5.3 Simulação via P1 – V1, amostra 3.5

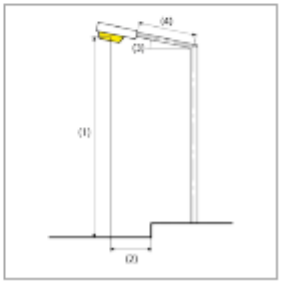
Figura 38: Amostra 3.5



Fabricante	SONERES	P	150.0 W
Nº do artigo	LUMIN?RIA LED	$\Phi_{Lâmpada}$	24750 lm
Nome do artigo	ZEKA II PF 150W	$\Phi_{Luminária}$	24750 lm
Equipagem	1x UNSPECIFIED LAMP	η	100.00 %

ZEKA II PF 150W (Faixa central, 2 por poste)

Distância entre postes	35.000 m
(1) Altura de ponto de luz	8.000 m
(2) Saliência de ponto de luz	2.000 m
(3) Inclinação de braço extensor	15.0°
(4) Comprimento braço extensor	3.090 m
Horas de funcionamento anual	4000 h: 100.0 %, 300.0 W

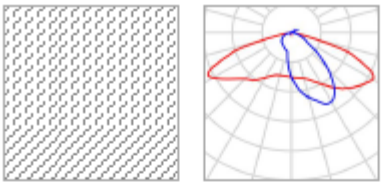


	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
Passeio 2 (P1)	E_m	16.20 lx	≥ 20.00 lx	✗
	U_o (2)	0.56	≥ 0.30	✓
Pista de rodagem 2 (V1)	E_m	31.04 lx	≥ 30.00 lx	✓
	U_o	0.43	≥ 0.40	✓
Pista de rodagem 1 (V1)	E_m	31.04 lx	≥ 30.00 lx	✓
	U_o	0.43	≥ 0.40	✓
Passeio 1 (P1)	E_m	16.20 lx	≥ 20.00 lx	✗
	U_o (2)	0.56	≥ 0.30	✓

Fonte: Própria do autor, 2022.

3.2.5.4 Simulação via P1 – V1, luminária Tecnowatt 153W

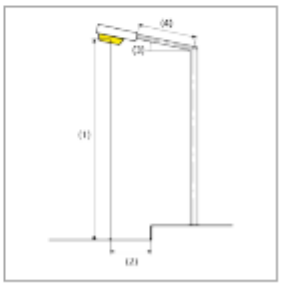
Figura 39: Luminária Tecnowatt 153 W



Equipagem	1x	P	157.8 W
		$\Phi_{Lâmpada}$	25503 lm
		$\Phi_{Luminária}$	25510 lm
		η	100.03 %

IES - TAU M SV 153W 4000K.IES (Faixa central, 2 por poste)

Distância entre postes	35.000 m
(1) Altura de ponto de luz	8.000 m
(2) Saliência de ponto de luz	2.000 m
(3) Inclinação de braço extensor	15.0°
(4) Comprimento braço extensor	3.077 m
Horas de funcionamento anual	4000 h: 100.0 %, 315.6 W
Consumo	9152.4 W/km



	Tamanho	Calculado	Nominal	Check
Passeio 2 (P1)	E_m	20.75 lx	≥ 20.00 lx	✓
	U_o[2]	0.64	≥ 0.30	✓
Pista de rodagem 2 (V1)	E_m	31.73 lx	≥ 30.00 lx	✓
	U_o	0.33	≥ 0.40	✗
Pista de rodagem 1 (V1)	E_m	31.73 lx	≥ 30.00 lx	✓
	U_o	0.33	≥ 0.40	✗
Passeio 1 (P1)	E_m	20.75 lx	≥ 20.00 lx	✓
	U_o[2]	0.64	≥ 0.30	✓

Fonte: Própria do autor, 2022.

A amostra 1.5 apresenta uma curva de distribuição luminosa com melhor desempenho para esse perfil de via, atingindo os índices de iluminância e uniformidade necessários a classe de iluminação V1, com uma luminária de potência real de 150,4 W.

Com base nas simulações, é possível concluir que as luminárias da Fabricante 1 em geral apresentam maiores valores de iluminância nas pistas de rolamento, menor valores de iluminância nos passeios, mas distribuída de forma proporcional. Também, para as condições viárias locais, dentre as luminárias que foram simuladas, é possível verificar que apresentam melhor desempenho, em virtude da distribuição luminosa e eficiência das luminárias, a qual é superior a 170lm/W(medida), para todas as amostras. Por fim, é possível avaliar que os modelos de luminárias da Fabricante 1 empregados nas simulações atendem as necessidades mínimas dos perfis viários simulados, sem necessidade alteração de modelo ou potência.

Quanto a Fabricante 2, com base nas simulações, comparativamente as luminárias da Fabricante 1, é possível verificar que as luminárias em geral apresentam menores valores de iluminância nas pistas de rolamento, e maiores valores de iluminância nos passeios, mas distribuída de forma desproporcional, e que apresentam maior consumo de energia elétrica. Por fim, verificamos a necessidade de substituição da luminária denominada amostra 2.5, por luminária de maior potência para o atendimento do perfil viário P1.

Quanto a Fabricante 3, somente é possível avaliar de forma parcial os resultados, visto que apenas algumas das amostras possuem ensaios e certificação junto ao INMETRO. Com base nas simulações, quando comparadas as luminárias da Fabricante 1, é possível verificar que as luminárias em geral apresentam menores valores de iluminância nas pistas de rolamento, e maiores valores de iluminância nos passeios, mas distribuídos de forma desproporcional, e que apresentam maior consumo de energia elétrica. Também, verificamos a necessidade de substituição da luminária denominada amostra 3.5, por luminária de maior potência para o atendimento do perfil viário P1.

A Fabricante 5, possui apenas 3 dos cinco modelos certificados junto ao Inmetro, para os quais enviou relatório dos ensaios e curvas fotométricas para que pudessem ser simulados. Estes apresentaram distribuição luminosa similar a das luminárias da Fabricante 1, porém, em geral aferiram menor uniformidade.

Apresentam consumo de energia elétrica superior quando comparados as luminárias da Fabricante 1.

Assim concluímos que as luminárias publicas LED que apresentam o melhor desempenho, para as condições verificadas no parque de iluminação pública municipal, devem ter eficiência medida igual ou superior a 170lm/W, controle de distribuição luminosa limitada, distribuição longitudinal média e distribuição transversal tipo II e III.

3.3 CUSTOS

O objetivo desse tópico não é identificar a marca/modelo de luminária LED que possui o menor preço de mercado, mas sobretudo, o melhor custo/benefício ao município. Para atingir esse objetivo, serão considerados tanto os custos com a aquisição quanto os custos operacionais desse parque ao longo de 15 anos.

Cabe salientar que para composição dos custos, serão consideradas os preços fornecidos pelos fabricantes dos modelos propostos/escolhidos com base no fluxo luminoso definido em edital. Porém, como verificado nas simulações, algumas amostras necessariamente devem ser substituídas por modelo de potência luminosa superior, em virtude de não atenderem aos parâmetros mínimos estabelecidos em norma, portanto, impactando nos custos.

3.3.1 Custo Aquisitivo

O custo aquisitivo foi calculado considerando compra de 11.292 luminárias publicas LED necessárias para composição do parque municipal de iluminação pública, com base nas luminárias propostas/definidas conforme edital e cotações fornecidas pelos fabricantes.

A Tabela 5 apresenta o custo aquisitivo das 11292 luminárias, divididas em cinco faixas de potência, conforme necessidades deste município, para cada fabricante, os quais nos forneceram cotações.

