



SISTEMA DE ILUMINAÇÃO EFICIENTE PARA AUTOESTRADAS: ESTUDO TÉCNICO- ECONÓMICO

BRUNO CLÁUDIO PARCHÃO FILIPE

novembro de 2019

SISTEMA DE ILUMINAÇÃO EFICIENTE PARA AUTOESTRADAS: ESTUDO TÉCNICO-ECONÓMICO

Bruno Cláudio Parchão Filipe



Departamento de Engenharia Eletrotécnica
Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

2019

Relatório elaborado para satisfação parcial dos requisitos da Unidade Curricular de DSEE -
Dissertação do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

Candidato: Bruno Cláudio Parchão Filipe, Nº 1060808, 1060808@isep.ipp.pt

Orientação científica: Sérgio Filipe Carvalho Ramos, scr@isep.ipp.pt



Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

2019

“É corrente, no cotidiano, o convívio com obras de engenharia, onde mesmo para o olhar leigo, se torna patente a existência de um substrato técnico importante. Assim, na travessia de uma ponte, pensamos a cerca do número impressionante de cálculos, de testes, de medições que devem ter sido efetuados para tornar fiável aquela estrutura, cuja beleza nos pode, também, impressionar, com evidência de que estamos perante uma obra onde participaram a arte e a ciência”¹

Agradecimentos

Este trabalho/dissertação foi desenvolvido ao longo de diversas e diferentes etapas. Não seria possível finalizá-lo sem o apoio de algumas pessoas, aproveito para lhes agradecer.

Ao Eng.º Sergio Ramos, meu supervisor no ISEP, pela fantástica colaboração e disponibilidade para elevar a qualidade técnica do presente relatório.

À minha mãe, ao meu pai e aos meus irmãos, pelo constante encorajamento para enfrentar e encerrar mais uma etapa significativa na minha vida.

À minha avó, por ser um exemplo de força e o pilar familiar.

À minha esposa Catarina e à minha filha Inês, pelo apoio, e principalmente pela paciência, que tiveram neste período demorado de entrega.

A todos vocês, a toda a minha família e a todos os amigos que me rodearam e ajudaram a superar esta etapa, um grande obrigado por ajudarem a tudo isto ser possível.

Resumo

Atualmente, a gestão dos recursos energéticos assume uma importância primordial, quer na vertente económica, quer na vertente ecológica. Diariamente, são estudadas e debatidas ideias e estratégias para melhorar a eficiência energética, que visam alcançar o melhor desempenho possível, com menores custos e menos impacto para o meio ambiente. Dada a pertinência do tema acima referido, a presente dissertação tem como tema o Estudo técnico-económico de um Sistema de iluminação eficiente para autoestradas, com o enfoque em um caso prático: nó de Lafões. Tem como objetivo determinar as melhores estratégias para potenciar a eficiência energética, mantendo o conforto e a segurança dos utilizadores. No sentido de alcançar o referido objetivo, é imperativo o desenvolvimento de estudos, de modo a determinar os recursos económicos e humanos necessários envolvidos nas duas possíveis abordagens: VSAP ou tecnologia LED. Posteriormente, a análise dos referidos estudos permitirá determinar qual a solução mais económica para um período de 20 anos.

Paralelamente, é imprescindível a realização do estudo luminotécnico, de forma validar a norma europeia EN13201, determinar a quantidade de luminárias necessárias bem com a distância entre as mesmas e a altura a que deverão ser instaladas.

Um estudo económico é, igualmente, necessário de forma a concluir a solução mais adequada e rentável para o caso de estudo.

Palavras-Chave

Eficiência Energética, Iluminação Pública, EN13201, Estudo Luminotécnico, VSAP, LED.

Abstract

Nowadays energy resources management has primal importance both economically and environmentally.

Every day strategic studies and researches are led in order to improve energy efficiency aiming to achieve the best possible performances with less costs and minor environmental impact. Due to the importance of the subject at matter, the present thesis concerns a technical-economical study regarding the efficiency of the present public lighting system in portugese motorways, focusing on a practical case: Lafões junction. This study aims to analyze and determine the best strategies to increase energy efficiency maintaining users comfort and safety. To achieve this goal it is imperative to develop studies as means to define the economic and human resources involved in two possible approaches: sodium vapor lamp or led technology. Afterwards the analysis of the referred studies will allow to conclude which is the most economic solution for a 20 (twenty) year period.

Simultaneously a lighting study is mandatory as a way to validate the european EN13201, to determine the needed amount of luminaires, as well as the adequate distance between them and correct height to install them.

An economic study will also be necessary in order to conclude which solution will fit best and is more profitable, in this specific case.

Keywords

Energy efficiency; public lighting; EN13201; lighting study; sodium vapor lamp; led.

Índice

AGRADECIMENTOS	V
RESUMO	VII
ABSTRACT	IX
ÍNDICE	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XV
ÍNDICE DE TABELAS	XVIII
LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS	XXII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1.MOTIVAÇÕES	2
1.2.OBJETIVOS	4
1.3.ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO	4
2. ILUMINAÇÃO PÚBLICA	7
2.1.CONCEITOS LUMINOTÉCNICOS.....	8
2.1.1 Caracterização da luz	8
2.1.2 Fluxo Luminoso.....	9
2.1.3 Intensidade Luminosa	10
2.1.4 Luminância	11
2.1.5 Iluminância	12
2.2.TIPOLOGIA DE LÂMPADAS USADAS NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA	16
2.2.1 Características das lâmpadas.....	16
2.2.1.1 Rendimento Luminoso.....	17
2.2.1.2 Temperatura de Cor	17
2.2.1.3 Índice de Restituição de Cor	18
2.2.1.4 Duração média de vida.....	19
2.2.2 Tipos de Lâmpadas	20
2.2.3 Lâmpadas de Descarga	20
2.2.3.1 Lâmpadas de vapor de mercúrio	21
2.2.3.2 Lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão.....	23
2.2.3.3 Lâmpadas de iodetos metálicos.....	25
2.2.3.4 Lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão	26
2.2.3.5 Lâmpadas Mistas	28
2.2.4 Lâmpadas de Indução	29
2.2.5 Lâmpadas LED	30
2.2.6 Tecnologias do futuro	35

2.2.6.1	Lâmpada de Plasma	35
2.2.6.2	Organic Light Emitting Diode.....	37
2.2.6.3	Cavity Organic Light-emitting Diode	37
2.3.	SISTEMAS DE CONTROLO E GESTÃO DE ENERGIA	38
2.3.1	Introdução	38
2.3.2	Sensores / Células Fotoelétricas	39
2.3.3	Relógio Astronómico	40
2.3.4	Reguladores de Fluxo a Instalar à Cabeceira do Sistema de IP	41
2.3.4.1.	Exemplos de Reguladores de Fluxo.....	45
2.3.5	Sistemas de Telegestão	48
2.3.5.1	Sistema de comunicação MASTER.....	49
2.4.	ILUMINAÇÃO PÚBLICA	50
2.4.1	Critérios a considerar em projetos de Iluminação Publica	53
2.4.1.1	- Otimização.....	54
2.4.1.2	- Encandeamento Incomodativo.....	55
2.4.1.3	- Encandeamento Perturbador	55
2.4.3	Rácio Envolvente	57
3.	ILUMINAÇÃO PÚBLICA: DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA	59
3.1.1	- EN 13201-1 – Escolha das classes de iluminação	60
3.1.2	- EN 13201-2 – Parâmetros fotométricos recomendados.....	72
3.1.3	- EN 13201-3 – Cálculo dos parâmetros fotométricos.....	74
3.1.4	- EN 13201-4 – Métodos de medição das performances fotométricas.....	74
3.2.1	- Iluminação Pública Funcional.....	75
3.2.2	- Zona Fora do Perímetro Urbano.....	75
3.2.2.1	- Classes ME.....	75
3.2.2.2	- Determinação da Classe ME.....	76
3.2.3	- Zonas de conflito	78
3.2.4	- Zonas Pedonais e Áreas com Baixa Velocidade de Tráfego.....	79
3.2.4-1	- Classes P	80
3.2.4-2	- Determinação da Classe P.....	80
3.2.4-3	- Classes G	82
4.	CASO DE ESTUDO	85
4.1.	INTRODUÇÃO	86
4.2.	NORMALIZAÇÃO APLICÁVEL	86
4.3.	CENÁRIO DE CÁLCULO	87
4.4.	MALHAS TIPO.....	88
4.5.	GRANDEZAS DE AVALIAÇÃO.....	91
4.6.	SOFTWARE DE CÁLCULO	91
4.7.	ESTUDO LUMINOTÉCNICO	92
4.8.	ESTUDO ECONOMICO.....	93
4.9.1	– Custo Solução LED	99
4.9.1.1	– Custo dos equipamentos Solução LED.....	99

4.9.1.2 – Custo da instalação elétrica da Solução LED	100
4.9.1.3 – Custo da energia consumida anualmente solução LED	100
4.9.1.4 – Estudo económica solução LED	103
4.9.2 – Custo solução vapor de sódio alta pressão.....	103
4.9.2.1 – Custo dos equipamentos solução vapor de sódio alta pressão	104
4.9.2.2 – Custo da instalação elétrica da solução vapor de sódio alta pressão	104
4.9.2.3 – Energia consumida anualmente solução vapor de sódio alta pressão	105
4.9.2.5 – Custo da manutenção solução vapor de sódio alta pressão	106
4.9.2.6 – Estudo económica solução vapor de sódio alta pressão	107
5. CONCLUSÕES.....	109
REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS	112
ANEXO A. LUMINÁRIAS LED	117
ANEXO B. LUMINÁRIAS VSAP	131
ANEXO C. LÂMPADAS DAS LUMINÁRIAS DE VSAP	138
ANEXO D. ESTUDO LUMINOTÉCNICO	145

Índice de figuras

Figura 1 - Diagrama típico de custos, após 25 anos de vida útil, de uma rede de IP.	2
Figura 2- Tipologias aprovadas pelo PPEC (medidas intangíveis e tangíveis) [2].	3
Figura 3 - Detalhe das medidas tangíveis aprovadas [2].	3
Figura 4 - Ondas Eletromagnéticas [4]	8
Figura 5 – Espectro de ondas eletromagnéticas [5]	9
Figura 6 – Fluxo Luminoso	9
Figura 7 – Ângulo Solido [6]	10
Figura 8 – Intensidade Luminosa [9]	11
Figura 9 – Esquema representativo da luminância [10]	12
Figura 10 - Iluminância sobre uma superfície [12]	13
Figura 11 - Ângulos usados no cálculo da iluminância [12]	15
Figura 12 - Ângulos usados no cálculo da iluminância vertical [12]	16
Figura 13 - Classificação do Índice de Restituição de Cor [16]	18
Figura 14 - Variação da Reprodução de Cor [15]	19
Figura 15 - Lâmpada de descarga [18]	21
Figura 16 – Lâmpada vapor de mercúrio [17]	22
Figura 17 - Espectro de emissão luminoso de lâmpadas de vapor de Mercúrio [13]	22
Figura 18 – Diagrama de fluxo de energia de uma lâmpada vapor de mercúrio [17]	22
Figura 19 - Lâmpada de Vapor de Sódio de Alta Pressão [19]	23

Figura 20 - Distribuição do espectro de potência típica de uma lâmpada de vapor de sódio alta Pressão [21]	24
Figura 21 - Lâmpada de iodetos metálicos [22]	25
Figura 22 - Espectro luminoso das lâmpadas de Iodetos Metálicos [13]	25
Figura 23 - Detalhes de uma lâmpada de vapor de Sódio de baixa pressão [12]	27
Figura 24 - Espectro da lâmpada de Vapor de Sódio de baixa [12]	27
Figura 25 - Lâmpada mista	28
Figura 26 - Lâmpada fluorescente de indução [23]	29
Figura 27 - Espectro luminoso da lâmpada de indução [13]	30
Figura 28 - Um díodo LED [26]	30
Figura 29 - Luminária LED de uso em iluminação pública [29]	32
Figura 30 - Via pública iluminada por tecnologia LED [29]	32
Figura 31 - Distribuição do espectro de potência típica de uma lâmpada <i>White LED</i> [21]	35
Figura 32 - Lâmpada de Plasma [32]	35
Figura 33 – Tecnologia Organic Light Emitting Diode [32]	37
Figura 34 – Tecnologia Cavity Organic Light-emitting Diode [33]	38
Figura 35 – Tipos de controlo do sistema de iluminação pública	38
Figura 36 – Formas de utilização das células fotoelétricas.	39
Figura 37 – Exemplo de Relógio Astronómico	41
Figura 38 – Vantagens dos reguladores de fluxo.	44
Figura 39 – Sistema Compacto	46

Figura 40 – Sistema Servitec	47
Figura 41 – Exemplo do horário de funcionamento de um Regulador de Fluxo	47
Figura 42 – Sistema de comunicações – MASTER	50
Figura 43 - Classificação energética das instalações de iluminação pública [24]	51
Figura 44 - Cálculo da área para o índice de eficiência energética [24]	53
Figura 45 - Disposição das variáveis, utilizadas no cálculo do encadeamento perturbador, num espaço 2D.	56
Figura 46 - Função do encadeamento perturbador para um sistema de iluminação fictício, considerando três níveis diferentes de luminância [37].	56
Figura 47 - Parâmetros utilizados no cálculo do Rácio Envolvente [35]	57
Figura 48 - Máxima largura das faixas	58
Figura 49 - Situação em que o cálculo é feito para metade da largura da estrada [33]	58
Figura 50 - Situação em que existe uma obstrução numa das extremidades da via	58
Figura 51 - Fator de manutenção de uma instalação [37]	69
Figura 52 - Fator de manutenção da luminosidade da lâmpada	70
Figura 53 - Fator de sobrevivência da lâmpada	70
Figura 54 - Fator de manutenção da luminária	71
Figura 55 – Nó de Lodões	86

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Espectro eletromagnético [4]	9
Tabela 2 – Iluminação Pública – Temperatura de Cor [15]	18
Tabela 3 - Exemplos de índices de restituição de cor [16].	19
Tabela 4 - Características das lâmpadas vapor mercúrio	23
Tabela 5 - Características da lâmpada vapor de sódio alta pressão	24
Tabela 6 - Características da lâmpada de iodetos metálicos	26
Tabela 7 - Características da lâmpada vapor do sódio de baixa pressão	27
Tabela 8 - Características da lâmpada mista	28
Tabela 9 - Características da lâmpada de indução	30
Tabela 10 - Características da lâmpada LED [21]	34
Tabela 11 - Poupança energética conseguida com a regulação de fluxo por tipo de lâmpada.	43
Tabela 12 - Índice de eficiência energética das instalações de iluminação pública [25]	53
Tabela 13 - Nível de luminância média [cd/m^2] para vias interurbanas	63
Tabela 14 - Nível de luminância média [cd/m^2] para vias urbanas [7]	64
Tabela 15 - Nível de iluminância média (lux) para vias urbanas [7]	65
Tabela 16 - Nível de iluminância média (lux) para vias urbanas	66
Tabela 17 – Nível de iluminância média (lux) para vias rurais	67
Tabela 18 - Tabela-resumo	68
Tabela 19 - Fator de manutenção de uma instalação para lâmpadas de sódio de alta pressão tubulares e lâmpadas de iodetos metálicos	70