Tabela 4: Custo de implantação

CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DO PARQUE DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA COM LUMINÁRIAS LED DE DIFERENTES FABRICANTES									
LUMINÁRIA	QTDE	FABRICANTE 1		FABRICANTE 2		FABRICANTE 3		FABRICANTE 5	
		UNITÁRIO	TOTAL PARCIAL	UNITÁRIO	TOTAL PARCIAL	UNITÁRIO	TOTAL PARCIAL	UNITÁRIO	TOTAL PARCIAL
PMSR-1	5.597	R$ 829,10	R$ 4.640.472,70	R$ 538,12	R$ 3.011.857,64	624,74	R$ 3.496.669,78	R$ 585,06	R$ 3.274.580,82
PMSR-2	2.434	R$ 993,01	R$ 2.416.986,34	R$ 819,78	R$ 1.995.344,52	749,2	R$ 1.823.552,80	R$ 695,39	R$ 1.692.579,26
PMSR-3	908	R$ 1.015,46	R$ 922.037,68	R$ 869,23	R$ 789.260,84	839,73	R$ 762.474,84	R$ 957,23	R$ 869.164,84
PMSR-4	1.634	R$ 1.164,85	R$ 1.903.364,90	R$ 1.049,47	R$ 1.714.833,98	889,03	R$ 1.452.675,02	R$ 1.002,62	R$ 1.638.281,08
PMSR-5	719	R$ 1.192,60	R$ 857.479,40	R$ 1.117,55	R$ 803.518,45	889,03	R$ 639.212,57	R$ 1.010,61	R$ 726.628,59
CUSTO TOTAL			R$ 10.740.341,02		R$ 8.314.815,43		R$ 8.174.585,01		R$ 8.201.234,59

3.3.2 Custos Operacionais

Os custos operacionais são compostos basicamente por manutenção e consumo de energia elétrica. Desconsideramos os custos relativos à manutenção, pois, não temos subsídios suficientes para atribuirmos os custos relativos à mão de obra para manutenção de cada marca/modelo.

Além disso, segundo os fabricantes, o componente responsável pela maior parte das falhas em se tratando de luminária publica LED, é o DPS (dispositivo de proteção contra surtos) seguido pelo driver, para os quais foi verificada similaridade de preços dentre os fabricantes, inclusive nas amostras recebidas, foi verificada a mesma marca de DPS.

Portanto, consideramos apenas o custo relativo ao consumo de energia elétrica do parque municipal de iluminação pública, ao longo dos 15 anos, período definido como vida útil do sistema, para cada modelo/fabricante de luminária proposto, os quais obtivemos através dos relatórios de ensaios, a potência real consumida, conforme Tabela 5.

O custo do kW/h considerado no cálculo é de 0,47 centavos e o tempo de operação diário do parque corresponde a 11 horas e 52 minutos.

Tabela 5: Custo operacional em 15 anos

CONSUMO ENERGÉTICO DO PARQUE DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA COM LUMINÁRIAS LED DE DIFERENTES FABRICANTES									
Luminária	QTDE	FABRICANTE 1		FABRICANTE 2		FABRICANTE 3		FABRICANTE 5	
		POT. REAL	CONSUMO	POT. REAL	CONSUMO	POT. REAL	CONSUMO	POT. REAL	CONSUMO
PMSR-1	5.597	41	229.477,00	52,8	295.521,60	41,16	230.372,52		-
PMSR-2	2.434	60,2	146.526,80	65,1	158.453,40	69,8	169.893,20		-
PMSR-3	908	83,2	75.545,60	87,2	79.177,60		-	88,9	80.721,20
PMSR-4	1.634	115	187.910,00	122,3	199.838,20		-	126,4	206.537,60
PMSR-5	719	151,6	109.000,40	149,5	107.490,50		-	157,8	113.458,20
CONSUMO EM kW/h			748,46		840,48				
CUSTO EM 15 ANOS			R$ 22.548.144,84		R$ 25.320.390,07				

Tendo esses dados levantados, é possível somar os custos de implantação aos custos de operação, conforme Tabela 6, que apresenta o custo total do parque de iluminação pública ao final da vida útil.

Tendo em vista que não obtivemos dados relativos à potência real de todas luminárias propostas dos fabricantes 3 e 5, estes foram desconsiderados, pois não permitem resultado conclusivo sobre os custos.

Tabela 6: Custo total do parque de iluminação projetado para 15 anos

FABRICANTES	**Fabricante 1**	**Fabricante 2**
Custo de Implantação	R$ 10.740.341,02	R$ 8.314.815,43
Custo Consumo (15anos)	R$ 22.548.144,84	R$ 25.320.390,07
CUSTO TOTAL	**R$ 33.288.485,86**	**R$ 33.635.205,50**

A Tabela 6 demonstra o custo do parque de iluminação pública com a utilização da amostra 1 e da amostra 2. A primeira apresenta menor custo operativo e a segunda menor custo de implantação. Somado os custos de implantação aos custos operativos é possível perceber que a amostra 1 custaria ao município 1,04% a menos, comparado a um parque com a utilização de luminárias da amostra 2.

Cabe ressaltar que as luminárias LED que compõe as tabelas acima não levam em consideração o resultado das simulações. Contudo, caso fosse considerado nos cálculos de custos, a amostra 2.5 deveria ser substituída por outra luminária de potência maior para atender os índices de iluminância no perfil de via P1 - V1, o que acarretaria no aumento do custo de implantação e de operação, aumentando a diferença apresentada na Tabela 6.

Portanto é possível concluir que, luminárias mais eficientes tem maior custo aquisitivo, porém menor custo operativo relativo ao consumo de energia elétrica durante a vida útil. No contexto da sustentabilidade, devemos considerar a utilização de luminária mais eficientes, com menor impacto e menor consumo energético, contribuindo para redução das emissões de CO2, também pelo fato de aferir maior longevidade ao sistema frente a constantes evoluções tecnológicas dos materiais.

3.4 CONCLUSÃO

O estudo permite a comparação técnica de luminárias públicas LED sob vários aspectos relevantes, os quais julgamos importantes em se tratando da aplicação destas no parque municipal de iluminação pública, pois influenciam na instalação, manutenção, iluminância e custos.

Salientamos, que consideramos a aplicação das luminárias no âmbito municipal, frente as necessidades do município para com iluminação pública, pois parte do estudo consiste em simulações, nas quais utilizamos características especificas das vias municipais, como perfis e classes de iluminação necessárias, bem como características do sistema de distribuição de energia elétrica e posteamento.

Considerando o conjunto de características técnicas verificadas, é possível identificar superioridade técnica das luminárias pospostas pela Fabricante 1 frente aos demais modelos avaliados, possui características favoráveis na maioria dos critérios de avaliação, como instalação, manutenção, fotometria e custo operativo, sendo desfavorável apenas no custo de implantação, o qual é compensado durante a vida útil do sistema através da economia de energia elétrica.

As luminárias possuem características técnicas que possibilitam a fixação e a regulagem do ângulo da luminária no braço metálico com rapidez e precisão. Possui compatibilidade de componentes entre as luminárias e permite a substituição/reparo de equipamentos *in-loco,* de forma fácil, segura e ágil, além de possuir alta qualidade no acabamento.

Devido à alta eficiência, de 170 a187 lm/W, estas atendem a iluminância necessária com menor potência em relação aos demais modelos avaliados, o que representa um menor consumo de energia do parque de iluminação pública, refletindo em economia, além de contribuir para sustentabilidade.

Os resultados apresentados pelo software DIALux mostram que as luminárias da Fabricante 1 possuem bom desempenho fotométrico, os quais atendem as necessidades do projeto elaborado, e aferem boa distribuição luminosa para os perfis viários municipais.

Por fim, a fabricante possui ampla faixa de potência de luminárias públicas LED da mesma família, suficientes para atender a variedade de perfis viários municipais, permitindo escolher faixas de potência e fluxo luminoso mais aproximados da necessidade das vias.

Conclui-se diante dos aspectos avaliados, que as luminárias propostas pela Fabricante1, apresentam o melhor custo/benefício ao município. Portanto, sugerimos a adoção das características técnicas destas luminárias LED como padrão municipal as quais seguem a baixo:

Especificação Técnica Geral:

Luminária para iluminação viária, com certificação pela Portaria 20 do Inmetro. Temperatura de cor 4000K, IRC >= 70, eficácia energética >=170 lm/W, Distribuição Longitudinal Média, Distribuição Transversal Tipo II e III e Controle de Distribuição Luminosa Limitada. Lente em Policarbonato (PC), resistente à UV, com alta transparência. Tensão Nominal de 120-277 Vca e FP >= 0,92. Protetor de Surto (DPS) 10kV/12kA. Vida útil ≥65.000 horas (L70@Ta 35°C), com garantia mínima de 5 anos. Grau de Proteção IP66 completo (Alojamento do controlador e Sistema óptico). Corpo em alumínio injetado, com pintura Cinza Munsel N6.5, com alta resistência à corrosão, e vedações em silicone. Conexão em braços com diâmetro de 33 à 60 mm para potências abaixo de 165W e 48 à 60mm para potências acima de 165W, sistema de fixação por Bracket (presilha) transversal em material SAE 1020 com dois parafusos M8 em aço carbono com revestimento nano-cerâmico, com ajuste de ângulo de +5°/0°/-5° na própria luminária. Acesso ao alojamento do Driver e DPS facilitado através de parafuso cabeça Philips M5 em aço carbono, com tampa articulada com abertura de 110°, vedação com gaixeta flexível em silicone de alta resistência à temperatura e sem deformação na abertura e fechamento do alojamento, Driver e DPS afixados ao alojamento da luminária através de parafusos sem risco de queda dos componentes, Proteção contra impactos mecânicos externos >=IK08. Resistência ao torque dos parafusos e conexões conforme ABNT NBR IEC 60598-1. Resistência à força do vento conforme previsto na ABNT NBR 15129, e resistente à vibração conforme ABNT NBR IEC 60598-1. Interferência eletromagnética e radiofrequência em conformidade com CISPR15 ou EN55015. Driver Dimerizável 0-10V e tomada NEMA 7 pinos, compatível com telegestão e de acordo com ABNT NBR 5123.

PADRÃO	DESCRIÇÃO
PMSR - LED1	Luminária Pública LED com potência nominal 41W, fluxo luminoso 7300lm. Modelo de ref. RoadForce Mini - BRP481 LED73 NW 41W DML P7 0-10, Fabricante Philips.
PMSR - LED2	Luminária Pública LED com potência nominal 61W, fluxo luminoso 11300lm. Modelo de ref. RoadForce Small - BRP482 LED113 NW 61W DML P7 0-10, Fabricante Philips.
PMSR - LED3	Luminária Pública LED com potência nominal 83W, fluxo luminoso 14700lm. Modelo de ref. RoadForce Small - BRP482 LED174 NW 83W DML P7 0-10, Fabricante Philips.
PMSR - LED4	Luminária Pública LED com potência nominal 113W, fluxo luminoso 20200lm. Modelo de ref. RoadForce Medium - BRP483 LED202 NW 113W DML P7 0-10, Fabricante Philips.
PMSR - LED5	Luminária Pública LED com potência nominal 150W, fluxo luminoso 25500lm. Modelo de ref. RoadForce Medium - BRP483 LED255 NW 150W DML P7 0-10, Fabricante Philips.
PMSR - LED6	Luminária Pública LED com potência nominal 195W, fluxo luminoso 35100lm. Modelo de ref. RoadForce Xtra Large - BRP485 LED351 NW 195W DML P7 0-10, Fabricante Philips

4 BRAÇOS E SUPORTES

As características básicas dos braços e suportes para iluminação pública foram obtidas através da elaboração de projeto de iluminação pública para todos os tipos/gabaritos viários do Município de Santa Rosa.

O projeto foi elaborado no software DIALux evo, observando os parâmetros estabelecidos pela Norma Brasileira ABNT NBR 5101 “ILUMINAÇÃO PUBLICA – PROCEDIMENTO”, sendo que, para fins de projeto e dimensionamento foram considerados vãos médios da rede de distribuição de energia elétrica local de 35 metros, e altura média dos condutores de baixa tensão em relação ao solo de 6 metros.

4.1 METODOLOGIA

Foi realizado um levantamento no atual parque municipal de iluminação pública para identificar braços e suportes em quantidade relevante, bom estado de conservação e características técnicas que atendam as definições de projeto e que possam ser reaproveitados. Depois, foi verificado a disponibilidade no mercado de modelos com características similares aos já existentes no parque luminotécnico municipal.

Essa verificação ocorreu através de apresentações realizadas por fabricantes interessadas e catálogos de produtos que foram recebidos através do edital de

padronização do município. Além disso, foram realizadas pesquisas nos sites de fabricantes, com objetivo de identificar modelos que atendam as especificações de projeto.

Com base nas informações levantadas, foi possível definir os padrões de braços e suportes que atendem as especificações de projeto e representam melhor custo/benefício para ser implantados no parque municipal de iluminação pública.

4.2 LEVANTAMENTO DE CAMPO

O atual parque de iluminação pública possui aproximadamente 500 unidades de braços curvos tipo cisne, em bom estado de conservação, conforme ilustrados na Figura 40. Estes, possuem projeção vertical de 1,75m, projeção horizontal de 2,35m, tubo com diâmetro Ø de 48,3mm. Estas características atendem as especificações de projeto, para os perfis de via P4 e P5, conforme plano diretor municipal.

Figura 40: Modelos de braços existentes no município

(a) Semelhantes ao modelo PMSR-B5 (b) Semelhantes ao modelo PMSR-B2

Fonte: Própria do autor, 2022

Recentemente, foram adquiridos 910 braços curvos que serão utilizados para instalação em pontos de iluminação pública que terão as luminárias de vapor de sódio substituídas por luminárias LED, através do Projeto de Eficiência Energética comtemplado na chamada pública de projetos da CPFL Energia, no ano de 2021.

Dentre os 910 braços, foram adquiridos 750 braços curvos para iluminação pública, projeção horizontal 3.007mm, projeção vertical 2.284 mm, e 100 braços curvos para iluminação pública, para instalação em poste com transformador, projeção horizontal 2.980mm, projeção vertical 3.117mm, ambos modelos com tubo ø48,3mm, com saída 10° e sapata para fixação com 2 furos, acabamento zincado a fogo, os quais atendem a especificações de projeto para os perfis de vias municipais 1A, 1B, 2A, 3A, P1, P2 e P3.

Também foram adquiridos 50 braços curvos para iluminação pública, projeção horizontal 2.350mm, projeção vertical 1.750mm, e 10 braços curvos para iluminação pública para instalação em poste com transformador, projeção horizontal 2.481mm, projeção vertical 2.185mm, ambos com tubo ø48,3mm, saída 5°, sapata para fixação com 2 furos, acabamento zincado a fogo, os quais atendem a especificações de projeto para os perfis de vias municipais P4 e P5.

4.3 DEFINIÇÃO DOS MODELOS DE BRAÇOS

Tendo em vista o levantamento realizado, foi possível identificar alguns modelos de braços que foram instalados e adquiridos recentemente, os quais podem ser reaproveitados, pois atendem as especificações de projeto para vários perfis de vias. Objetivando economicidade e estética no parque municipal de iluminação pública, estes modelos serão definidos como padrão para os perfis de vias que atendem.

Para os perfis de vias não atendidos por modelos existentes ou adquiridos recentemente pelo município, será utilizado o mesmo modelo de braços que para os demais perfis (braço curvo para iluminação pública), porém, com as dimensões adequadas, de acordos com as necessidades definidas em projeto.