Tabela 20 – Fator de manutenção da luminária	71
Tabela 21 – Grau de poluição a ter em consideração na escolha de uma luminária	72
Tabela 22 - Fator de manutenção da luminosidade da lâmpada	72
Tabela 23 - Categorias de iluminação da Classe ME: Vias para veículos motorizados onde o cálculo de luminância é aplicável. Tabela válida para condições atmosféricas secas	75
Tabela 24 – Seleção das classes de iluminação ME.	77
Tabela 25 - Atribuição da classe da área do conflito mediante a classe da estrada adjacente	79
Tabela 26 - Determinação das iluminâncias médias e mínimas para as várias classes P	80
Tabela 27 - Determinação das classes de iluminação P	80
Tabela 28 - Intensidades luminosas máximas tendo em conta a temperatura e a classe da via	82
Tabela 29 – Classe de Iluminação	87
Tabela 30 – Resumo dos equipamentos estudados nas 2 soluções	92
Tabela 31 – Tarifários Baixa Tensão Normal	96
Tabela 32 – Ciclo tri-horário para Baixa Tensão Normal	97
Tabela 33 – Distribuição horaria diária da Iluminação Publica	98
Tabela 34 – Distribuição horaria anual da Iluminação Publica	98
Tabela 35 – Custo dos equipamentos solução LED	99
Tabela 36 – Custo de instalação dos equipamentos solução LED	100
Tabela 37 – Custo anual de energia das luminárias Philips BGP620 LED 160-4S/740	101

Tabela 38 – Custo anual de energia das luminárias Philips BGP627 LED 240-4S/740101	
Tabela 39 – Custo anual de energia das luminárias Philips BGP620 LED 300-4S/740102	
Tabela 40 – Custo total anual de energia consumida solução LED	102
Tabela 41 – Estudo económico para a solução LED	103
Tabela 42 – Custo dos equipamentos solução vapor de sódio alta pressão	104
Tabela 43 – Custo de instalação dos equipamentos solução vapor de sódio alta pressão	104
Tabela 44 – Custo anual de energia das luminárias Philips SGP340 FG 1xSON-TPP150W	
TP	105
Tabela 45 – Custo anual de energia das luminárias Philips SGP340 FG 1xSON-TPP250W	
TP	106
Tabela 46 – Custo total anual de energia consumida solução vapor de sódio alta pressão	106
Tabela 47 – Dados da análise económica da solução vapor de sódio alta pressão	107
Tabela 48 – Estudo económico para a solução vapor de sódio alta pressão	108

Lista de siglas e acrónimos

AT	-	Alta Tensão
BTN	-	Baixa Tensão Normal
CEN	-	Comité Europeu de Normalização
CIE	-	<i>International Commission on Illumination</i>
CO ₂	-	Dióxido de Carbono
COLED	-	<i>Cavity Organic Light Emitting Diode</i>
DIN	-	<i>German Institute for Standardization</i>
ENEC	-	<i>European Norms Electrical Certification</i>
ERSE	-	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
FM	-	Factor Manutenção Global
FML	-	Factor Manutenção da Luminaria
FMLL	-	Factor Manutenção de Luminosidade da Lâmpada
FSL	-	Factor de Sobrevivência da Lâmpada
HPM	-	Mercúrio de Alta Pressão
HPS	-	Vapor de Sódio de Alta Pressão
IP	-	Iluminação Pública
IP2	-	Itinerário Principal nº 2
IPQ	-	Instituto Português da Qualidade
IRC	-	Índice de Restituição de Cor
ISEP	-	Instituto Superior de Engenharia do Porto

LED	-	<i>Light Emitting Diode</i>
LEP	-	Lâmpada de Plasma
MAT	-	Muito Alta Tensão
OLED	-	<i>Organic Light Emitting Diode</i>
PDIP	-	Plano Diretor de Iluminação Pública
PNAE	-	Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética
PPEC	-	Promoção da Eficiência no Consumo de Energia Elétrica
QREN	-	Quadro de Referência Estratégica Nacional
SR	-	Rácio Envolvente
TI	-	Encadeamento Perturbador
VAL	-	Valor Atualizado Líquido
VSAP	-	Vapor de Sódio Alta Pressão
UV	-	Ultra-Violeta

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo é efetuada uma exposição geral do projeto realizado no âmbito da unidade curricular Tese/Dissertação do 2º ano do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica, área de especialização em Sistemas Elétricos de Energia.

1.1. MOTIVAÇÕES

A iluminação é responsável por cerca de 20% do consumo de toda a eletricidade produzida mundialmente, quer a nível de edifícios do sector dos serviços e das habitações, quer ao nível do IP, estradas, ruas e espaços públicos. Existem cerca de 3 milhões de pontos de luz de Iluminação Pública em Portugal continental, com um consumo global a rondar os 1,3 TWh em 2015, ou seja correspondente a 3% da energia saída da rede de distribuição [39]. Durante a sua vida útil os custos de um sistema de iluminação podem ser divididos em custos de investimento inicial e custos operacionais (manutenção e energia consumida). Ao analisar a Figura 1, constata-se que após 25 anos de vida útil de um sistema de IP tradicional, é estimado que 15% do custo é feito no investimento dos equipamentos, 40% no consumo de energia e 45% na manutenção. Para reduzir estes valores são necessários sistemas que possibilitem reduzir o consumo de energia elétrica (sistemas mais eficientes) garantindo a mesma segurança e conforto e também ir ao encontro de sistemas inteligentes, com menores custos de manutenção e operação das redes de IP [1].

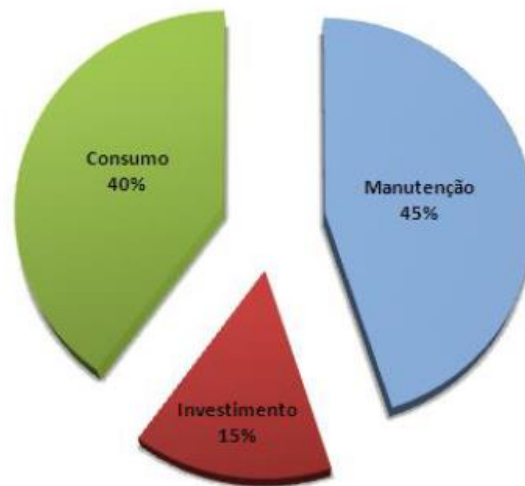
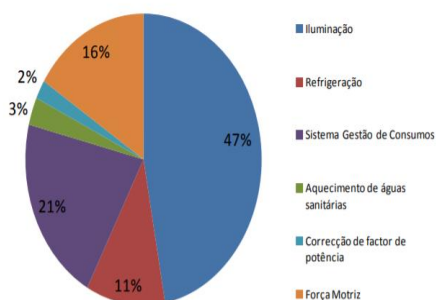


Figura 1 - Diagrama típico de custos, após 25 anos de vida útil, de uma rede de IP.

O incentivo da Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE) no âmbito do Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia Elétrica (PPEC 2013/2014), pela quinta edição consecutiva, tinha como objetivo prioritário, apoiar financeiramente

iniciativas que promovam a eficiência e redução do consumo de eletricidade nos diferentes segmentos de consumidores. A Figura 2 expõe as medidas aprovadas nas várias tipologias do incentivo. As intangíveis são, na sua maioria, de divulgação nas escolas (32%), seguidas de auditorias (23%) e de formação (19%). As tangíveis são, na sua maioria de apoio à melhoria da iluminação (47%), seguidas da gestão de consumos (21%) e de força motriz (16%).

Tipologia das medidas tangíveis aprovadas



Tipologia das medidas intangíveis aprovadas

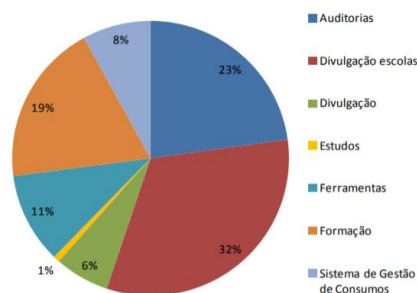


Figura 2- Tipologias aprovadas pelo PPEC (medidas intangíveis e tangíveis) [2].

A Figura 3 ilustra com maior detalhe a tipologia das medidas tangíveis aprovadas. As medidas de iluminação são maioritariamente destinadas à iluminação pública (25%) e iluminação LED residencial (9%).

Tipologia das medidas tangíveis aprovadas (mais detalhada)

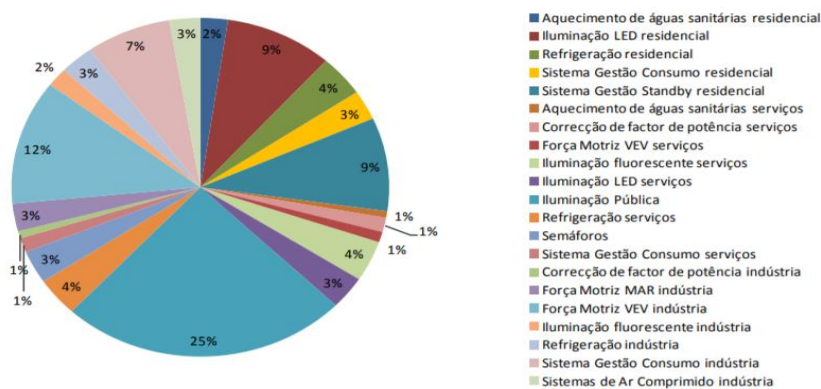


Figura 3 - Detalhe das medidas tangíveis aprovadas [2].

Os benefícios que se esperavam alcançar com a implementação das medidas tangíveis aprovadas (cerca de 152 milhões de Euros) são muito superiores ao financiamento do PPEC (17 milhões de Euros). Os efeitos benéficos dessas medidas representam até 2034, cerca de

1785 GWh de consumo evitado acumulado. Se forem consideradas também as medidas intangíveis estes benefícios ascendem aos 185 milhões de Euros. Os promotores e consumidores de energia elétrica assumem um papel muito relevante no PPEC, desde a fase de consulta pública até à apresentação de candidaturas e posterior implementação. A qualidade das medidas apresentadas no processo de seleção, conduziu a que o concurso tivesse um forte carácter competitivo, sendo seleccionadas as medidas de melhor ordem de mérito classificadas de acordo com, a perspectiva da regulação económica e a métrica de avaliação estabelecida nas Regras do Plano de Promoção da Eficiência no Consumo (Diretiva n.º 5/2013, de 22 de março).

1.2. OBJETIVOS

Esta dissertação tem como finalidade estudar o sistema de iluminação mais eficiente no nó de Lodões. Tem como objetivo determinar as melhores estratégias para potenciar a eficiência energética, mantendo o conforto e a segurança dos utilizadores. Neste pressuposto, é necessário realizar um estudo, que permita ter conhecimento dos investimentos envolvidos. De uma forma mais detalhada, os objetivos desta dissertação são os seguintes:

- Caracterizar o nó de Lodões;
- Analisar dois sistemas de iluminação a instalar para o nó;
- Determinar a classe de iluminação do nó de Lodões, segundo a norma europeia EN13201;
- Realizar estudo luminotécnico para as duas soluções;
- Efetuar análise económica e determinar a solução mais eficiente no período de 20 anos.

1.3. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

A iluminação pública (IP) está diretamente ligada à segurança na via pública. Tem como objetivo a orientação do trajeto a percorrer, a prevenção de criminalidade e a iluminação de monumentos permitindo o seu embelezamento e destaque noturno.

O projeto “SISTEMA DE ILUMINAÇÃO EFICIENTE PARA AUTOESTRADAS: ESTUDO TÉCNICO-ECONÓMICO” foi o escolhido para o desenvolvimento da dissertação do âmbito do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica - Sistemas Elétricos de Energia. Esta dissertação tem por principal objetivo a comparação de 2 soluções de

iluminação a Light Emitting Diode (LED) e a Vapor de Sódio de Alta Pressão (VSAP), bem como o estudo luminotécnico e de viabilidade económica de cada um dos sistemas. Este será aplicado num nó de uma autoestrada. A dissertação apresenta informação relativa às normas para projeto de uma rede de IP e aos valores exigidos para os vários parâmetros luminotécnicos, passando pela caracterização técnica e económica dos componentes de um conjunto funcional (lâmpadas e luminárias) com o objetivo de tornar a IP mais eficiente, tendo em vista as preocupações atuais de proteção e utilização eficiente de energia numa perspetiva técnico/económica. Esta é composta por 5 capítulos. Neste primeiro capítulo é realizado um enquadramento de todo o trabalho, dos objetivos e motivações. No capítulo 2, são apresentados conceitos básicos de luminotecnia, as tecnologias existentes que integram os sistemas de IP, comparando os diferentes elementos constituintes de um conjunto funcional, nomeadamente, lâmpadas e luminárias, para uma melhor compreensão das questões abordadas ao longo da dissertação. No capítulo 3, é analisada a norma EN de forma a ser definida a classe da via tal como os requisitos da mesma. O capítulo 4 é dedicado ao dimensionamento e estudos luminotécnico de um sistema do IP, bem como a análise económica para as 2 soluções em estudo. Por fim, no capítulo 5 é exposta a conclusão do trabalho efetuado.

2. ILUMINAÇÃO PÚBLICA

2.1. CONCEITOS LUMINOTÉCNICOS

Para dar suporte à análise e ao projeto de luminotecnica, descrevem-se neste primeiro capítulo alguns dos principais conceitos e características associadas a esta área de estudo.

2.1.1 Caracterização da luz

No campo da radiação eletromagnética [3], representada na Figura 4 pelos vetores do campo elétrico (E) e magnético (B), a luz situa-se numa zona do espectro que é visível ao olho humano. Por outro lado, atendendo ao princípio da dualidade onda-partícula, para além de poder ser descrita por uma equação de onda, o quanta da emissão de luz é o fóton. Esta é a partícula elementar das radiações eletromagnéticas que apesar de representar um quanta de energia, não tem massa. Esta partícula viaja à máxima velocidade cujo valor $C = 300 \times 10^6$ m/s, em espaço vazio.

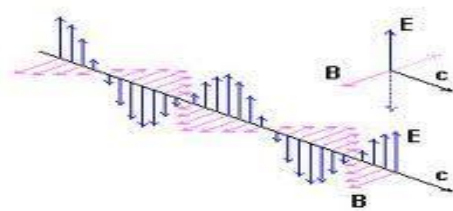


Figura 4 - Ondas Eletromagnéticas [4]

Esta velocidade também representa a velocidade propagação do campo eletromagnético e permite relacionar o comprimento de onda λ (em metros) e a frequência f (em Hertz) da onda através da Equação 1:

$$\lambda = \frac{C}{f} [m] \quad (1)$$

A distribuição espectral de comprimentos de onda está representada na Figura 5 e detalhada na Tabela 1

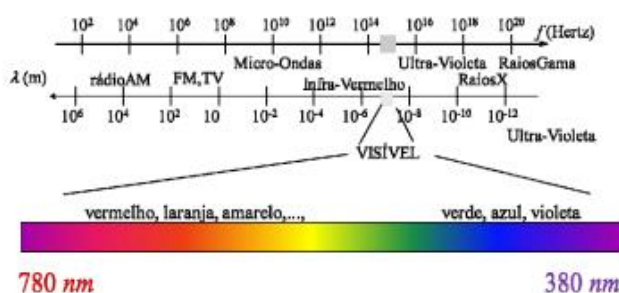


Figura 5 – Espectro de ondas eletromagnéticas [5]

Tabela 1 - Espectro eletromagnético [4]

Espectro eletromagnético		
Faixa	Frequências	Comprimentos de onda
Áudio	10 a 20kHz	15000000 a 15000 m
RF	10MHz a 300000MHz	30000 m a 0,1 cm
Infravermelho	10^6 a $3,9 \times 10^8$ MHz	0,03 a $7,6 \times 10^{-5}$ cm
Espectro visível	$3,9 \times 10^8$ a $7,9 \times 10^8$ MHz	$7,6 \times 10^{-5}$ a $3,8 \times 10^{-5}$ cm
Ultravioleta	$7,9 \times 10^8$ a $2,3 \times 10^{10}$ MHz	$3,8 \times 10^{-5}$ a $1,3 \times 10^{-6}$ cm
Raios X	$2,3 \times 10^{10}$ a $3,0 \times 10^{13}$ MHz	$1,5 \times 10^{-5}$ a $1,0 \times 10^{-9}$ cm
Raios Gama	$2,3 \times 10^{12}$ a $3,0 \times 10^{14}$ MHz	$1,3 \times 10^{-8}$ a $1,0 \times 10^{-10}$ cm
Raios Cósmicos	$>4,8 \times 10^{14}$ MHz	$<6,25 \times 10^{11}$ cm

2.1.2 Fluxo Luminoso

Em todos os sistemas luminosos obtém-se energia luminosa por transformação de outro tipo de energia. Se chamarmos fluxo radiante à energia radiante emitida por uma lâmpada por unidade de tempo, a parte desse fluxo que produz sensação luminosa ao olho humano é o fluxo luminoso (F ou ϕ). A unidade de fluxo luminoso é o lúmen (lm). A figura 6 mostra a forma como uma lâmpada emite fluxo luminoso, neste exemplo particular praticamente omnidirecional. [7]



Figura 6 – Fluxo Luminoso

O valor do fluxo luminoso permite saber a quantidade de luz emitida pela fonte num intervalo de tempo. Esse valor é expressado pela fórmula 2:

$$Q = F \times t \quad (2)$$

Em que:

- Q é a quantidade de luz (lm.s);
- F é o fluxo luminoso (lm);
- t é o intervalo de tempo (s).