Visando robustez e transparência de processo de compras, através da ampla e justa concorrência, e para que não haja variações na orçamentação e fornecimento em relação aos modelos definidos, foram elaborados desenhos técnicos contendo todas as dimensões dos modelos definidos.

Os desenhos elaborados dos braços apresentam pequenas alterações nas dimensões se comparado aos do documento “ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA BRAÇOS PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA” do CEIP (Centro de Excelência de Iluminação Pública) da PUCRS (Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul) modelos amplamente utilizados no Município de Porto Alegre – RS.

As alterações se devem as peculiaridades do Parque de Iluminação Pública do Município de Santa Rosa – RS, em vista dos perfis das vias municipais, e também pelo fato de considerarmos a utilização de apenas luminárias LED, as quais exigem menos esforço mecânico dos braços em relação a alguns modelos de luminárias para lâmpadas de vapor de sódio utilizadas. Assim, embora os modelos sejam similares aos da especificação técnica do CEIP, algumas dimensões diferem, em geral, representando menor custo ao município.

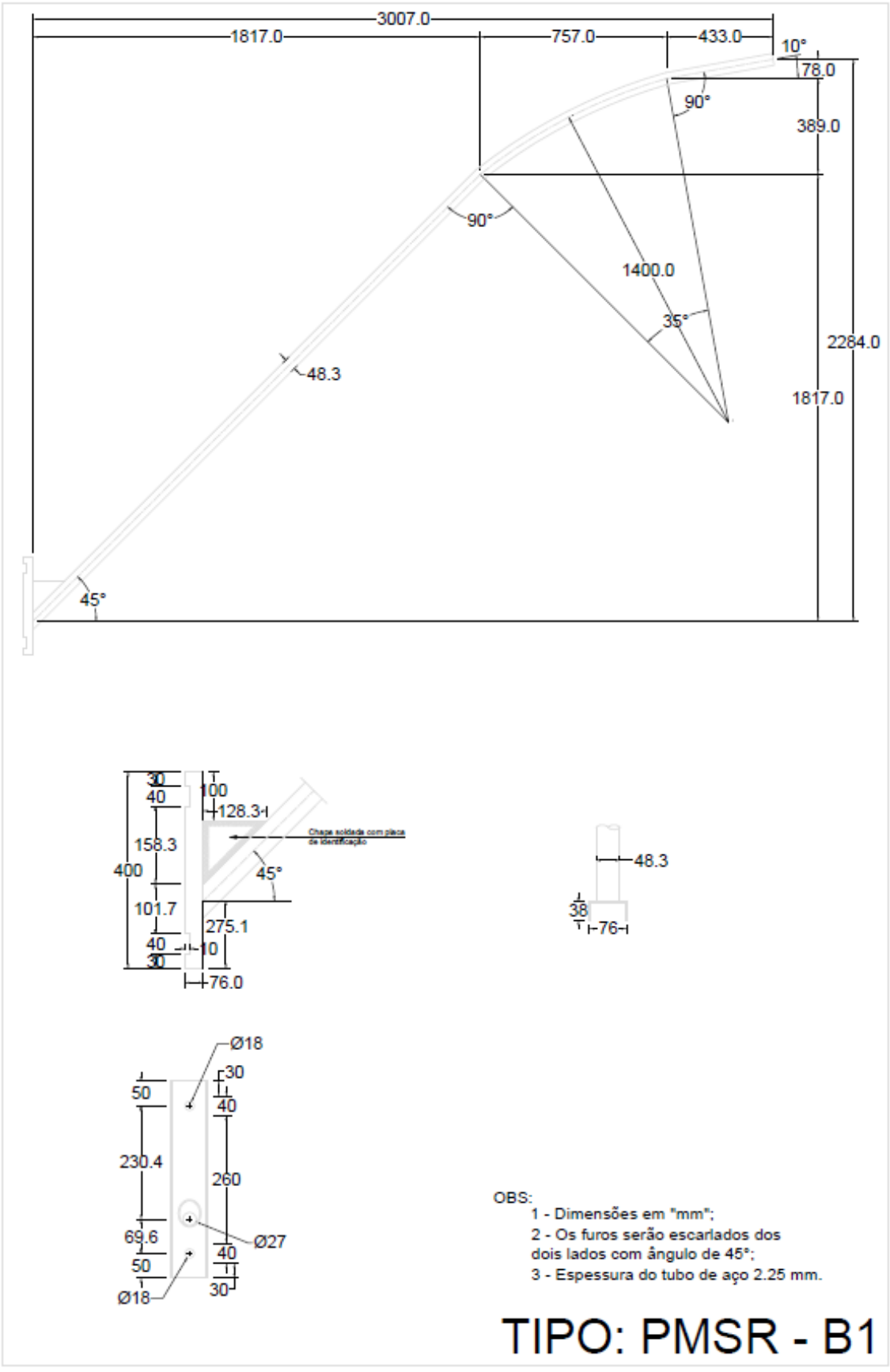
Para fins de identificação, os modelos de braços definidos, foram denominados com as seguintes siglas: PMSR – B1, PMSR – B2, PMSR – B3, PMSR – B4, PMSR – B5, PMSR – B6, e são representados nas Figuras 41 até 46, com suas respectivas medidas e especificações.

Da mesma forma que os braços, foram definidos suportes do tipo núcleo para 1, 2, 3 e 4 luminárias. Esses suportes são utilizados, geralmente em rotatórias, parques e praças, mesmo que em escala bastante reduzida quando comparados aos braços para iluminação pública.

Os modelos definidos serão empregados com base em modelos amplamente fornecidos no mercado e nas necessidades identificadas em projeto, de forma a obter o melhor desempenho das luminárias. Para fins de identificação os modelos definidos, foram denominados com as seguintes siglas PMSR – N1, PMSR – N2, PMSR – N3, PMSR – N4.

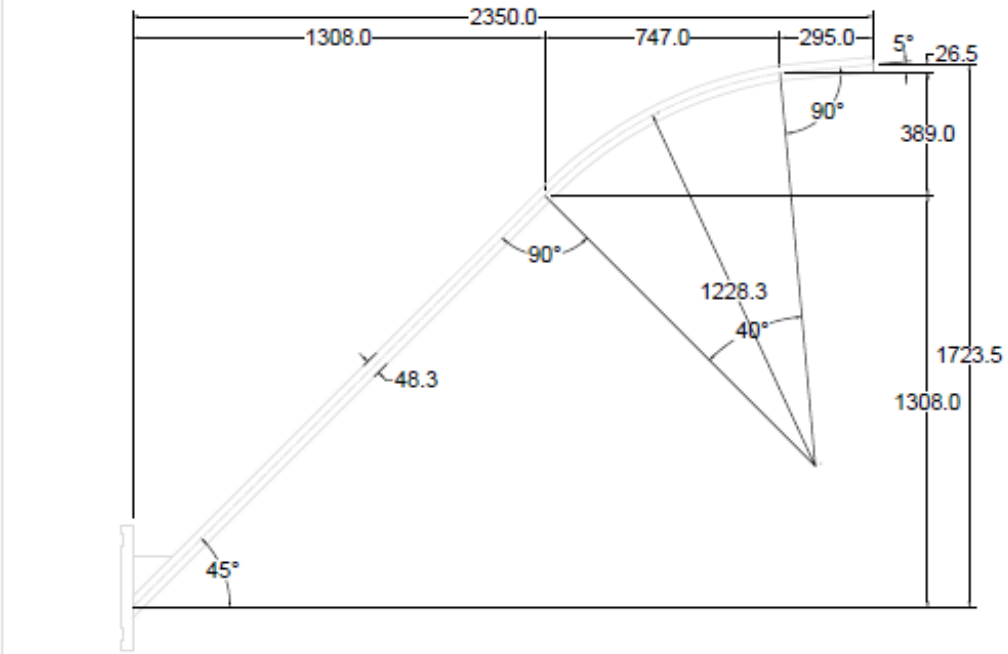
Os desenhos técnicos dos suportes do tipo núcleo são apresentados na Figura 47, com as respectivas dimensões.

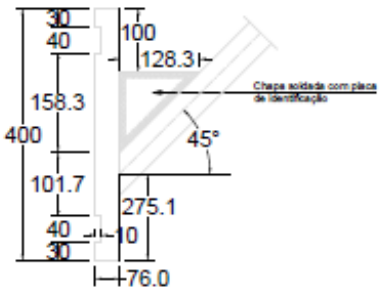
Figura 41: PMSR - B1

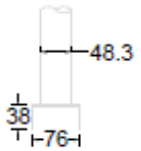


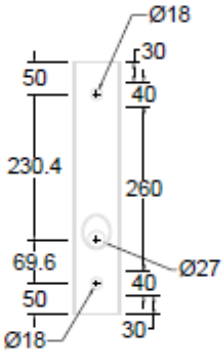
Fonte: Própria do autor, 2022.

Figura 42: PMSR - B2







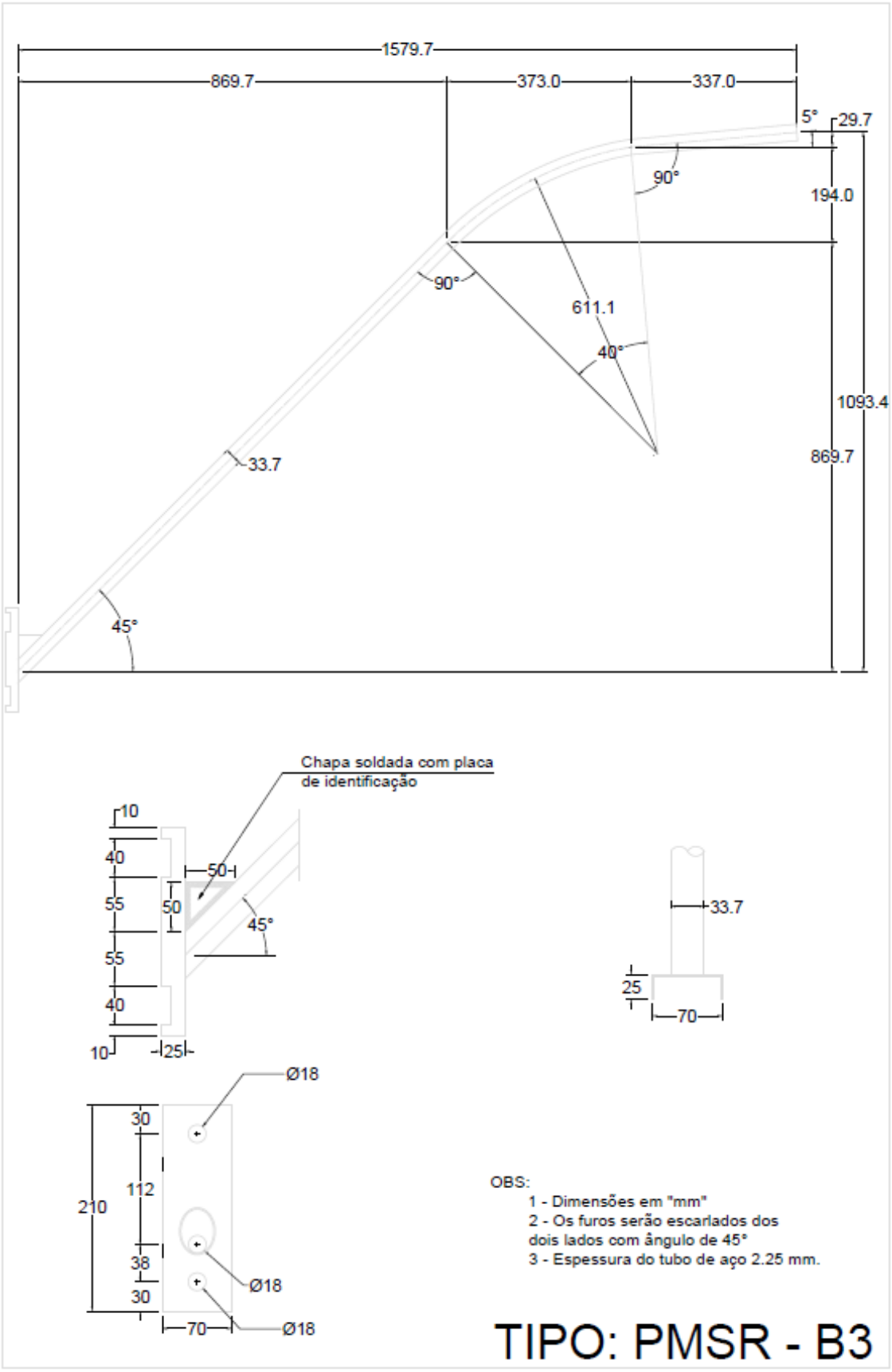


OBS:
1 - Dimensões em "mm";
2 - Os furos serão escarlados dos dois lados com ângulo de 45°;
3 - Espessura do tubo de aço 2.25 mm.

TIPO: PMSR - B2

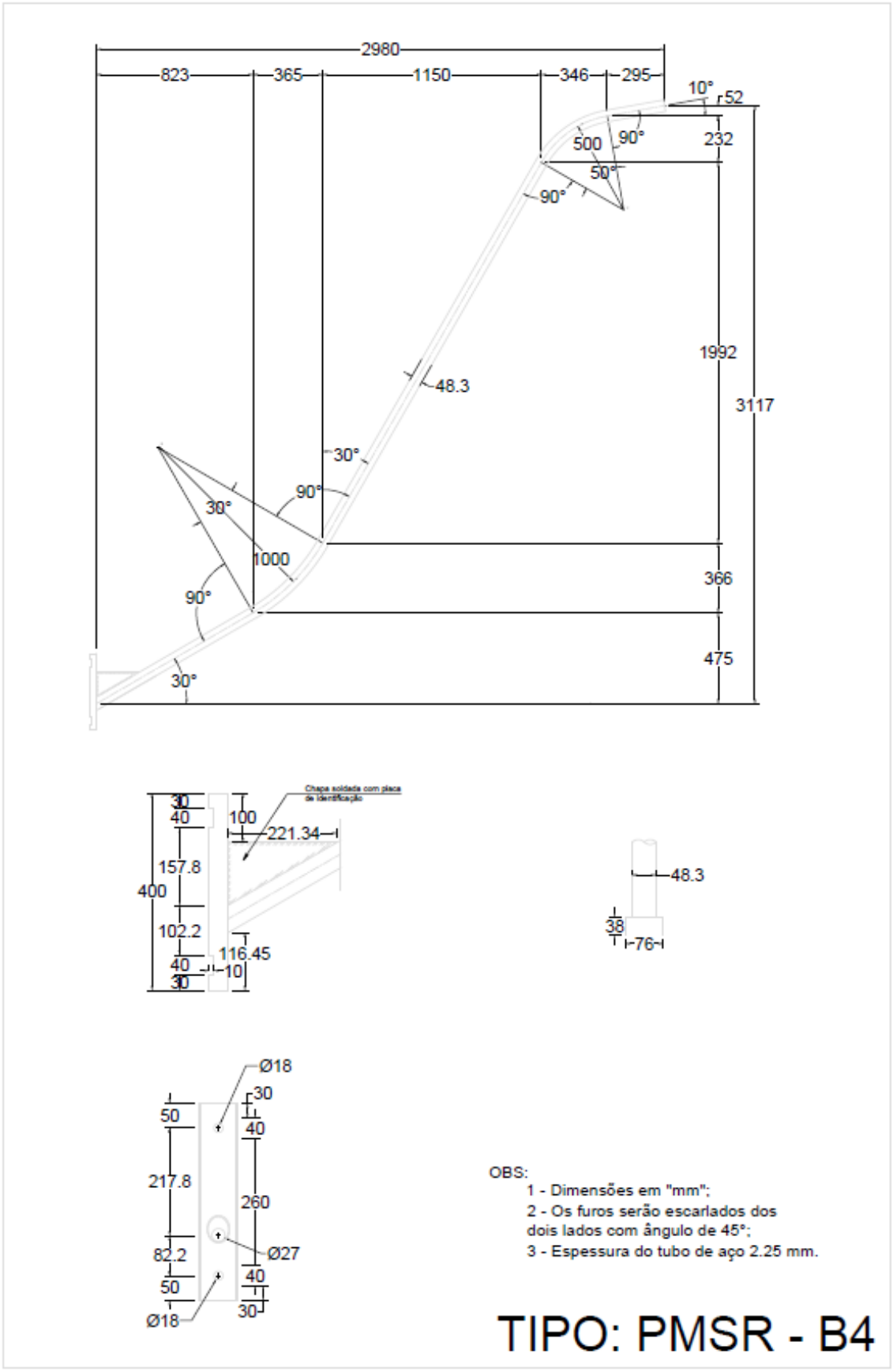
Fonte: Própria do autor, 2022.