2.1.3 Intensidade Luminosa

Para compreender esta grandeza é necessário conhecer o conceito de ângulo sólido. Ângulo sólido pode ser definido como aquele que, visto do centro de uma esfera, percorre uma dada área sobre a superfície dessa esfera, como se pode ver na figura 7 [7].

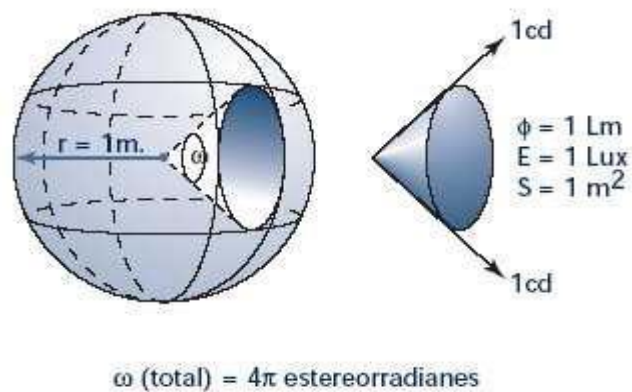


Figura 7 – Ângulo Solido [6]

Assim, o ângulo sólido será dado pela equação 3:

$$w = \frac{S}{r^2} \quad (3)$$

Em que:

- w é o ângulo sólido (sr);

- S é a área de superfície esférica (m²);
- r é o raio da esfera (m)

Intensidade luminosa pode, então, ser definida como fluxo luminoso compreendido na unidade de ângulo sólido no qual é emitido, pressupondo-se que a fonte luminosa é pontual. A unidade de intensidade luminosa é o candela (cd). A figura 8 mostra o conceito de fluxo luminoso [7].

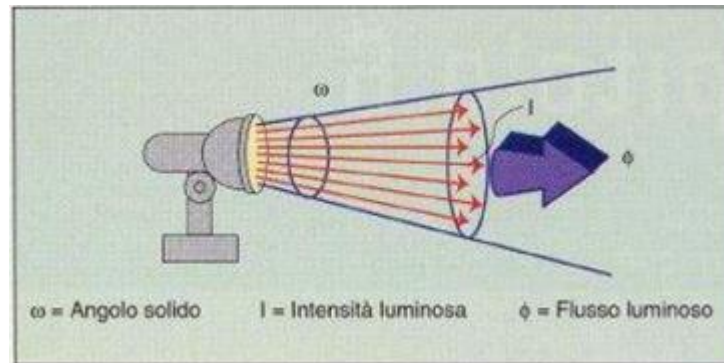


Figura 8 – Intensidade Luminosa [9]

A Intensidade luminosa será dada pela equação 4:

$$I = \frac{\phi}{\omega} \quad (4)$$

Em que:

- I é a intensidade luminosa (cd)
- w é o ângulo sólido (sr);
- φ é o fluxo luminoso (lm)

2.1.4 Luminância

A luminância (L) de uma superfície é uma medida da intensidade da luz (I) proveniente dessa superfície por unidade de área (A) numa direção específica (θ), como mostra a Figura 9. Esta intensidade de luz pode, consoante a situação específica que estamos a estudar, ser dominada pela componente de luz refletida ou difundida pela superfície, mas também, pela que é emitida pela própria superfície se estivermos a tratar de corpos a elevadas temperaturas. Naturalmente, no contexto deste trabalho, há apenas interesse na primeira situação. Esta grandeza pode escrever-se através da Equação (5), e tem como unidade a candela por metro quadrado (cd/m²) [10]. Para uma forma mais fácil de compreensão a

luminância (L) mede a luz (brilho – *brightness* na literatura anglo-saxónica) proveniente da superfície como é percebida pelo olho humano, porque a visibilidade de todos os objetos e superfícies presentes no campo de visão do olho humano é devido à sua luminosidade. Em níveis baixos de iluminação utilizados para a iluminação de autoestrada, o desempenho da tarefa de condução melhora com a luminância em termos de aumento da sensibilidade ao contraste, aumento da acuidade visual e melhoria de brilho [11].

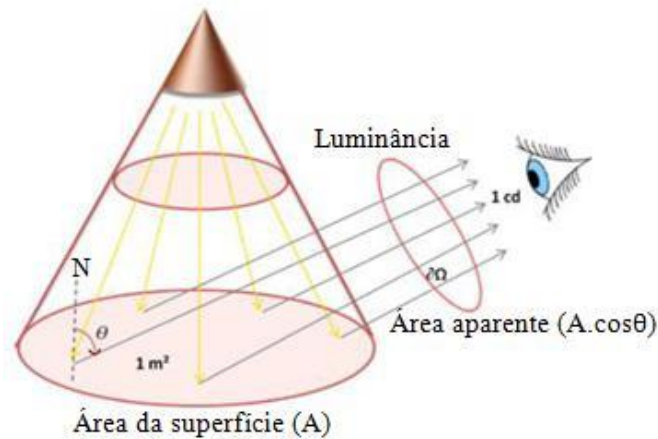


Figura 9 – Esquema representativo da luminância [10]

$$L = \frac{I}{A \times \cos \theta} \quad (5)$$

2.1.5 Iluminância

A iluminância tem como unidade o Lux (lx) e segundo a norma EN 12665 é o quociente entre o fluxo luminoso ($d\Phi$) (em Lúmen) incidente num elemento da superfície e a área (dA) desse elemento. Ou seja, é a quantidade de fluxo luminoso recebido pela unidade de área iluminada (Figura 10). Matematicamente a expressão (6) serve para determinar a iluminância [10]:

$$E = \frac{d\Phi}{dA} = \int_{2\pi sr} L \cdot \cos(\theta) \cdot d\Omega \quad (6)$$

Em que:

E – Iluminância, em lx;

L – Luminância num dado ponto nas várias direções dos raios elementares incidentes do ângulo sólido;

$d\Omega$ - Ângulo sólido;

Θ – Ângulo entre qualquer um dos raios incidentes e a normal à superfície num dado ponto.

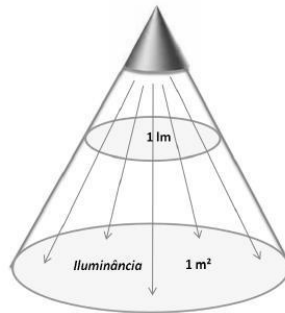


Figura 10 - Iluminância sobre uma superfície [12]

Existem quatro medidas de iluminância possíveis:

- Horizontal;
- Vertical;
- Semicilíndrica;
- Hemisférica.

➤ Iluminância Horizontal

Os pontos de cálculo devem estar localizados num plano ao nível do chão na área de interesse. Para cada ponto, a iluminância horizontal é calculada pela seguinte fórmula (7):

$$E = \frac{I \times \cos^3(\varepsilon) \times \Phi \times MF}{H^2} \quad (7)$$

Em que:

E – Iluminância horizontal num ponto, em lux.

I – Intensidade luminosa na direção do ponto, em candelas (cd), normalizada por quilo lúmen (klm).

ε - Ângulo de incidência da luz no ponto, em graus.

H – Altura a que se encontra a luminária, em metros.

Φ - Fluxo luminoso inicial da(s) lâmpada(s) da luminária, em klm.

MF – Produto do fator de manutenção da luminosidade da lâmpada (FMLL) com o fator de manutenção da luminária (FML).

➤ Iluminância Hemisférica

Os pontos de cálculo são novamente localizados num plano ao nível do chão, na área de interesse. Para o cálculo da iluminância hemisférica num determinado ponto, recorre-se à seguinte equação (8):

$$E = \frac{I \times (\cos^3(\varepsilon) \times \cos^2(\varepsilon) \times \Phi \times MF}{4 \times H^2} \quad (8)$$

E – Iluminância horizontal num ponto, em lux.

I – Intensidade luminosa na direção do ponto, em candelas (cd), normalizada por quilo lúmen (klm).

ε - Ângulo de incidência da luz no ponto, em graus.

H – Altura a que se encontra a luminária, em metros.

Φ - Fluxo luminoso inicial da(s) lâmpada(s) da luminária, em klm.

MF – Produto do fator de manutenção da luminosidade da lâmpada (FMLL) com o fator de manutenção da luminária (FML).

➤ Iluminância Semicilíndrica

Os pontos de cálculo devem estar localizados num plano a 1,5 metros acima da superfície da área de interesse. Para cada ponto, a iluminância semicilíndrica é calculada pela seguinte equação (9):

$$E = \frac{I \times [1 + \cos \alpha] \times \cos^2(\varepsilon) \times \sin(\varepsilon) \times \Phi \times MF}{\pi \times (1,5 - H)^2} \quad (9)$$

E – Iluminância semicilíndrica num ponto, em lux.

I – Intensidade luminosa na direção do ponto, em candelas (cd), normalizada por quilo lúmen (klm).

α - Ângulo entre o plano vertical que contém o caminho do raio incidente, com o plano vertical em ângulos retos à superfície rebatida do semicilindro (Figura 11).

ε - Ângulo de incidência da luz no ponto, em graus.

H – Altura a que se encontra a luminária, em metros.

ϕ - Fluxo luminoso inicial da(s) lâmpada(s) da luminária, em klm.

MF – Produto do fator de manutenção da luminosidade da lâmpada (FMLL) com o fator de manutenção da luminária (FML).

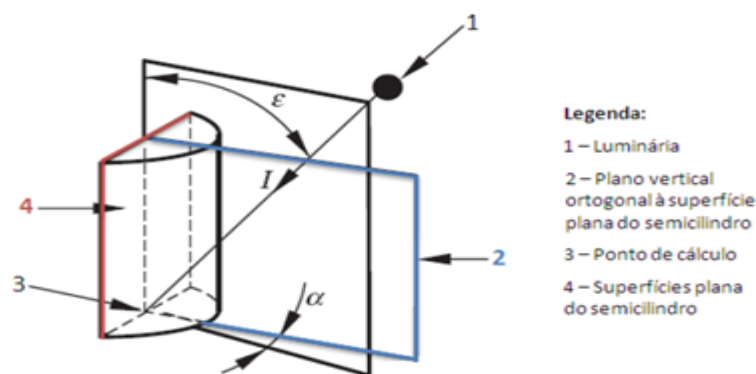


Figura 11 - Ângulos usados no cálculo da iluminância [12]

➤ Iluminância Vertical

Os pontos de cálculo devem igualmente estar localizados num plano a 1,5 metros acima da superfície da área de interesse. Para cada ponto, a iluminância vertical é calculada pela seguinte equação (10):

$$E = \frac{I \times \cos \alpha \times \cos^2(\varepsilon) \times \sin(\varepsilon) \times \Phi \times MF}{(1,5 - H)^2} \quad (10)$$

Nota: Esta fórmula é apenas válida para $\varepsilon \leq 90^\circ$ e $\alpha \leq 90^\circ$.

Legenda:

E – Iluminância semicilíndrica num ponto, em lux.

I – Intensidade luminosa na direção do ponto, em candelas (cd), normalizada por quilo lúmen (klm).

α - Ângulo entre o plano vertical que contém o caminho do raio de luz incidente, com o plano vertical em ângulos retos ao plano vertical de cálculo (Figura 12).

ε - Ângulo de incidência da luz no ponto, em graus.

H – Altura a que se encontra a luminária, em metros.

ϕ - Fluxo luminoso inicial da(s) lâmpada(s) da luminária, em klm.

MF – Produto do fator de manutenção da luminosidade da lâmpada (FMLL) com o fator de manutenção da luminária (FML).

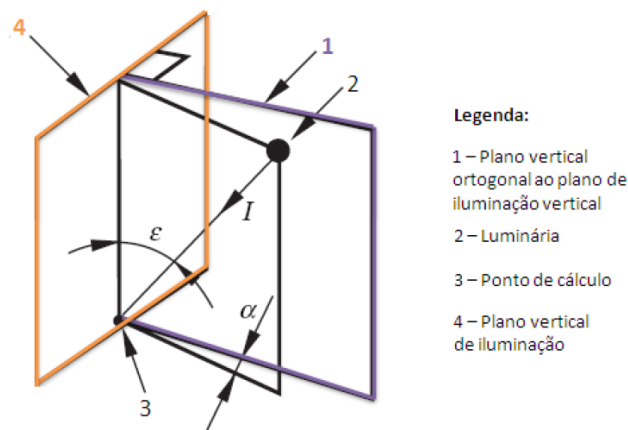


Figura 12 - Ângulos usados no cálculo da iluminância vertical [12]

2.2. TIPOLOGIA DE LÂMPADAS USADAS NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

2.2.1 Características das lâmpadas

A lâmpada é o componente cuja funcionalidade é a produção de radiação eletromagnética no espectro visível. São vários os tipos de lâmpadas que podem ser utilizadas como fontes luminosas num sistema IP. Estas distinguem-se mediante as suas características técnicas e económicas e os seus parâmetros de desempenho, nomeadamente:

- Rendimento luminoso;
- Temperatura de cor;
- Índice de restituição de cor;
- Luminância;

- Duração de vida média.

2.2.1.1 Rendimento Luminoso

Rendimento luminoso ou eficiência luminosa é o quociente entre o fluxo luminoso absorvido pela lâmpada e a potência elétrica absorvida pela lâmpada. A unidade de medida é o lúmen por Watt (lm/W). Uma lâmpada proporciona uma maior eficiência luminosa quando a energia consumida para gerar um determinado fluxo luminoso é menor do que da outra [12].

2.2.1.2 Temperatura de Cor




Em termos visuais nem sempre é fácil diferenciar a tonalidade de cor das diversas lâmpadas. Para superar essa dificuldade, foi criado o conceito de Temperatura de Cor (unidade de medida: Kelvin) para classificar a luz. É importante referir que a cor da luz não interfere na eficiência energética da lâmpada e também não é válida a impressão de que quanto mais clara, mais potente é a lâmpada. Quando um sistema de iluminação apresenta uma luz “quente” não significa que a luz apresenta maior temperatura de cor, mas sim que a luz apresenta uma tonalidade mais amarelada. Este tipo de iluminação é utilizada em salas de estar, quartos ou locais onde se deseja tornar um ambiente mais acolhedor. Da mesma forma, quanto mais alta for a temperatura de cor, mais “fria” será a luz. Esta é utilizada em escritórios, cozinhas ou locais em que se deseja estimular ou realizar alguma atividade [13].

Tipicamente encontram-se três gamas de cor na iluminação pública (IP):

- Cores quentes ($T < 3300$ K);
- Cores intermédias (3300 K $< T < 5000$ K);
- Cores frias ($T > 5000$ K).