Figura 43:PMSR - B3



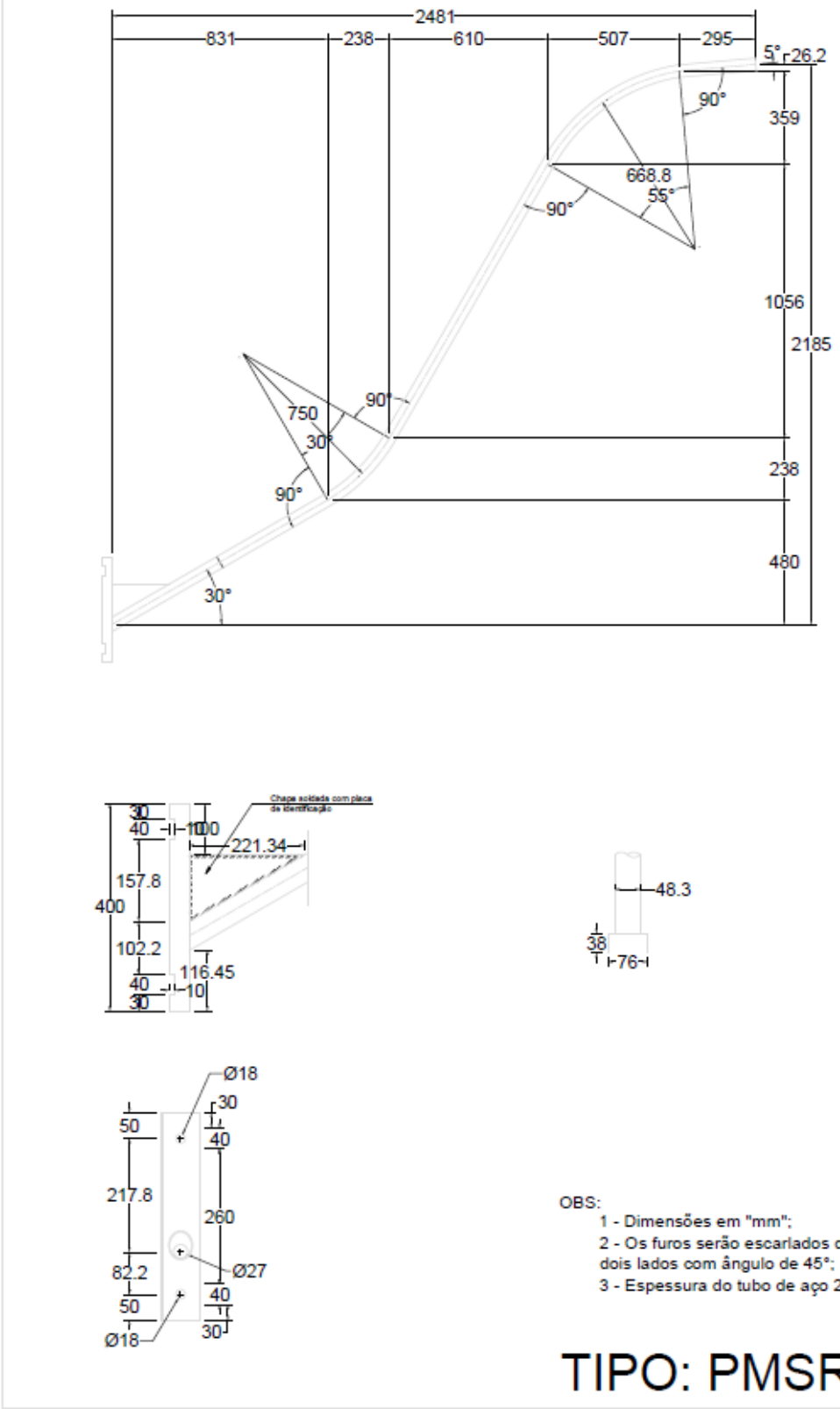
Fonte: Própria do autor, 2022.

Figura 44: PMSR - B4



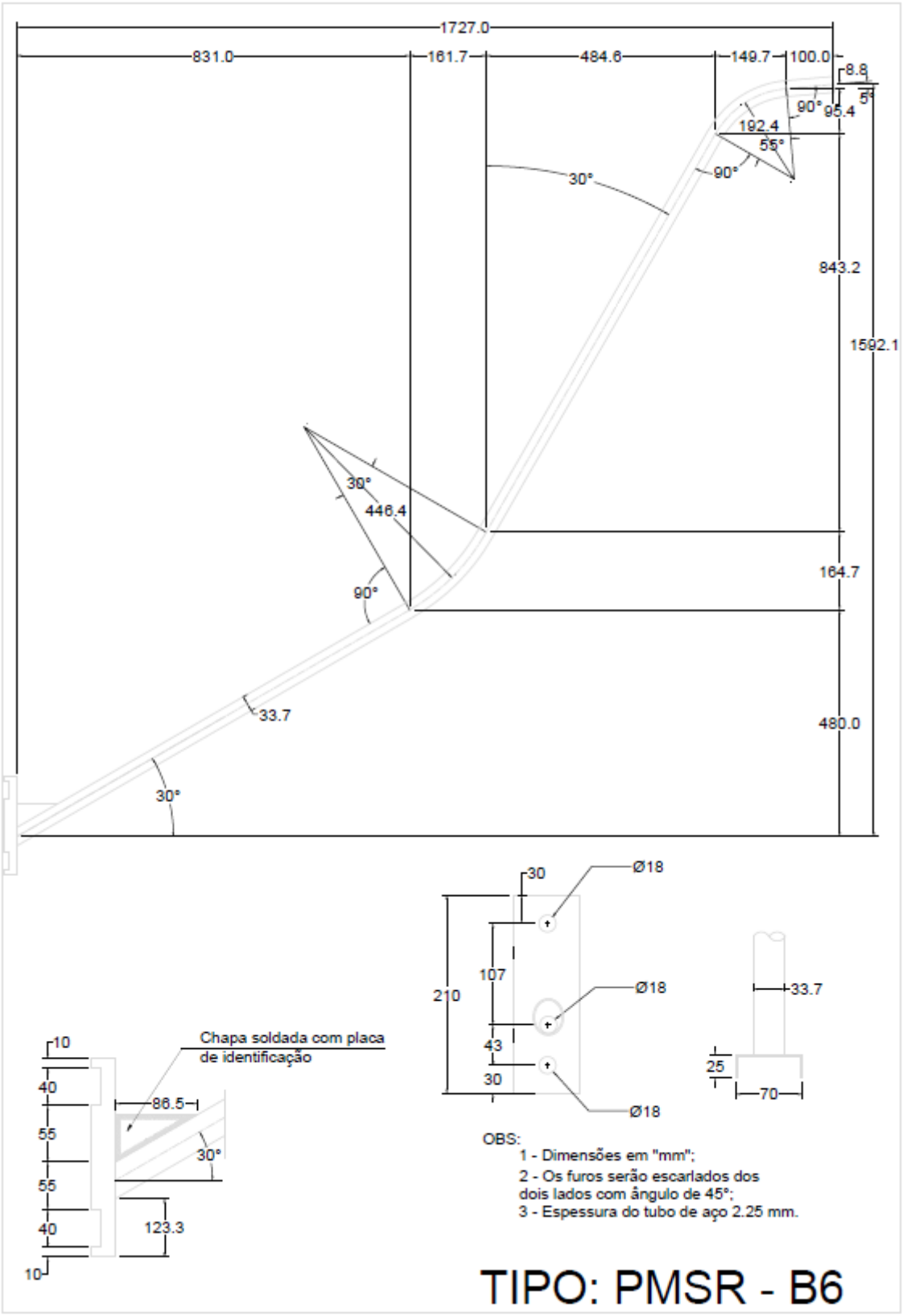
Fonte: Própria do autor, 2022.

Figura 45: PMSR - B5



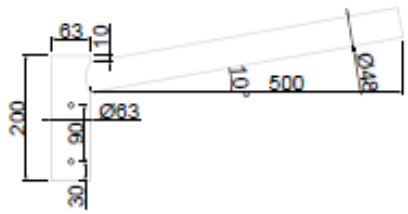
Fonte: Própria do autor, 2022.

Figura 46: PMSR - B6

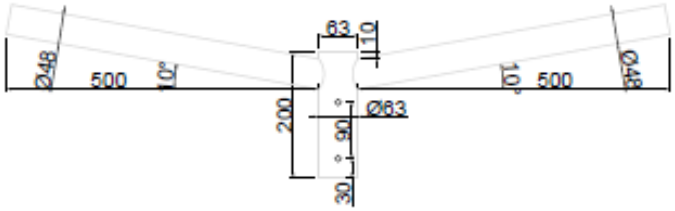


Fonte: Própria do autor, 2022.

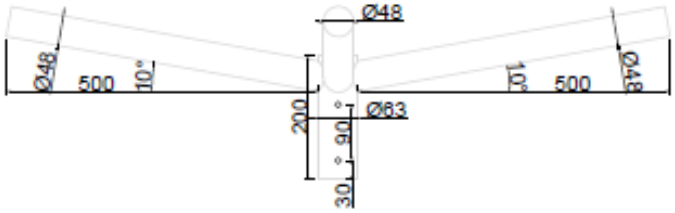
Figura 47: PMSR - N1, N2, N3 e N4



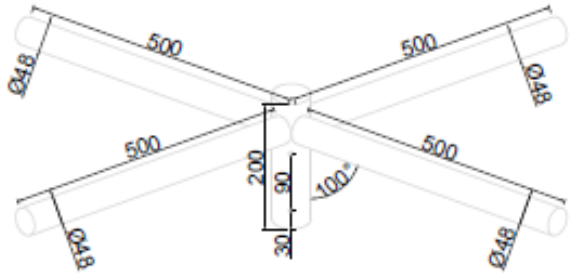
TIPO: PMSR - N1



TIPO: PMSR - N2



TIPO: PMSR - N3



TIPO: PMSR - N4

OBS:
1 - Dimensões em "mm";
2 - Os furos serão escarlados dos dois lados com ângulo de 45°;
3 - Espessura do tubo de aço 2.25 mm.

Fonte: Própria do autor, 2022.

4.4 CONDIÇÕES GERAIS

Os braços e suportes devem ser produzidos conforme NBR 6123 e NBR14.744, galvanizados interna e externamente, conforme ABNT NBR 6323.

4.5 CONDIÇÕES DE SERVIÇO

Os braços devem ser projetados para trabalhar sob as seguintes condições normais de serviço:

a) Temperatura mínima do ar ambiente igual a -5ºC e máxima igual a 50ºC;
b) Pressão do vento não superior a 700 Pa. (velocidade básica do vento 45 m/s)
c) Umidade relativa do ar de até 100%;
d) Altitude não superior a 1500 metros;
e) Precipitação pluviométrica média anual de 1500 a 3000 milímetros, sendo que os braços deverão ficar expostos ao sol, chuva e poeira;
f) Demais características climáticas da região sul;

Obs.: O clima contribui para a formação de fungos e acelera a deterioração e a corrosão. O Fornecedor devera providenciar a tropicalização e o que for necessário para um bom desempenho dos braços nas condições acima descritas.

4.6 IDENTIFICAÇÃO

Cada braço/suporte deve apresentar uma placa de identificação com as seguintes informações mínimas gravadas, de forma legível e indelével:

a) Nome do fabricante;
b) Tipo de braço;
c) Sigla da PREFEITURA;
d) Data de entrega (mês e ano).

4.7 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GERAIS

Os braços e suportes devem ser produzidos conforme NBR 14.744 e NBR 6123, em aço de baixo teor de carbono SAE 1010/1020, galvanizados a fusão, interna e externamente por imersão a quente em banho de zinco, conforme ABNT NBR 6323. Devem possuir garantia de 5 anos contra defeitos de fabricação e/ou galvanização.

Os braços devem ser dos modelos curvo (tipo cisne) e para poste com transformador, devem ser fabricados em tubo peça única, a sapata em forma de perfil ou chapa dobrada, a fixação do tubo a sapata deve ser através de chapa de aço carbono e solda, dimensionados para suportar as ações do vento, conforme NBR 6123.

Os suportes para instalação das luminárias em topo de poste (tipo núcleo), devem ser confeccionados em tubos de aço dimensionados para suportar as ações do vento conforme NBR 6123, com no mínimo três parafusos para fixação ao poste, tampa polimérica removível com aditivo anti UV, e acabamento galvanizado.

5 RELÉ FOTOCONTROLADOR

O relé fotocontrolador é o dispositivo responsável pelo acionamento da luminária pública. Cada luminária LED possui, integrada ao seu corpo, uma tomada padrão NEMA 7 pinos, sendo necessário a instalação de um rele fotocontrolador individual para acionar/desacionar essa luminária.

A situação ideal de funcionamento do relé, segundo a NBR 5123:2016, ocorre quando ele apaga uma lâmpada controlada no momento em que a iluminância atinge 30 lux e acende quando a iluminância atinge entre 5 e 15 lux. Além disso, a NBR 5123:2016 especifica que a vida útil mínima do equipamento é de 10.000 comutações (13,7 anos). No entanto, os relés fotoelétricos tem sido produzidos em desconformidades com as normas para competir em um mercado predominantemente formado por compradores públicos, regidos pelo menor preço e com baixo controle de qualidade.

Nesse sentido, o estudo da TestTech (2012), aponta que 59% das amostras analisadas foram reprovadas no ensaio de operação normal mesmo considerando os limites mais amplos de funcionamento (80 lux para apagamento e entre 3 e 20 lux para o acendimento) que constam na norma anterior (NBR 5123: 1998). Quanto a vida útil, estudo da PUC-RS (2008) aponta que 74% dos relés analisados não atenderam sequer a NBR 5123: 1998 que especificava 5000 comutações (6,85 anos).

A consequência desse problema está relacionada ao desperdício de recursos naturais (especialmente, recursos hídricos) para fins de geração de energia elétrica, que atinge o meio ambiente. Deve-se considerar ainda, o custo de reposição do equipamento inutilizado antes de completar o período de vida útil e o problema do descarte de material no meio ambiente.