Na figura seguinte encontram-se alguns exemplos da temperatura de cor e respetiva aparência:

Tabela 2 – Iluminação Pública – Temperatura de Cor [15]

Temperatura (K)	Aparência
$T < 3300$ Quente (branco alaranjado)	
$3300 < T < 5000$ Intermédio (branco)	
$T > 5000$ Fria (branco azulado)	

2.2.1.3 Índice de Restituição de Cor

A iluminação de objetos pode parecer diferente, mesmo que as fontes de luz tenham semelhantes tonalidades. As variações de cor na iluminação de objetos com fontes de luz diferentes podem ser identificadas através do conceito, Reprodução de Cores e a sua escala qualitativa Índice de Reprodução de Cores (IRC). Este índice varia entre 0 (nenhuma fidelidade) e 100 (máxima fidelidade). A Figura 13 expõe a classificação do IRC [16].

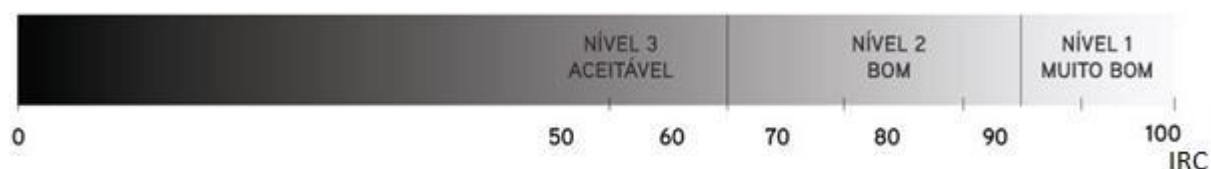


Figura 13 - Classificação do Índice de Restituição de Cor [16]

A Figura 14 apresenta duas imagens, a da esquerda é iluminada por uma lâmpada incandescente 2700 K com um IRC de 100 e a imagem da direita por uma fluorescente 3000K que apresenta um IRC de 85 [15].



Figura 14 - Variação da Reprodução de Cor [15]

Com baixo IRC, a cor dos objetos pode aparecer alterada relativamente à sua aparência natural. Quanto maior o IRC, mais próxima é a aparência da sua cor natural [15]. A Tabela 3 apresenta alguns exemplos de índices de restituição de cor.

Tabela 3 - Exemplos de índices de restituição de cor [16].

IRC		Aplicações	Lâmpadas					
			Incandescente	Iodetos metálicos	Fluorescente	Vapor de sódio		LED
						Alta pressão	Baixa pressão	
Nível 1	90-100	Museus e Galerias, Iluminação de Observação	X	X	X			X
	80-90	Habitacões, Hotéis, Escritórios, Escolas		X	X	X		X
Nível 2	60-80	Indústria, Escritórios, Escolas		X	X	X		X
	40-60	Indústria, Recintos Desportivos			X	X		X
Nível 3	20-40	Iluminação Pública				X	X	X

2.2.1.4 Duração média de vida

A duração de vida média de uma lâmpada é o numero de horas após o qual 50% de um lote significativo de lâmpadas deixa de emitir fluxo luminoso [17]. Este valor é indicado pelo fabricante e é um valor aproximado que pode ser afetado por diversos fatores, tais como o número de vezes que se liga e desliga, a tensão de funcionamento, a temperatura ambiente e a presença de vibrações [15].

2.2.2 Tipos de Lâmpadas

Desde as lâmpadas incandescentes várias tecnologias foram desenvolvidas para sistemas de iluminação. Assim, foram surgindo novos tipos de lâmpadas mais eficientes, mas também com outras características luminotécnicas.

As lâmpadas podem ser agrupadas nas seguintes categorias:

- Lâmpadas Incandescentes;
- Lâmpadas de Descarga;
- Lâmpadas de Indução;
- Light Emitting Diode (LED's).

Uma vez que o estudo incide sobre a iluminação pública só serão analisadas algumas lâmpadas de descarga e LED's, visando os seus princípios de funcionamento e principais características.

2.2.3 Lâmpadas de Descarga

Este tipo de lâmpadas é constituído por um tubo de descarga contendo um gás ou vapor metálico e dois eléctrodos colocados nos extremos do tubo como indicado na figura 15.

Quando uma tensão é aplicada aos eléctrodos dá-se uma descarga eléctrica produzindo excitação dos electrões o que leva à ionização do gás, tornando-o condutor, o que por sua vez dá origem à emissão de luz.

A ionização do gás dá-se apenas quando a descarga eléctrica é elevada, pelo que estas lâmpadas necessitam de um arrancador que gera uma sobretensão quando se liga a lâmpada. Os eléctrodos podem também ser aquecidos previamente reduzindo a sobretensão necessária ao arranque. Outro equipamento necessário para o uso deste tipo de lâmpadas é o balastro, que limita a corrente fornecida à lâmpada após o arranque. Após a formação do arco a impedância da lâmpada desce e o balastro impede a ocorrência de um curto-circuito. [7]

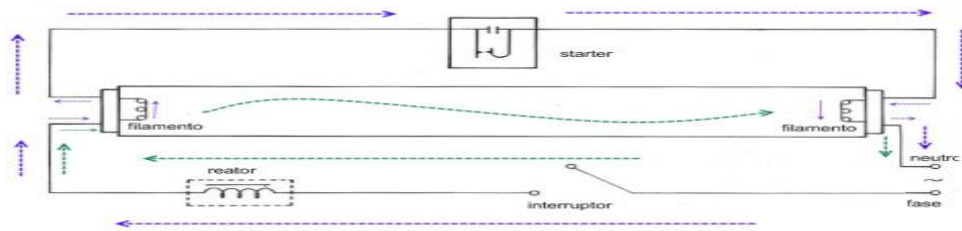


Figura 15 - Lâmpada de descarga [18]

Este tipo de lâmpadas divide-se em lâmpadas de descarga num gás ou vapor de metálico de alta pressão e de baixa pressão [7]. Das lâmpadas de descarga de alta pressão fazem parte os seguintes tipos:

- ✓ Lâmpadas de vapor de mercúrio;
- ✓ Lâmpadas de luz mista;
- ✓ Lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão;
- ✓ Lâmpadas de vapor de mercúrio de iodetos metálicos.

Nas lâmpadas de descarga de baixa pressão incluem-se os seguintes tipos:

- ❖ Lâmpadas fluorescentes (lâmpada de vapor de mercúrio de baixa pressão);
- ❖ Lâmpadas fluorescentes compactas;
- ❖ Lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão.

2.2.3.1 Lâmpadas de vapor de mercúrio

As lâmpadas de Mercúrio de Alta Pressão (HPM) são constituídas por dois eléctrodos principais e dois auxiliares, que se encontram no interior do tubo de descarga, no qual existe uma mistura de mercúrio, sob alta pressão, e árgon; à temperatura ambiente, o mercúrio é um líquido e, mediante introdução de árgon, que é de vaporização mais fácil, o arranque é facilitado. Durante o processo de aquecimento, o mercúrio vaporiza-se gradualmente, sendo emitida uma luz de fraca intensidade. Entre o tubo de descarga e a ampola exterior da lâmpada, existe, comumente, um gás inerte, que permite a estabilidade térmica no interior da lâmpada. Alguns modelos têm também uma camada de pó fluorescente, com o intuito de produzir radiação vermelha na parte interior do invólucro, cujo objetivo é transformar parte da radiação ultravioleta (UV) emitida em luz visível. Esta prática constitui uma melhoria

significativa no aspeto da luz emitida, mas não se traduz numa melhoria expressiva do rendimento luminoso nem do índice de reprodução de cor (IRC).

A figura 16 apresenta um exemplo de uma lâmpada de vapor de mercúrio de alta pressão.



Figura 16 – Lâmpada vapor de mercúrio [17]

Na figura 17 apresenta-se o Espectro de emissão luminoso de lâmpadas de vapor de Mercúrio.

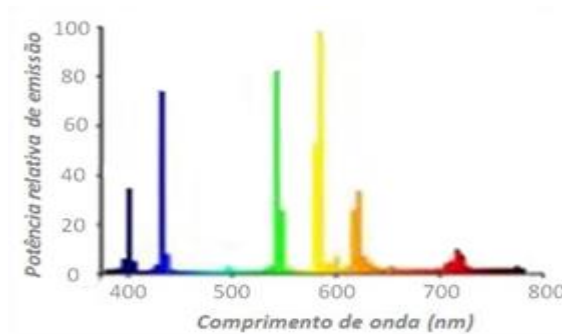


Figura 17 - Espectro de emissão luminoso de lâmpadas de vapor de Mercúrio [13]

Na figura 18 apresenta-se o diagrama de fluxo de energia de uma lâmpada HPM.

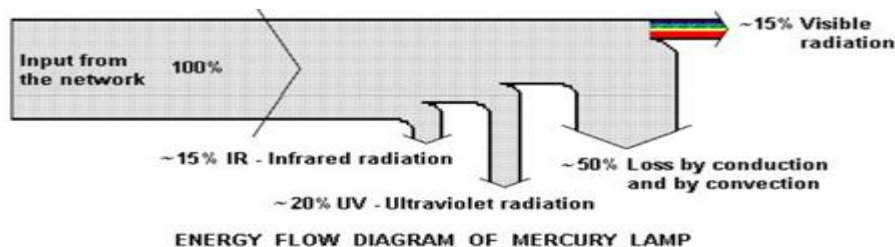


Figura 18 – Diagrama de fluxo de energia de uma lâmpada vapor de mercúrio [17]

Tabela 4 - Características das lâmpadas vapor mercúrio

Características das lâmpadas de vapor do mercúrio de alta pressão	
Rendimento Luminoso	De 36 lm/W a 60 lm/W
Temperatura de Cor	De 3000°K a 4200°K
Índice de restituição de Cromática	Aproximadamente 50
Duração média de vida	10000h
Tempo de arranque	Aproximadamente 4 minutos
Equipamento auxiliar	Balastro e condensador/ balastro eletrônico
Posição de funcionamento	Qualquer

2.2.3.2 Lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão

A lâmpada de vapor de sódio de alta pressão, como mostra a Figura 19, não apresenta um eletrodo de iniciação no interior do tubo de arco, sendo necessário a aplicação de um impulso de tensão elevada para que seja criado um arco elétrico no intervalo entre os eletrodos principais. Este impulso é aplicado por um arrancador externo (tecnologia *pulse-start*) separado do balastro. No momento que o arco é criado, o impulso de tensão é desligado.

Os metais de Sódio e Mercúrio presentes no tubo de descarga vaporizam rapidamente de forma a integrarem no arco, enquanto a corrente aumenta e estabiliza [19].

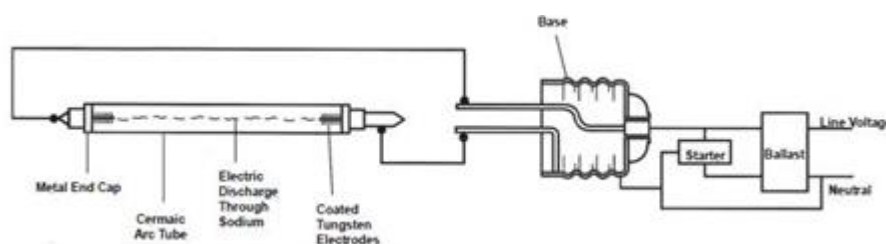


Figura 19 - Lâmpada de Vapor de Sódio de Alta Pressão [19]

A luz produzida apresenta uma cor amarelada devido ao espectro emitido pela lâmpada ter valores de potência radiativa elevados no comprimento de onda entre os 560nm

e 600nm, como mostra a Figura 20. Este tipo de lâmpadas é bastante usado nos sistemas de iluminação viária porque apresentam uma boa eficácia luminosa fotópica (lm/W), um longo tempo de vida (+ 30 000 h) e um elevado fluxo luminoso por área iluminada. As desvantagens são os baixos valores de temperatura de cor (K) e índice de reprodução de cor, o “preço” a pagar para uma maior eficácia luminosa, e o período de 3 a 4 minutos de ligação [20].

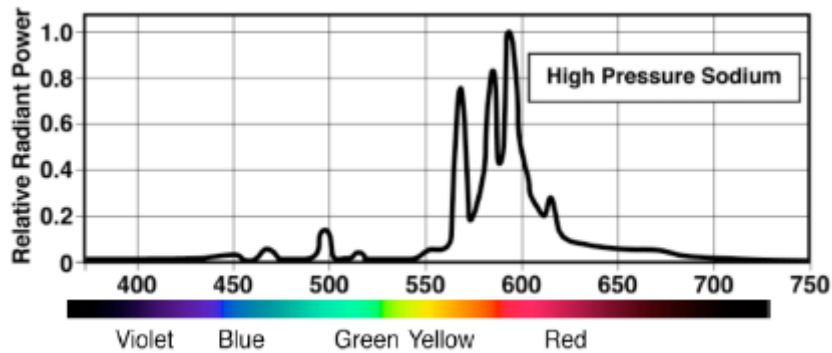


Figura 20 - Distribuição do espectro de potência típica de uma lâmpada de vapor de sódio alta Pressão [21]

Tabela 5 - Características da lâmpada vapor de sódio alta pressão

Características das lâmpadas de vapor do sódio de alta pressão	
Rendimento Luminoso	De 80 lm/W a 140 lm/W
Temperatura de Cor	De 1900°K a 2500°K
Índice de restituição de Cromática	De 25 a 80
Duração média de vida	De 8000h a 12000h
Tempo de arranque	Aproximadamente 5 minutos
Equipamento auxiliar	Arrancador, balastro e condensador/ balastro eletrônico
Posição de funcionamento	Qualquer

2.2.3.3 Lâmpadas de iodetos metálicos

A lâmpada de Iodetos Metálicos (ilustrada na Figura 21) tem algumas semelhanças com a lâmpada de vapor de Mercúrio, à exceção das seguintes características:

- Presença de Iodetos Metálicos;
- Desempenho muito superior em termos do Índice de Restituição de Cor (IRC).

Esta lâmpada contém um revestimento de alumina nas extremidades do tubo de descarga, cujo objetivo é refletir o calor produzido pela descarga para os elétrodos, impedindo a condensação dos Iodetos no interior do tubo de descarga da lâmpada. A eficiência luminosa deste tipo de lâmpadas é superior à lâmpada de vapor de Mercúrio, mas inferior à lâmpada de vapor de Sódio de alta pressão.



Figura 21 - Lâmpada de iodetos metálicos [22]

Comparadas com as lâmpadas de Sódio de alta pressão, oferecem as mesmas vantagens, mas têm características diferentes. Têm uma maior gama de potências e uma cor mais branca e fria. São usadas quando se necessita de uma boa eficiência e restituição de cores. Contudo a cor é afetada pela idade, têm menor vida útil e rendimento. Na Figura 22 está ilustrado o espectro luminoso de uma lâmpada de Iodetos Metálicos [13].

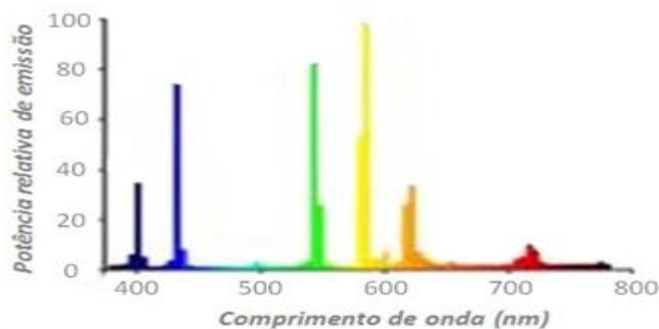


Figura 22 - Espectro luminoso das lâmpadas de Iodetos Metálicos [13]

Tabela 6 - Características da lâmpada de iodetos metálicos

Características das lâmpadas de iodetos metálicos	
Rendimento Luminoso	De 65 lm/W a 90 lm/W
Temperatura de Cor	De 3000°K a 6000°K
Índice de restituição de Cromática	De 81 a 95
Duração média de vida	De 3000h a 9000h
Tempo de arranque	Aproximadamente 4 minutos
Equipamento auxiliar	Arrancador, balastro e condensador/ balastro eletrônico
Posição de funcionamento	Qualquer

2.2.3.4 Lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão

As lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão (Figura 23) são comparáveis às lâmpadas fluorescentes na forma como são construídas mas funcionam usando vapor de sódio em vez do vapor de mercúrio. Nestas lâmpadas o arranque apenas pode ser efetuado com a ajuda de um gás inerte. Apenas quando a descarga no gás inerte produz calor suficiente para vaporizar o sódio se iniciará a descarga pelo que requerem uma tensão de arranque elevada e um tempo de arranque relativamente longo antes de ser atingido o rendimento máximo. Outra característica é o tipo de luz que a lâmpada produz, pois enquanto o vapor de mercúrio a baixa pressão excitado produz principalmente radiação ultravioleta, a qual é transformada em luz visível à custa de substâncias fluorescentes, o vapor de sódio produz luz diretamente. A mais interessante característica das lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão consiste no seu extremamente elevado rendimento luminoso. A lâmpada a vapor de Sódio de baixa pressão tem a desvantagem de possuir um espectro praticamente monocromático na região do amarelo (Figura 24), o que representa o pior índice de restituição de cor de todas as fontes luminosas. Tem também os tempos de vida útil mais baixos. Em contrapartida possui o mais elevado índice de eficiência energética. [12]

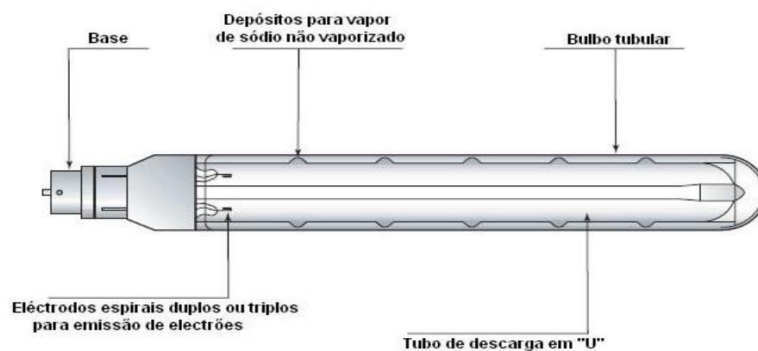


Figura 23 - Detalhes de uma lâmpada de vapor de Sódio de baixa pressão [12]

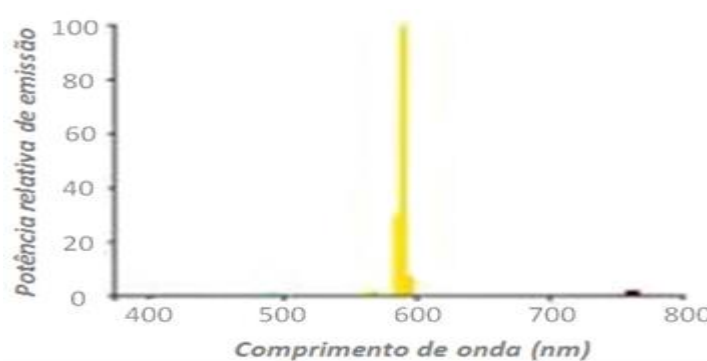


Figura 24 - Espectro da lâmpada de Vapor de Sódio de baixa [12]

Na Tabela 7 apresenta as características principais da lâmpada de vapor do sódio de baixa pressão

Tabela 7 - Características da lâmpada vapor do sódio de baixa pressão

Características das lâmpadas de vapor do sódio de baixa pressão	
Rendimento Luminoso	De 98 lm/W a 200 lm/W
Temperatura de Cor	Aproximadamente 1700°K
Índice de restituição de Cromática	20
Duração média de vida	12000h
Tempo de arranque	Aproximadamente 10 minutos
Equipamento auxiliar	Arrancador e balastro
Posição de funcionamento	Qualquer

2.2.3.5 Lâmpadas Mistas

A lâmpada mista (Figura 25) é uma fusão de uma lâmpada de vapor de mercúrio de alta pressão sem balastro, com um filamento de tungstênio colocado em série com o tubo de descarga, semelhante ao de uma lâmpada incandescente, que permite limitar a corrente de funcionamento normal, “substituindo” o então balastro. Funcionam com a tensão da rede, ou seja 230V e surge muitas das vezes como alternativa à lâmpada incandescente por possuir maior eficiência luminosa e vida útil superior, mas com custos de aquisição mais elevados.



Figura 25 - Lâmpada mista

Apresenta um rendimento luminoso baixo quando comparado com as restantes lâmpadas de descarga, devido a potência dissipada no filamento, que determina a sua vida útil.

Tabela 8 - Características da lâmpada mista

Características das lâmpadas mistas	
Rendimento Luminoso	De 20 lm/W a 35 lm/W
Temperatura de Cor	De 3000°K a 4000°K
Índice de restituição de Cromática	De 50 a 70
Duração média de vida	De 6000h a 10000h
Tempo de arranque	Aproximadamente 1 minuto

2.2.4 Lâmpadas de Indução

O princípio de funcionamento da lâmpada fluorescente de indução (ilustrado na Figura 26) baseia-se na excitação do Mercúrio e dos gases nobres que se encontram no seu interior, através da aplicação de um campo magnético oscilante de alta frequência que irão produzir radiação ultravioleta que é convertida em luz visível. Esta não possui elétrodos internos, sendo constituída ou por uma ampola com Mercúrio com uma bobina, que excita o Mercúrio, ou simplesmente por um tubo fechado com duas bobinas enroladas nas extremidades da lâmpada.

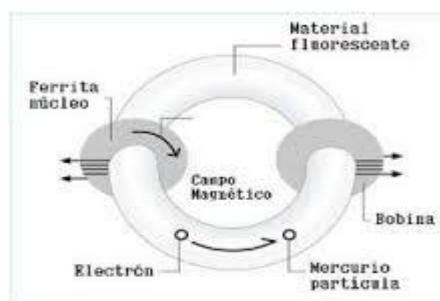


Figura 26 - Lâmpada fluorescente de indução [23]

As lâmpadas de indução têm uma boa eficiência energética e um IRC relativamente elevado. A grande vantagem é a sua longa duração privilegiando-se, por isso, a sua utilização em locais de difícil acesso. Sendo assim, é utilizada em locais onde a manutenção frequente seja indesejável. Normalmente são utilizadas na iluminação exterior como por exemplo em postes de iluminação de difícil acesso ou junto a linhas de alta tensão (AT) e muito alta tensão (MAT), túneis, teto de indústrias muito altos e de difícil acesso, entre outros.

Tem a desvantagem de, atualmente, não ser ainda possível efetuar o seu “*dimming*” e de funcionarem apenas com balastros eletrónicos de muito alta frequência. A Figura 27 mostra o espectro luminoso da lâmpada de indução.

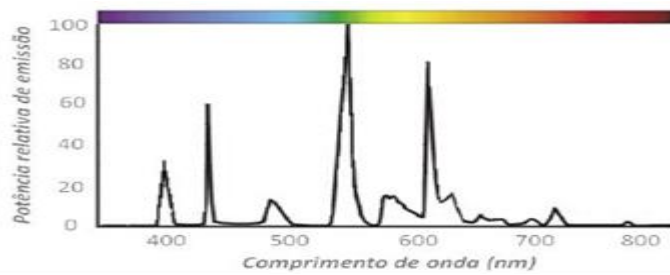


Figura 27 - Espectro luminoso da lâmpada de indução [13]

Tabela 9 - Características da lâmpada de indução

Características das lâmpadas indução	
Rendimento Luminoso	75 (lm/W)
Temperatura de Cor	2700 – 4000 (K)
Índice de restituição de Cromática	85
Duração média de vida	100 000 h
Tempo de arranque	Aproximadamente 1 minuto

2.2.5 Lâmpadas LED

A tecnologia LED revolucionou a forma de como utilizamos a luz. Hoje, considera-se a tecnologia mais económica e sustentável que existe no mercado, tendo revolucionado a forma como se utiliza a luz, permitindo fontes de iluminação totalmente controláveis e ajustáveis, podendo ser integradas em redes inteligentes e comunicativas.



Figura 28 - Um diodo LED [26]

LED significa *light-emitting diode* ou, em português, diodo emissor de luz. O LED (Figura 28) envolve uma tecnologia simples, de semicondutores, que dissipam a energia excedente que recebem em forma de luz, ao contrário do que acontece com outros materiais, que perdem muita energia em forma de calor e que iluminam de maneira pouco eficiente. A tecnologia LED é a tecnologia mais moderna em termos de iluminação. Nos LEDs, a transformação de energia elétrica em luz é feita na matéria, sendo, por isso, chamado de fonte de luz de estado sólido, portanto sem filamentos, vidros, aumentando, desta forma, a sua robustez.

utilização de tecnologia LED oferece inúmeras vantagens. O custo das lâmpadas de LED é atualmente um pouco mais alto do que o das lâmpadas convencionais, mas a economia de energia e a durabilidade proporcionada justificam facilmente esse investimento. A vida útil das lâmpadas de tecnologia LED atinge até 50.000 horas, enquanto os modelos fluorescentes duram em média 10.000 horas. A tecnologia LED possui uma excelente saturação de cor uma vez que, tendo em conta o elemento que formará a luz, o LED emitirá um comprimento de onda, gerando essa luz numa frequência determinada e específica.

O LED emite muito mais luz consumindo muito menos energia do que outros tipos de lâmpadas. Assim, é possível referir que se verifica uma poupança de energia elétrica até 60% com o uso de tecnologia LED. Também significa que este tipo de lâmpadas são a melhor opção em termos de eficiência e economia para iluminação em ambientes profissionais e residenciais com um elevado número de horas diárias de funcionamento [27].

O LED não sofre diferenças na sua vida útil de acordo com a frequência de quantas vezes se liga ou desliga. As lâmpadas LED, ao contrário das lâmpadas de descarga, não possuem um número determinado de acendimentos na sua vida. Podem ser ligados e desligados um número interminável de vezes que não afetará o seu tempo de vida útil. Ao mesmo tempo, o tempo de acendimento completo do LED é instantâneo, ao contrário das lâmpadas convencionais que demoram entre um a dois minutos [28].

Uma das grandes vantagens dos LEDs é o facto de não empregarem, na sua composição e no processo de gerar luz, elementos nocivos ao meio ambiente. Ao contrário de, por exemplo, o mercúrio utilizado nas lâmpadas fluorescentes. Ao mesmo tempo, na

tecnologia LED verifica-se a ausência de radiação infravermelha e ultravioleta, sendo que por isso não atrai insetos e não altera a cor dos objetos [28].

Na figura 29 é apresentada uma luminária de tecnologia LED utilizada na via pública



Figura 29 - Luminária LED de uso em iluminação pública [29]

Na figura 30 mostra uma via pública iluminada por tecnologia LED



Figura 30 - Via pública iluminada por tecnologia LED [29]

As principais vantagens do uso de LED na IP são [30]:

- Podem emitir luz de uma determinada cor, sem o uso de filtros.
- Pode ser desenhado de modo a focar a luz emitida pontualmente, sem o uso de refletores externos.
- Não necessitam de aparelhagem para arrancarem (arranadores ou ignitores).
- Quando são usados com regulação de fluxo não modificam a tonalidade da cor da luz emitida com a variação da corrente que os atravessa.

- São bastante robustos em comparação com os restantes tipos de lâmpadas.
- Têm um tempo de vida médio bastante elevado: 35 000 a 100 000 horas.
- Atingem o seu fluxo nominal muito rapidamente (menos de 100 ns).
- Podem ter dimensões muito reduzidas.
- Vasta gama de temperaturas de cor.
- Maior conforto visual.
- Elevado índice de restituição de cor : >70.
- Elevada Eficiência, mais de 90% da energia consumida é transformada em luz.
- Menor envelhecimento precoce.
- Regulação do fluxo luminoso de 100% até perto dos 0%.
- Não emitem UV, logo não atraem insetos.
- Possuem maior uniformidade da sua luz emitida comparada com a maioria das luminárias de vapor de sódio de alta pressão.
- Fácil incorporação em sistema de telegestão.
- Os LED não contêm mercúrio prejudicial para o ambiente, ao contrário de todos os tipos de lâmpadas de vapor de mercúrio e a maioria de vapor de sódio.

Os LED também apresentam, contudo, algumas desvantagens, tais como [31]:

- Com o passar dos anos, a luminosidade de um LED não se mantém constante, podendo-se degradar de forma acentuada.
- Tecnologia de iluminação recente, custos de implantação ainda elevados.
- Apresentam uma cor branca, demasiado fria em alguns casos.

- Necessidade de dispositivos de dissipação de calor nos LED de alta potência, pois a quantidade de luz emitida pelo LED diminui com o aumento da temperatura.
- Incerteza na fiabilidade/durabilidade quando expostas à intempérie.
- Dados a longo prazo sobre performance fotométrica não existem devido ao estado recente da tecnologia.
- Custos de manutenção ainda pouco quantificados.
- Distribuição da luz e uniformidade de brilho ainda não totalmente otimizados.
- Falta de standardizações e testes de qualidade, resultando numa grande discrepância na qualidade dos produtos LED.
- Dificuldade de produção em massa para reduzir os custos enquanto não houver especificações e standardizações para os LED.

Tabela 10 - Características da lâmpada LED [21]

Características das lâmpadas LED	
Rendimento Luminoso	De 35 a 70 lm/W
Temperatura de Cor	De 2700°K a 9000°K
Índice de restituição de Cromática	Superior a 70
Duração média de vida	De 15.000 a 50.000 horas
Tempo de arranque	Instantâneo
Equipamento auxiliar	Controlador e transformador em alguns casos
Posição de funcionamento	Qualquer

O espectro luminoso de uma lâmpada *White LED* é representado na figura 31:

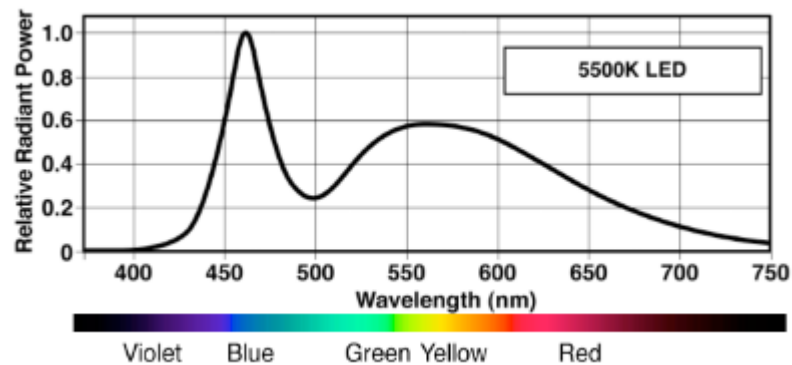


Figura 31 - Distribuição do espectro de potência típica de uma lâmpada *White LED* [21]

2.2.6 Tecnologias do futuro

2.2.6.1 Lâmpada de Plasma

Lâmpada de plasma (Figura 32), ou LEP (*Light Emitting Plasma*), é uma fonte luminosa de estado sólido que utiliza um gerador de altas frequências para ionizar uma ampola carregada com gás argônio [32].



Figura 32 - Lâmpada de Plasma [32]

Dois fatores que causam alguns problemas nesta tecnologia são o controle de emissão de interferências eletromagnéticas e a temperatura que atinge. Estes surgem pelo facto de esta lâmpada utilizar uma fonte geradora de altas frequências e o fenómeno de ionização de um gás. Para fazer face a tais problemas, os fabricantes destas ampolas providenciam manuais de desenvolvimento para garantir que as emissões de EMI ficam contidas dentro da ótica da luminária e que haja uma correta dissipação do calor.

Esta tecnologia apresenta outras exigências como [32]:

- Necessidade de ter o gerador de altas frequências o mais perto possível da ampola, sob pena de reduzir a eficiência da lâmpada.
- Impossibilidade de utilizar sistemas óticos devido à utilização do fenómeno de incandescência para gerar energia luminosa.
- Redução de fluxo até 20% da sua capacidade máxima, tal como na lâmpada de indução.
- Para baixas potências a eficiência já não se demarca das tecnologias atuais e emergentes (iodetos metálicos cerâmicos e LED).