Devido aos impactos ambientais, financeiros e a não exigência de registro em institutos como o INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Industrial), é necessário o estabelecimento de especificações mínimas de fabricação e de desempenho do relé fotoelétrico, além da exigência de ensaios que comprovem a compatibilização do equipamento com as normas existentes e a padronização do mesmo para aplicação no munícipio.

Buscando garantir qualidade, economia e sustentabilidade no acionamento/desacionamento do parque de iluminação pública do município, foi elaborado a descrição do relé fotocontrolador contendo as características técnicas mínimas do equipamento.

5.1 CONDIÇÕES GERAIS

Além das exigências deste documento, o fornecimento do relé fotocontrolador eletrônico deve estar de acordo com a NBR 5123:2016 – Relé fotoelétrico e tomada para iluminação – Especificação e método de ensaio, no que for aplicável.

5.2 CONDIÇÕES DE SERVIÇO

Os relés fotoeletrônicos devem ser projetados para operar sob as seguintes condições normais de serviço:

a) Instalação externa;

b) Temperatura mínima do ar ambiente igual a -5ºC e máxima igual a +50ºC;

c) Tensão nominal a ser aplicada ao circuito de comando de 105 a 305 V;

d) Umidade relativa do ar de até 100%;

e) Altitude não superior a 1500 metros;

f) Precipitação pluviométrica média anual de 1500 a 3000 milímetros, sendo que o relé fotocontrolador ficará exposto ao sol, chuva e poeira.

5.3 IDENTIFICAÇÃO

O relé fotoeletrônico deve possuir marcação na parte superior da tampa de forma legível e indelével com, no mínimo, as informações abaixo discriminadas:

a) identificação do produto: “relé fotocontrolador” ou “relé fotocontrolador temporizado”;

b) nome e/ou marca do fabricante;

c) tipo de relé fotocontrolador;

d) modelo e/ou código do fabricante;
e) tensão nominal;
f) frequência;
g) modo de operação;
h) comportamento em falha;
i) relação liga-desliga;
j) retardo;
k) potência;
l) símbolo indicativo de proteção ao impulso;
m) indicação “sul” e seta de direcionamento para o relé fotocontrolador com fotodetector orientado na horizontal (azimutal);
n) grau de proteção;
o) setas indicativas e inscrição.

O relé fotoeletrônico deve possuir marcação na face externa do suporte de montagem com, no mínimo, as informações abaixo discriminadas:

a) data (mês e ano) de fabricação;
b) calendário para controle de instalação e retirada.

5.4 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GERAIS

O relé fotoeletrônico deve possuir como elemento sensor, um fototransistor fabricado em silício encapsulado, e comando de acionamento eletrônico. O invólucro de encaixe deve ter os contatos em latão estanhado ou material equivalente estanhado eletroliticamente, rigidamente fixados ao suporte de montagem.

O corpo deve ser de poliéster, polipropileno ou material equivalente, resistente a uma temperatura de até 120ºC, devendo estar firmemente preso ao invólucro, de maneira a permitir o correto manuseio do relé, sem desprendimento do mesmo. A tampa do relé deve ser em policarbonato estabilizado contra ultravioleta, resistente a impacto e intempéries.

A gaxeta de vedação deve ser fabricada em neoprene ou material elástico equivalente que permita o giro do relé sem que ocorra o seu deslocamento. Deve ainda prover vedação eficiente e evitar o deslocamento indevido do relé em relação à tomada, após a montagem do conjunto. Além disso, deve suportar uma temperatura de (100 ± 2) °C, por 72h.

O relé deve possuir modo de operação “liga à noite”, e modo de falha “Fail ON”. Assim definido para garantir que mesmo em caso de inoperância do relé, a luminária permaneça ligada.

O acionamento do relé deve ocorrer com valores de iluminância entre 5 e 15 lux e desliga com iluminância de no máximo 30 lux, conforme ABNT NBR 5123:2016. Essa iluminância, garante o acionamento e o desligamento do relé em períodos bem determinados, garantindo maior economia de energia.

Resistência a Corrosão: Conforme exigências das seguintes normas NBR 7397, NBR 7398, NBR 7399 e NBR 7400;

O relé fotoeletrônico deve ser protegido com varistor, e ter Grau de Proteção mínimo IP65, sem presença de janela em seu invólucro, de forma a garantir a integridade de seus componentes durante o prazo de garantia.

A garantia do relé fotocontrolador deve ser de 5 (cinco) anos. A variação máxima entre o prazo inicial da garantia que corresponda ao prazo final de garantia gravado no relé e a data de entrega/inspeção não deve ultrapassar 6 meses.

5.5 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS ESPECÍFICAS

Relé Fotocontrolador Eletrônico Três Pinos (Padrão “PMSR-R1”);

- Tensão: 105 à 305Vca;
- Tipo: T2;
- Frequência: 50/60 Hz;
- Potência: 1000W (resistiva), 1800VA (indutiva), 500VA (corrigido);
- Temperatura de Operação: -5°C a 50°C.
- Grau de Proteção mínimo: IP65;
- Princípio de funcionamento: Eletrônico;
- Tecnologia: Microcontrolado;
- Controle: Inrush;
- Sistema: *Fail on* (lâmpadas ligadas durante o dia e a noite, no caso de relé inoperante);
- Consumo próprio: ≤ 1W;
- Operação: Liga entre 5 e 15 lux e desliga com no máximo 30 lux;
- Relação de histerese: 1,5 a 3 vezes;
- Tipo de contato: NF, liga ao anoitecer e desliga ao amanhecer;

- Acionamento dos contatos sincronizados com a passagem pelo zero na tensão da rede elétrica;
- Invólucro: Tampa em policarbonato na cor azul com proteção UV, base em policarbonato com soldagem por ultrassom;
- Retardo de aproximadamente 1,5 a 5 segundos para acionar ou desacionar, tornando o relé insensível às variações bruscas de luminosidade;
- Durabilidade dos contatos: Maior que 15.000 operações;
- Tensão de surto: 10.000 V;
- Rigidez dielétrica: ≥ 2.500 V;
- Sensor: Silício fototransistor;
- Pinos: Latão estanhados;
- Garantia: 5 anos.

5.6 ENSAIOS

As empresas devem apresentar certificado dos ensaios para comprovar as características técnicas especificadas e sua conformidade com as normas técnicas vigentes. Os ensaios devem ser realizados em laboratório pertencentes à Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio credenciados pelo INMETRO segundo os requisitos da norma NBR ISO/IEC 17025.

- Ensaio de operação – NBR 5123;
- Ensaio de limite de funcionamento - NBR 5123;
- Ensaio de impulso combinado de tensão mínimo de 0,6/10kv - NBR 5123;
- Ensaio de comportamento a 70°C - NBR 5123;
- Ensaio de durabilidade dos contatos - NBR 5123;
- Ensaio de impacto NBR 5123;

Ensaio de grau de proteção – NBR 5123 e NBR IEC 60529;

- Ensaio de aderência a gaxeta NBR 5123;
- Ensaio de resistência mecânica NBR 5123;
- Ensaio de consumo dos relés foto controladores NBR 5123;
- Ensaio de radiação ultravioleta NBR 5123.

Apresentar garantia emitida pelo fabricante com no mínimo 5 anos contra defeitos de fabricação.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os prazos de garantia estabelecidos para os materiais definidos com padrão, bem como as tecnologias utilizadas, e com base no artigo 21 do Decreto 18/2022 e do item 8 do Edital de Padronização 01/2022, define-se que os padrões ora adotados terão validade por 05 (cinco) anos. Eventual revisão em prazo inferior ao previsto, obedecerá às previsões constantes nos artigos 21 a 24 do referido Decreto.

Todos os direitos reservados. Este estudo ou qualquer parte dele não pode ser reproduzido ou usado de forma alguma sem autorização expressa, por escrito, da comissão de padronização de iluminação pública de Santa Rosa.