Tem, como principais vantagens [32]:

- Espectro visível total, logo elevado IRC (>95).
- Maior densidade luminosa do que nos LED (mais lúmens por tamanho).

Comparando a tecnologia plasma com a tecnologia LED encontram-se algumas semelhanças como a elevada fiabilidade devido à utilização de eletrónica de estado sólido, a direccionalidade da luz, os níveis de eficiência e ainda a capacidade de *dimming* ou seja, capacidade de regulação de fluxo luminoso. Diferem, no entanto, no facto de a tecnologia plasma possuir um IRC mais elevado e ainda pelo facto da tecnologia plasma demorar mais tempo a atingir a potência máxima e demorar mais tempo no reacendimento. Encontram-se também algumas semelhanças entre as lâmpadas plasma e as de indução, pois ambas não necessitam de eléctrodos para transferências de energia e ambas possuem bolbo de elevada durabilidade, completamente selado e livre de contaminações. Diferem pois a tecnologia plasma possui maior brilho, é mais compacta e possui maior IRC.

A tecnologia plasma comparada com a utilização de lâmpadas de descarga de alta intensidade apresenta maior fiabilidade, um controlo mais preciso, não necessita de eléctrodos e requer menores custos de operação e manutenção [32].

As lâmpadas de plasma possuem algumas características típicas, nomeadamente:

- Potência: 230-450 (W)
- Temperatura de cor: 5300-6000 (K)
- IRC: 100
- Eficiência: 75-120 (lm/W)
- Tempo de vida útil: 30 000 horas

A tecnologia plasma tem algumas dificuldades na entrada do mercado, pois embora apresente inúmeras vantagens possui, ao mesmo tempo, inúmeros problemas e exigências.

2.2.6.2 Organic Light Emitting Diode

O *Organic Light Emitting Diode* (OLED), ou também chamado de LED Orgânico, possui uma estrutura semelhante à estrutura do LED inorgânico. É composto por camadas de plásticos e o emissor é composto por materiais orgânicos. Esta tecnologia possui vantagens, na medida em que são bastante finos e de material plástico flexível e transparente. Possibilitam a emissão de todas as cores e até de multicores na mesma área e ainda apresentam um bom IRC. Possuem, no entanto, desvantagens como o facto de serem muito sensíveis à humidade, tornando o seu tempo de vida útil menor e possuem uma eficiência luminosa relativamente baixa. Para além disso esta tecnologia não consegue manter o brilho durante muito tempo, comparativamente com outros tipos de lâmpadas. [32]

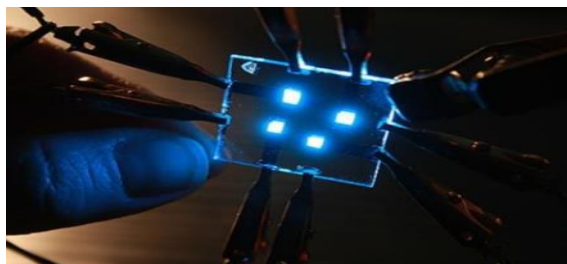


Figura 33 – Tecnologia Organic Light Emitting Diode [32]

2.2.6.3 Cavity Organic Light-emitting Diode

Os *Cavity Organic Light-emitting Diode* (COLED) são LEDs orgânicos que utilizam cavidades óticas, espelhos paralelos e espelhos contrapostos que fazem com que a fuga de fótons para outros pontos, que não a direção de saída da luz emitida pelo dispositivo, seja evitada. Devido ao facto das cavidades óticas serem utilizadas em conjunto com os LED orgânicos feitos de polímeros, a emissão de luz é cerca de cinco vezes superior à emissão de luz dos melhores OLEDs. Considera-se que esta nova tecnologia poderá ser duas vezes mais eficiente do que a tecnologia atual que utiliza lâmpadas fluorescentes compactas. [33]

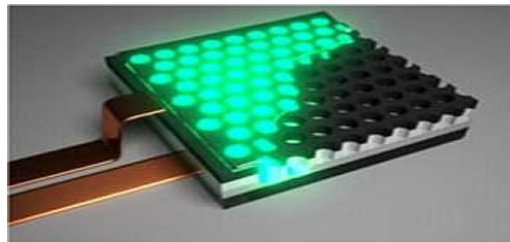


Figura 34 – Tecnologia Cavity Organic Light-emitting Diode [33]

2.3. SISTEMAS DE CONTROLO E GESTÃO DE ENERGIA

2.3.1 Introdução

Os sistemas de controlo regulam o funcionamento dos sistemas de iluminação em função de um sinal externo, através de dispositivos específicos. São sistemas automáticos que facilitam a economia no consumo energético sem colocar em causa a segurança, através da otimização do sistema de iluminação pública.

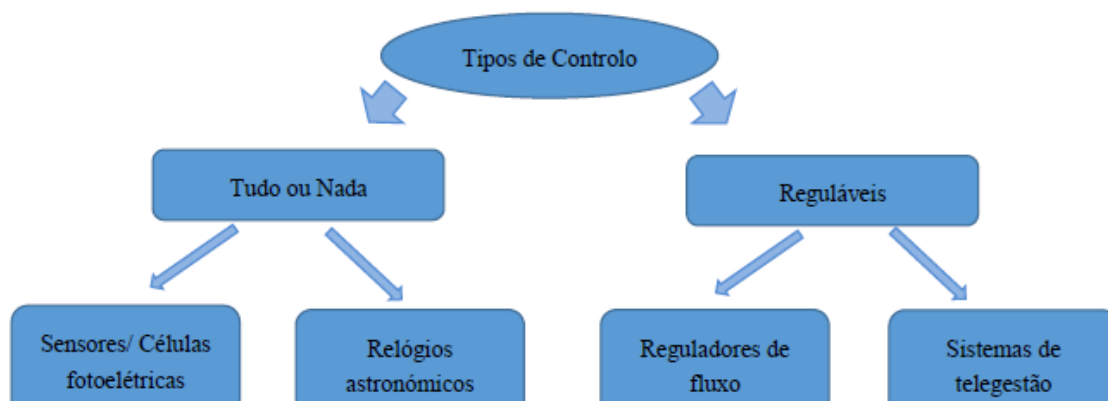


Figura 35 – Tipos de controlo do sistema de iluminação pública

Existem sistemas de supervisão e controlo da rede de iluminação pública que apenas se restringem ao controlo, monitorização local ou transporte de dados, bem como sistemas que facilitam o controlo e supervisão remota da rede. O controlo e supervisão do sistema de iluminação pública podem ser de controlo, de monitorização ou que integrem o controlo e monitorização com software de gestão. A abordagem destes sistemas pode ser individual ou centralizada. No primeiro caso, o controlo e monitorização é feito de forma independente para cada ponto de iluminação, enquanto que, no segundo caso, vários pontos de iluminação são controlados no armário central do sistema de iluminação.

2.3.2 Sensores / Células Fotoelétricas

O horário de ativação das luzes que integram o sistema de iluminação pública não deve ser feito utilizando temporizadores com horários pré-definidos já que, o horário do nascer do sol varia de dia para dia e em dias de nevoeiro ou chuva intensa pode escurecer mais cedo, sendo necessário ativar o sistema em função da escuridão do ambiente para garantir a segurança da população. Desta forma, o método mais eficaz, para controlar a ativação das luzes, é recorrer a sensores de luz ambiente.

Estes sensores utilizam células fotoelétricas que reagem às alterações da luminosidade do ambiente que as rodeia. Assim, a iluminação é ligada ou desligada em função da informação recolhida por estas células, facilitando a gestão eficiente do sistema de iluminação pública

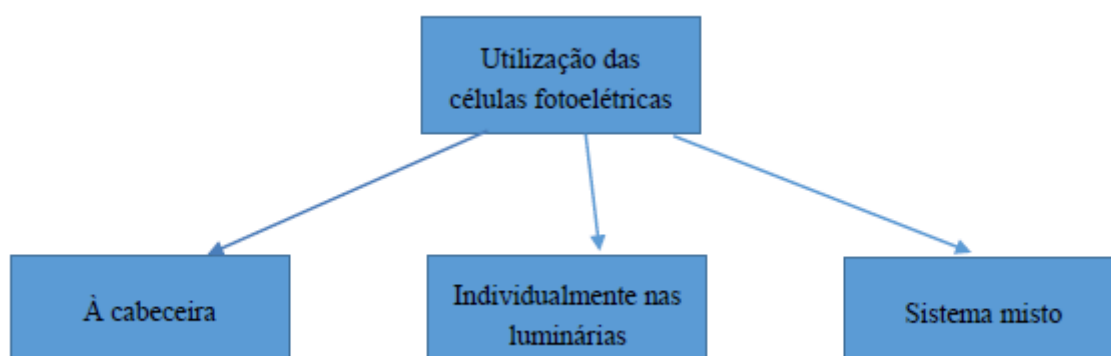


Figura 36 – Formas de utilização das células fotoelétricas.

A forma de utilização das células fotoelétricas é variável, sendo que cada uma das opções disponíveis apresenta vantagens e desvantagens. Quando se opta pela colocação à cabeceira, esta célula envia informações a um determinado número de luminárias, no entanto, se uma rua possui vários circuitos de iluminação, com diferentes células fotoelétricas colocadas à

cabeceira de cada um deles, pode não haver sincronização no momento de ligar e desligar os circuitos. Este problema de sincronização, também pode ocorrer quando se opta por colocar as células fotoelétricas, individualmente, em cada luminária. Por fim, a solução escolhida poderá ser colocar células fotoelétricas à cabeceira e também em cada luminária. Neste caso, o sistema utilizado à cabeceira regula o ato de ligar e desligar, enquanto que as individuais regulam o fluxo de cada luminária. Porém, este controlo individual, por luminária, apenas é eficiente se o sistema for acrescido de sistemas avançados de telegestão [40].

2.3.3 Relógio Astronómico

O relógio astronómico é um programador eletrónico-digital, que através de um comando ON/OFF permite controlar automaticamente as ligações e os cortes da iluminação pública, tendo em conta, o pôr e o nascer do sol. Desta forma, o relógio astronómico vai funcionar, em termos de horário, conforme a variação do ciclo solar. Assim, só onde o sensor crepuscular não se encontra na localização mais correta, é que o consumo energético é menor, se bem que, com as opções atuais do mercado, já é possível otimizar a eficiência energética. A função deste relógio passa, também, por impedir que ocorram problemas em locais controlados por diferentes células, ou seja, previnem arranques não sincronizados.

No sistema interruptor horário antigo, a iluminação pública era ligada e desligada sempre à mesma hora, excetuando casos em que se procedesse a um ajustamento manual do respetivo relógio. Porém, o relógio astronómico, adapta o seu horário de funcionamento às estações do ano e o comando ON/OFF é ajustado à localização geográfica onde opera.

Em suma, o relógio astronómico permite:

- Calcular diariamente as ações ligar/desligar, conforme a latitude e longitude (em graus e minutos) da respetiva localização geográfica;
- Ser utilizado em qualquer região geográfica do mundo, procedendo apenas à programação prévia;
- Alterar, de forma automática, o horário de inverno e verão;
- Utilizar outra programação, que não a astronómica;

- Incluir uma programação diferente, sejam interrupções horárias, sejam para dias feriados, no ciclo de funcionamento astronómico [40].

O relógio astronómico pode funcionar isoladamente como controlador de rede de iluminação pública, ou então, pode ser auxiliar dos reguladores de fluxo ou dos sistemas de telegestão, transmitindo o sinal de ligação ou corte das lâmpadas no sistema.



Figura 37 – Exemplo de Relógio Astronómico

Assim, o relógio astronómico é um dispositivo programável, cuja função pode ser ligar ou desligar a instalação, tendo como orientação o nascer do sol. Para ligar ou desligar o relógio astronómico da iluminação, o relé possui duas posições: aberto ou fechado. Desta forma, o relé ficará na posição “aberto”, em caso de avaria no sistema [41].

2.3.4 Reguladores de Fluxo a Instalar à Cabeceira do Sistema de IP

Os sistemas de regulação de fluxo luminoso têm como função regular a intensidade da iluminação durante os períodos de menor atividade, por exemplo, estes sistemas facilitam que haja uma menor luminância durante períodos noturnos de menor tráfego, sem, no entanto, reduzir a extensão dos dispositivos luminosos [40].

Considera-se fluxo luminoso a quantidade de luz emitida por unidade temporal, neste caso, a unidade de medida é lúmen (lm) [42].

Um regulador de fluxo pode ter várias utilizações, ou seja:

- Estar incorporado num sistema de telegestão (recebe diretrizes do Sistema Central de Gestão);
- Dar início ao seu ciclo a partir de um sinal recebido através de um sensor de luminosidade;
- Iniciar através de um relógio astronómico (a tensão vai sendo aumentada até o valor definido).

Os reguladores de fluxo são utilizados para alterar a intensidade da luz, porém, esta não é a sua única funcionalidade. Assim, cabe aos reguladores de fluxo estabilizar a tensão, de forma a garantir a longevidade da lâmpada, proporcionar consumos energéticos mais baixos, entre 5 a 7% e, regular a tensão que ultrapassa o respetivo valor nominal [42].

Há vários sistemas de regulação de fluxo luminoso, de instalar à “cabeceira”, nas redes de iluminação pública:

a) Eletrónicos (recorrem a eletrónica de potência

b) Com utilização de Autotransformadores, em que a comutação é feita através de:

- i. Circuitos eletromecânicos, nomeadamente relés ou contadores, acionados de modo eletrónico.
- ii. Circuitos estáticos eletrónicos, nomeadamente Triacs, IGBTs, Alternistor e tirístores, regulados através do sistema eletrónico de controlo.
- iii. Autotransformadores motorizados que controlam a tensão idónea a injetar no secundário do autotransformador principal (booster), para garantir a tensão necessária para diminuir ou aumentar à tensão do primário, ou seja, à tensão de saída. Esta diminuição na tensão é possível através de injeção de determinada tensão em inversão de fase.

Em suma, as principais características que determinam o funcionamento dos reguladores de fluxo são:

- a) a qualidade da tensão de distribuição não é degradada, pelo menos significativamente;
- b) os harmónicos só acontecem durante a transição dos patamares, sobretudo no circuito do secundário do autotransformador de potência, já que este causa um isolamento entre os circuitos primário e secundário.
- c) durante a ativação dos patamares podem ocorrer perturbações audíveis;
- d) dependendo do regulador, a potência de perdas pode variar entre 55 (W) e 170 (W).

A utilização de reguladores de fluxo aumenta a longevidade de grande parte das lâmpadas, diminuindo, por sua vez, a redução de fluxo luminoso que pode ocorrer no tempo de vida da lâmpada. Para conseguir alcançar estes objetivos tem que se assegurar um acompanhamento adequado dos parâmetros do regulador de fluxo, para que a tensão nas lâmpadas seja a menor possível.

Embora quase todos os tipos de lâmpadas, utilizadas na iluminação pública, possam ser reguladas, a poupança conseguida varia em função do respetivo tipo. Sendo a regulação do fluxo luminoso provocada pelo abaixamento da tensão do circuito IP, torna-se necessário garantir que a tensão aplicada a para cada tipo de lâmpada não é inferior aos valores do seguinte.

Tabela 11 - Poupança energética conseguida com a regulação de fluxo por tipo de lâmpada.

Tipo	Tensão mínima	Poupança
Vapor de mercúrio	200 (V)	26 – 30%
Vapor de sódio de alta pressão	183 (V)	45 – 50%
Vapor de sódio de baixa pressão	190 (V)	35%
Fluorescentes com equipamento de controlo	190 (V)	35 – 45%
CFLs	190 (V)	30 – 35%
Iodetos metálicos	183 (V)	40%

Assim, através dos reguladores de fluxo, não é necessário desligar pontos de luz para obter uma poupança energética entre 25 a 50%. Para além de se evitar zonas de sombra, a regulação de fluxo também contribui para minorar a poluição luminosa.

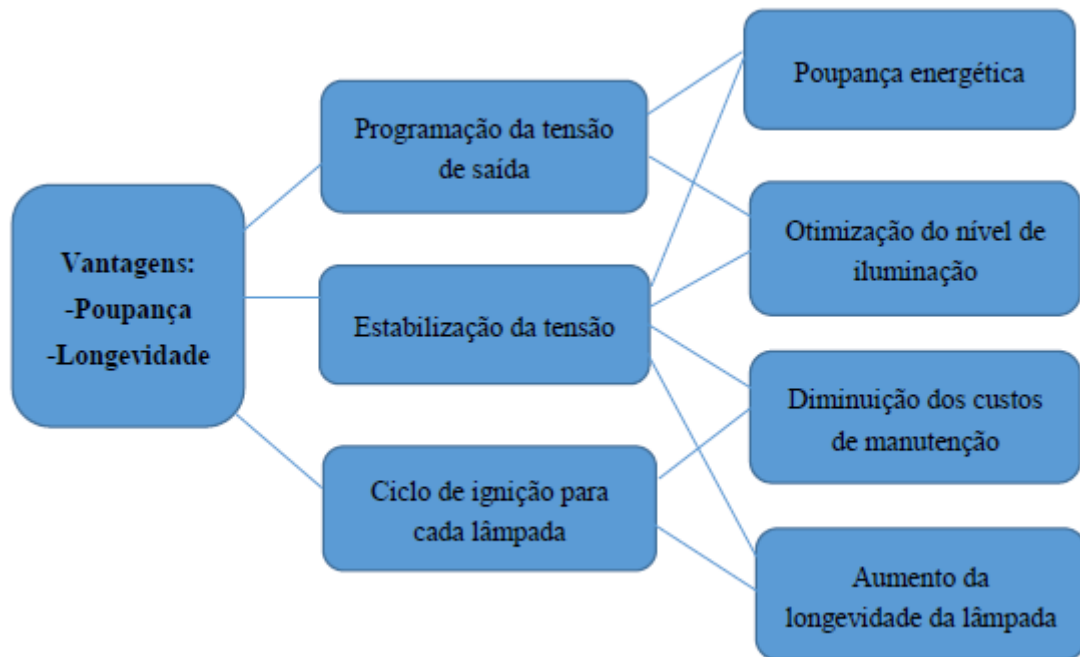


Figura 38 – Vantagens dos reguladores de fluxo.

Os sistemas de regulação de fluxo não trazem grandes vantagens económicas para redes com menos de 50 luminárias. Por outro lado, estes sistemas operam reduzindo a tensão e existem redes com vários tipos de lâmpadas, bem como lâmpadas com tempo de vida diferente, assim, os resultados de regulação para cada uma delas será também variável. Também se deve ter em consideração que quando a regulação da tensão é aplicada à cabeceira, o potencial vai ser diferente nos diferentes pontos da linha. Logo, apenas as lâmpadas com tensão mínima adequada aos respetivos terminais se vão manter ligadas e, em caso de avaria, algumas lâmpadas podem não conseguir atingir um valor de tensão de ignição que garanta o seu reacendimento.

Outro fator a ter em conta é o facto de os reguladores de fluxo necessitarem de manutenção, logo apesar da poupança na longevidade das lâmpadas, essas despesas de manutenção para que os equipamentos permaneçam ativos tem que ser contabilizada

2.3.4.1. Exemplos de Reguladores de Fluxo

- Compacto

O sistema Compacto foi criado por uma empresa francesa denominada Augier SAS. Este sistema facilita a variação e regulação de tensão num conjunto de lâmpadas.

A técnica utilizada por este sistema é de injeção de tensão em oposição de fase para, assim, conseguir variações de tensão na saída do equipamento. Desta forma, é possível que este equipamento alimente várias lâmpadas de forma controlada, podendo a potência ser reduzida, o que reduz também o fluxo luminoso, permitindo assim baixar o consumo de energia.

A regulação energética deste sistema tem como base ciclos pré-programados de iluminação, nos quais são contempladas as diferenças entre dias de semana e fins-de-semana, bem como as estações do ano.

Este equipamento permite reduzir os gastos de energia entre 30% a 45%, aumentando, simultaneamente a durabilidade das lâmpadas. Existem várias versões: de 3 a 24 kVA (monofásico) e de 9 a 72 kVA (trifásico).

A versão monofásica do equipamento tem as seguintes especificidades:

- Funciona com os vários tipos de lâmpadas disponíveis no mercado;
- Tem uma eficiência de 98,5%;
- A alimentação é de $230V \pm 10\%$ (45Hz a 65Hz);
- Usa uma potência de 0 a 24 KVA, sendo a variação desta entre 0 e 100%;
- Possui uma proteção térmica e de curto-circuito;
- O By-pass é automático;

- Faculta a indicação do estado (ON, Fault e Modo de economia) em indicadores LED [43]



Figura 39 – Sistema Compacto

- Servitec - RF16TLCB

O estabilizador de Tensão e Regulador de Fluxo RF16TLCB foi desenvolvido pela Servitec e é uma solução que permite uma correta otimização da energia lumínica na iluminação pública. Através de controlo remoto, permite a visualização de todos os parâmetros relacionados com o funcionamento da máquina, e ainda dispõe de um sistema de supervisão que envia mensagens SMS com alarmes para o telemóvel pré configurado e para o email.

A tecnologia deste equipamento utiliza a comutação por contactores baseada num sistema binário de 4 bits e com uma resolução de 16 posições diferentes de tensão podendo assim ser possível a regulação entre 205 e 246V.

Esta gama possível de regulação permite garantir resultados muito positivos, tanto em termos de poupança como de duração das luminárias.

Esta solução tem ainda a vantagem de estar equipada com um microcontrolador por fase (módulo independente) e um módulo de telegestão que controla o sistema interativo de comunicações das três fases com o centro de controlo, permitindo assim uma intervenção fácil em caso de avaria ou ampliação da instalação, pois apenas seria necessário substituir um módulo por outro, destacando que a mesma envolvente suporta potências entre 8 e 80 kVA, evitando deste modo fazer obras em caso de ampliação da potência do regulador.

O equipamento dispõe de 4 sistemas diferentes para conseguir a poupança, todos eles equipados com limitação de nível máximo de poupança comum. Será necessário fixar

previamente esse valor nas instalações em que, pela distância ou pela idade das luminárias, uma diminuição excessiva da tensão faça com que não se comporte de igual maneira no início e no final do sistema.

Este sistema de poupança é composto por nove níveis e a duração em cada nível varia segundo o sistema de poupança que se utilizar.

Os níveis são: 5% (215V), 10% (210V), 15% (205V), 20% (200V), 25% (195V), 30% (190V), 35% (185V), 40% (180V), 45% (175V). [44]



Figura 40 – Sistema Servitec

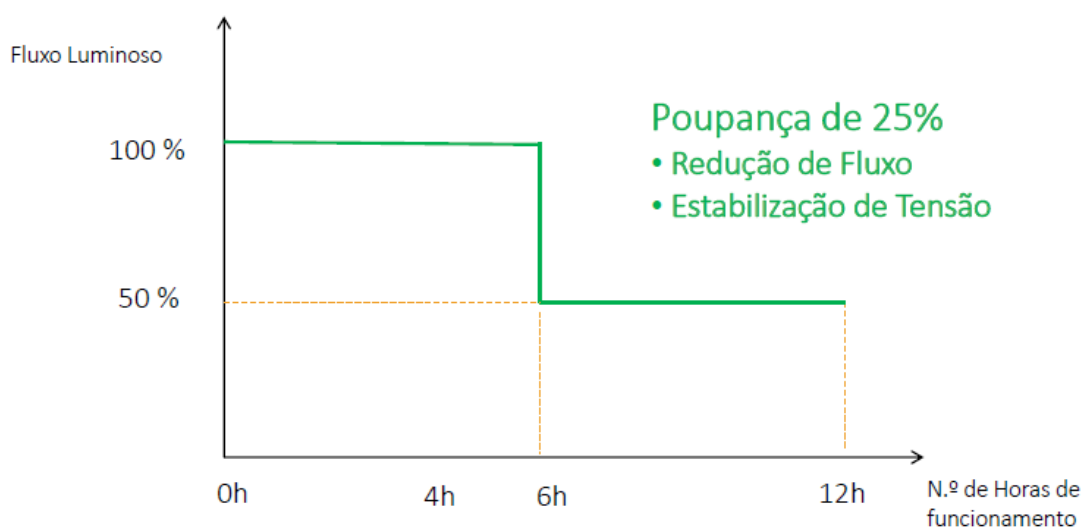


Figura 41 – Exemplo do horário de funcionamento de um Regulador de Fluxo

2.3.5 Sistemas de Telegestão

Os sistemas de telegestão são dispositivos utilizados para a gestão, controlo e monitorização das redes de iluminação pública. São sistemas de telecomunicações destinados à gestão remota e individual, que facilitam uma variação precisa e seletiva da intensidade da luz.

Atualmente, devido ao panorama económico, torna-se cada vez mais pertinente reduzir os custos da iluminação pública. Neste sentido, os sistemas de telegestão têm imposto, cada vez mais, como a solução para reduzir o fluxo de iluminação e, desta forma, todos os gastos associados.

A utilização de sistemas integrados de telegestão tem várias vantagens, entre as quais:

- Presença de uma camada aplicacional simples;
- Presença de uma camada aplicacional normalizada;
- O facto de o cliente não ter conhecimento do nível de complexidade de gestão dos sistemas integrados;
- Permite um controlo centralizado do sistema telegerido;
- Facilita a integração de sistemas que exigem gestão diferenciada, desde que obedeçam ao mesmo padrão tecnológico;
- Permite a integração de sistemas que utilizem diferentes tecnologias de comunicação com os pontos luminosos;
- Está apto para traçar uma rede inteligente capaz de reagir a estímulos vindos do espaço envolvente;
- Possui uma base de dados central que permite analisar a informação recebida dos diversos sistemas;
- Em caso de avaria, o funcionamento dos sistemas de telegestão não incapacita os sistemas de recorrerem aos procedimentos mínimos programados;

- Faculta um conhecimento vasto e profundo sobre o sistema de iluminação instalado [45].

Em suma, uma vez que os gastos com a iluminação pública constituem uma importante percentagem do consumo de energia e de emissão de dióxido de carbono, na grande maioria das autoestradas nacionais, torna-se urgente controlar e reduzir o consumo energético público.

Assim, para além da escolha de luminárias energeticamente mais eficientes e de equipamentos de regulação de fluxo, o recurso aos sistemas de telegestão tem sido uma boa opção. Estes facilitam a gestão remota da iluminação pública, possibilitando que o fluxo de energia seja menor quando não há necessidade de gastos maiores.

2.3.5.1 Sistema de comunicação MASTER

Este sistema de comunicação está ligado ao regulador de fluxo, ao DPR (proteção magneto térmica e diferencial rearmável) ou a um contador de energia. Faculta a recolha de dados, a comunicação de avarias através de sms ou via email e a listagem mensal das leituras do contador.

Este módulo de telegestão tem como principais características:

- Possibilidade de efetuar comunicações por GSM/GPRS, por rádio, por fibra ótica ou por ligação direta, com um cabo serie standard, a um PC, ou por GSM/GPRS com um pocket PC;
- Possui 32 entradas digitais;
- Possui relógio astronómico programável desde o centro de controlo;
- Tem 3 saídas auxiliares programáveis.

O objetivo central deste módulo é apurar o estado dos dispositivos em tempo real, ou seja, efetuar a leitura de dados de cada momento, bem como dos dados armazenados durante a noite, e também proceder aos avisos de anomalias via sms para vários números de telemóveis e para um endereço de email..



Figura 42 – Sistema de comunicações – MASTER

O tipo de informação enviada acerca do estado dos dispositivos é referente aos seguintes parâmetros:

- Não há resposta na fase;
- By-pass total na fase;
- By-pass remoto na fase;
- Tensão baixa na fase;
- Excesso de temperatura na fase;
- Excesso de carga na fase;
- Falta de carga na fase;
- Sobreensão na fase;
- By-pass total externo na fase [46].

2.4. ILUMINAÇÃO PÚBLICA

Na conceção de uma rede elétrica de iluminação pública, tal como na conceção de um produto, processo ou serviço existe um documento técnico produzido pelo Instituto Português da Qualidade (IPQ) que estabelece as regras, diretrizes, características e define um conjunto de orientações para seleção das classes de iluminação e aspetos relacionados.

Esta Norma é aplicável a instalações de iluminação pública fixa destinada a fornecer uma boa visibilidade aos utilizadores de zonas de circulação pública exteriores, durante os períodos noturnos, para garantir a segurança e fluência do tráfego e a segurança pública.

Os Parâmetros considerados nesta Norma Permitem:

a) A descrição de uma situação de iluminação em termos da:

- Geometria da zona em consideração;
- Utilização da referida zona;
- Influência das condições ambientais envolventes;

b) Uma análise específica da situação de iluminação, que vise uma utilização racional de energia.

Na sequência desta norma o Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento criou um Documento de Referência para a eficiência energética na iluminação pública; documento que apontará para a classificação energética de uma instalação de IP com recurso a um código de letras (como acontece já em alguns eletrodomésticos e também nos edifícios, por exemplo) e referenciará o modo e o conteúdo de apresentação de um projeto de IP eficiente do ponto de vista energético e alumínico [24].

Classificação Energética das Instalações de Iluminação Pública	
Mais Eficiente	
A	
B	
C	
D	
E	
F	
G	
Menos Eficiente	
Instalação:	
Localidade/Rua:	
Horário de funcionamento:	
Consumo de energia anual (kWh/ano):	
Emissões de CO ₂ anual (KgCO ₂ /ano):	
Índice de eficiência energética (I _e):	
Nível de iluminação média em serviço E _m (lux):	
Uniformidade (%):	
Temperatura de Cor (K):	
Opção por visão mesópica:	
Programação da RFL:	

Figura 43 - Classificação energética das instalações de iluminação pública [24]

Os principais objetivos do Documento de referência aparecem ligados à gestão eficiente dos equipamentos instalados, realçando desde os seguintes:

- Dotar os Decisores de um instrumento que aponte para soluções sustentáveis do ponto de vista de eficiência energética na iluminação, independentemente da fonte ou da tecnologia utilizada.
- Valorizar e dinamizar o projeto luminotécnico.
- Estimular os fabricantes do setor para a busca de soluções mais eficientes.
- Servir de referência para novas instalações e para requalificações.
- Servir de referência para a realização de projetos no âmbito do Quadro de Referência Estratégica Nacional (QREN) ou outros programas.
- Convergência com o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE), normas internacionais e Portaria 454.
- Classificação criteriosa das vias de acordo com o método simplificado da International Commission on Illumination (CIE) 115/2010, que se baseia na norma EN13201.
- Adaptação dos níveis de iluminação às correspondentes classificações das vias, com limites.
- Disciplinar e uniformizar o fator de manutenção global (FM), recorrendo a tabelas de referência.
- Os equipamentos devem cumprir com as especificações da EN 13032 e especificações técnicas das concessionárias das redes, senão devem ter obrigatoriamente certificado da European Norms Electrical Certification (ENEC).
- Limitação do fluxo luminoso para cima, reduzindo a poluição luminosa e a luz intrusiva.
- Classificação Energética de uma instalação IP (A classificação energética só se aplicará à iluminação pública funcional).

- Introdução de um índice de eficiência energética através da fórmula (11):

$$\varepsilon = \frac{k \times s \times E}{P} \quad (11)$$

Sendo que:

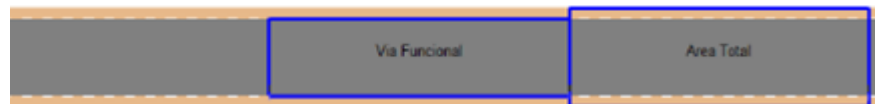


Figura 44 - Cálculo da área para o índice de eficiência energética [24]

s – Área total resultante do produto do valor da distância entre pontos de luz e largura total da via e passeios, no caso do perímetro urbano, de fachada a fachada. (m²)

E – Iluminância por que sem tipo de piso difícil a luminância (lux)

P – Potência total das luminárias mais auxiliares (watts)

k- Este fator é 1 para áreas com larguras superiores a 6 metros e 1,33 para áreas até 6 metros.

Tabela 12 - Índice de eficiência energética das instalações de iluminação pública [25]

Funcional	Eficiência Energética
A	$\varepsilon > 40$
B	$40 \geq \varepsilon > 35$
C	$35 \geq \varepsilon > 30$
D	$30 \geq \varepsilon > 25$
E	$25 \geq \varepsilon > 20$
F	$20 \geq \varepsilon > 15$
G	$\varepsilon \leq 15$

2.4.1 Critérios a considerar em projetos de Iluminação Pública

Os principais objetivos de um sistema de IP são:

- Fornecer informação visual para uma fácil e segura circulação, dos peões e dos condutores, nos espaços públicos de lazer, nas estradas e ruas;
- Segurança de ordem pública e mitigação de atividades ilícitas;
- Proporcionar visão noturna;
- Criação de ambientes agradáveis e acolhedores, em zonas comerciais, parques, jardins e centros históricos;
- Promover ambiências simbólicas e psicológicas;
- Funcionar como elemento de interação social;
- Funcionar como linguagem visual;
- Interagir com a paisagem urbana noturna.

Neste sentido, a Iluminação Pública é um instrumento de conforto, segurança e atratividade numa cidade ao mesmo tempo que potencia a perceção ambiental e influencia o comportamento humano; sendo que o sistema de IP não é mais um processo técnico e uni disciplinar mas sim um processo político e multidisciplinar.

2.4.1.1 - Otimização

Há que ter em conta novas considerações de projeto e construção das redes de IP, como por exemplo, uma potencial diminuição do número ou potência de fontes de luz a utilizar em novos projetos. Isto é conseguido otimizando o espaçamento, os esforços mecânicos, as características das fontes de luz e a altura dos postes.

Um outro aspeto positivo que resulta do aumento da altura dos postes é a diminuição do vandalismo, com a conseqüente redução dos custos de manutenção. Os postes de iluminação são definidos nas séries da norma EN 40 e podem ter um tempo de vida superior a 50 anos. Desta forma, poder-se-á obter um menor número de postes e luminárias, mantendo ou até mesmo melhorando a visibilidade noturna com custos mais reduzidos.

2.4.1.2 - Encandeamento Incomodativo

Corresponde à perda de facultades de visualizar os objetos, agudeza visual, provocando simultaneamente fadiga ocular, em condições dinâmicas e pode ser calculado através da fórmula (12) [35]:

$$G = IEL + VRI \quad (12)$$

Em que:

G - representa o índice de deslumbramento incomodativo;

IEL - representa o índice específico da luminária;

VRI - representa o valor real da instalação.

2.4.1.3 - Encandeamento Perturbador

O Encandeamento Perturbador (TI) é uma medida que permite quantificar a perda de visibilidade causada pelo encandeamento das luminárias de iluminação pública [10]. A Figura 45 representa uma explicação em 2D da decomposição do fator TI nas suas variáveis constituintes. Esta medida indica que, embora a iluminação rodoviária melhore as condições visuais ela também provoca encandeamento em que a gravidade depende do tipo de luminária, lâmpada e situação geométrica [11]. O encandeamento perturbador vem em percentagem.

$$TI = \frac{65}{(L_{med})^{0,8}} \times L_v \quad (13)$$

$$L_v = 10 \sum_{k=1}^n \frac{E_k}{\theta_k^2} = \frac{E_1}{\theta_1^2} + \frac{E_2}{\theta_2^2} + \dots + \frac{E_k}{\theta_k^2} + \dots + \frac{E_n}{\theta_n^2} \quad (14)$$

Em que [8]:

L_{med} – Luminância média da estrada (cd/m^2)

L_v – Luminância encandeante equivalente (*veiling equivalent luminance*) (cd/m^2)³

E_k – Iluminância (lux, baseada no fluxo inicial da lâmpada em lumens) produzida pela luminária k , num plano normal à linha de visão e à altura do olho do observador.

θ_k – Ângulo, em graus, do arco entre a linha de visão e a linha desde o observador ao centro da luminária k

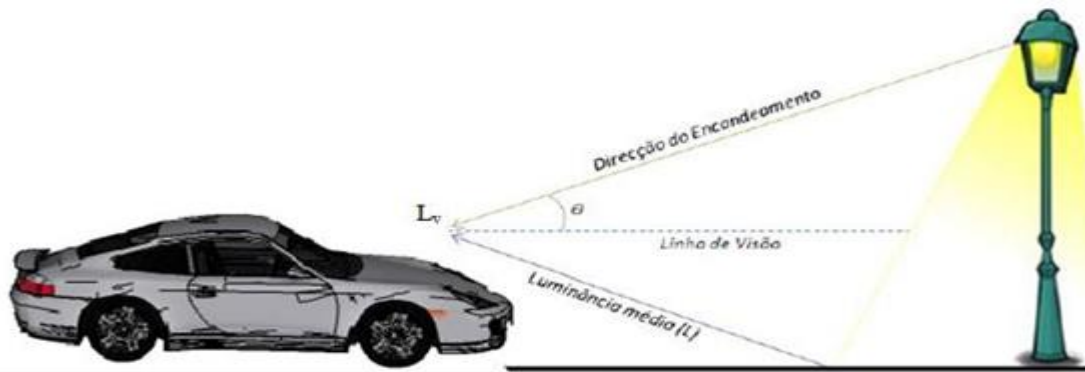


Figura 45 - Disposição das variáveis, utilizadas no cálculo do encadeamento perturbador, num espaço 2D.

De forma a evitar este encadeamento há que aumentar o nível de contraste para que o objeto seja visível nessas condições, ou seja, quanto maior for o valor de TI maior tem de ser o nível de contraste [8]. A Figura 46 mostra a variação das três curvas de adaptação da luminância do condutor. É possível perceber que quanto menor é a luminância, ou seja, a percepção da luz pelo olho humano maior é a percentagem de perda de visibilidade causada pelo encadeamento das luminárias. Esta perda de visibilidade é acentuada com o aumento da idade. É importante referir que segundo a norma EN13201-2, os valores de TI normalizados variam entre 10% e 15% com a diminuição das exigências na classificação da classe de iluminação da autoestrada, respetivamente.

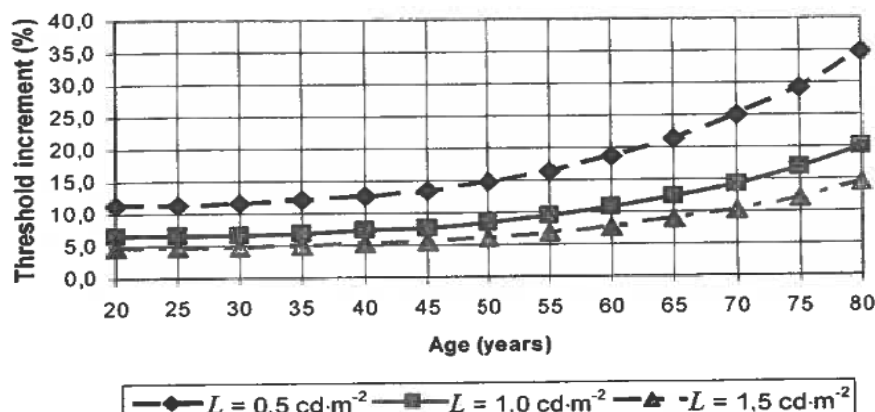


Figura 46 - Função do encadeamento perturbador para um sistema de iluminação fictício, considerando três níveis diferentes de luminância [37].

2.4.3 Rácio Envolvente

Um dos principais objetivos na IP é providenciar uma boa iluminação na superfície das ruas e estradas de modo a que os obstáculos sejam facilmente identificáveis. No entanto, a parte superior de objetos mais altos na estrada, e os objetos que se encontram nas laterais das faixas de rodagem (particularmente em secções curvas), são vistos apenas se existir uma boa iluminação na envoltória da estrada, ou seja, na sua vizinhança. Com efeito, uma iluminação adequada da zona envolvente à estrada possibilita ao condutor uma melhor perceção da sua situação, fazendo ajustamentos devidos de velocidade e trajetória a tempo.

A função do rácio envolvente (SR) é assegurar que o fluxo luminoso direcionado para a periferia das estradas seja suficiente para tornar perfeitamente visível os corpos aí existentes. Assim, incrementa-se, por exemplo, a segurança dos peões nos passeios [35].

O SR é definido como sendo a iluminância média horizontal nas duas faixas longitudinais exteriores aos limites laterais de uma faixa de rodagem de viaturas, dividida pela iluminância média horizontal de duas faixas longitudinais dessa estrada, adjacentes aos seus limites



Figura 47 - Parâmetros utilizados no cálculo do Rácio Envolvente [35]

A largura de cada uma dessas faixas longitudinais definidas, para o cálculo do rácio envolvente, terá de ser a mesma. O seu valor será o mínimo dos valores das seguintes três hipóteses:

- 5 metros:

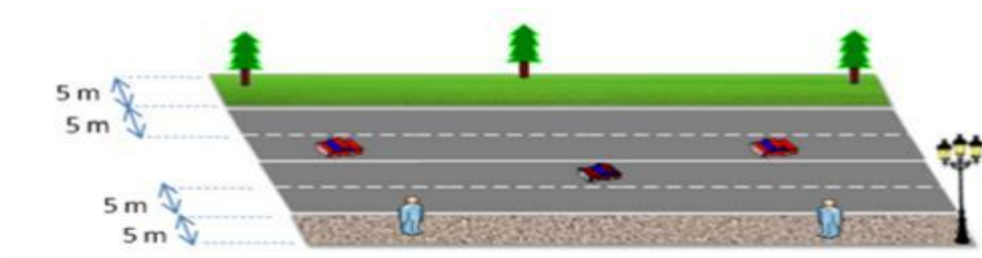


Figura 48 - Máxima largura das faixas

- Metade da largura da estrada:

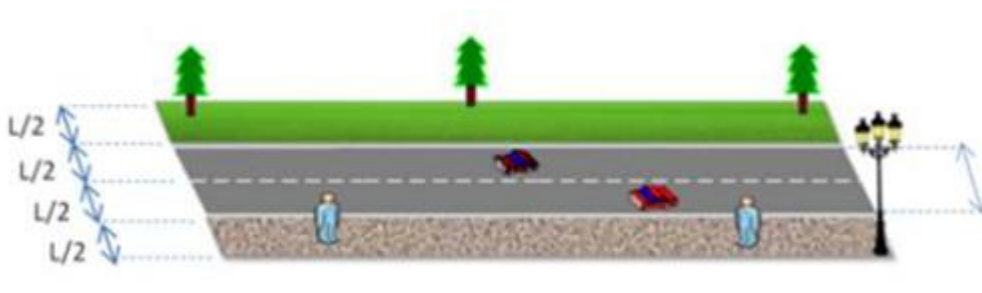


Figura 49 - Situação em que o cálculo é feito para metade da largura da estrada [33]

- Largura da faixa exterior ao limite da estrada que não esteja obstruída;

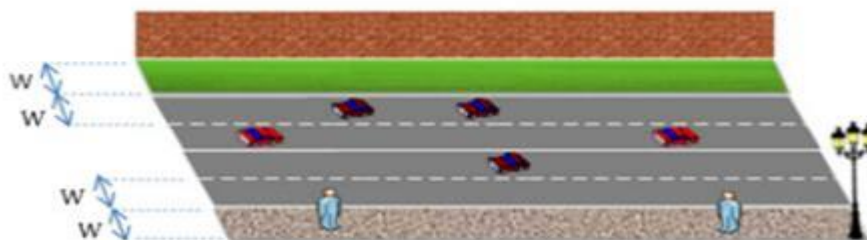


Figura 50 - Situação em que existe uma obstrução numa das extremidades da via

Em qualquer um dos casos o rácio envolvente (SR) poderá ser calculado através da iluminância média (\bar{E}) das várias faixas, pela seguinte expressão (16):

$$SR = \frac{\bar{E}_1 + \bar{E}_4}{\bar{E}_2 \bar{E}_3} \quad (16)$$

3. ILUMINAÇÃO PÚBLICA: DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Aquando da realização de um projeto de iluminação pública, para além de ser impreterível o cumprimento dos requisitos que permitirão obter-se os resultados esperados em termos de iluminação para um determinado local, é igualmente necessário e incontornável o cumprimento da legislação aplicável. Para o efeito, existe a EN 13201, cuja organização nacional de normalização dos seguintes países é obrigadas a aplicar a referida Norma: Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Eslováquia, Espanha, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Hungria, Irlanda, Islândia, Itália, Luxemburgo, Malta, Noruega, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suécia e Suíça.

3.1. NORMA EN 13201

A EN 13201, aplicável à iluminação pública, está dividida em quatro partes, que visam o seguinte:

EN 13201-1: Escolha das classes de iluminação;

EN 13201-2: Parâmetros fotométricos recomendados;

EN 13201-3: Cálculo dos parâmetros fotométricos;

EN 13201-4: Métodos de medição das performances fotométricas.

3.1.1 - EN 13201-1 – Escolha das classes de iluminação

A escolha das classes de iluminação tem que obedecer a determinados critérios consoante o tipo de via a que se destina a iluminação. As classes de iluminação existentes são:

- Classes de iluminação M para tráfego motorizado;
- Classes de iluminação C para áreas de conflito;
- Classes de iluminação P para áreas pedestres e áreas onde o tráfego se processe a velocidade reduzida.

Os parâmetros a ser tomados em conta para a **classe M** são:

- Velocidade (natureza da via): alta ou moderada;
- Geometria (separação de vias, tipos de entradas/saídas na via, áreas de conflito): separação das vias – sim ou não; Densidade de saídas/entradas na via – alta ou moderada;
- Natureza do tráfego (fluxo do tráfego, ciclistas, peões, estacionamento, propensão ao crime/necessidade de reconhecimento facial): apenas motorizado, ou misto com elevada percentagem de não-motorizado;
- Influências ambientais (complexidade do campo visual, luminância envolvente, condições climatéricas);
- Orientação visual, controlo de tráfego: Fraca, boa ou muito boa.

As áreas de conflito ocorrem quando vias de circulação se intersectam ou desembocam em áreas frequentadas por peões, ciclistas ou outros utilizadores e são exemplo de zonas de conflito: cruzamentos, rotundas, estradas de ligação com largura e número de faixas reduzidas, etc.

Para a classe C, os parâmetros são:

- Velocidade: alta, moderada ou baixa;
- Volume de tráfego: muito elevado, elevado, moderado, reduzido ou muito reduzido;
- Composição do tráfego: apenas motorizado, misto, ou misto com elevada percentagem de não-motorizado;
- Separação das vias: sim ou não;
- Luminância envolvente: muito alta, alta, moderada, baixa ou muito baixa;
- Orientação visual, controlo de tráfego: pobre, bom, muito bom.

A existência destas áreas tem como resultado o aumento da probabilidade de colisão entre os diversos utilizadores da estrada. Assim, a iluminação destas zonas deverá revelar

em especial: a posição dos passeios, as marcas e sinalizações da estrada, a movimentação dos veículos na vizinhança da área e a presença de pedestres, outros utilizadores e de eventuais obstáculos.

Para a classe P, os parâmetros a considerar são:

- Velocidade: baixa ou muito baixa (velocidade de marcha);
- Volume de tráfego: muito elevado, elevado, moderado, baixo ou muito baixo;
- Composição do tráfego: peões, ciclistas e tráfego motorizado; peões e tráfego motorizado; apenas peões e ciclistas; apenas peões; apenas ciclistas.
- Estacionamento de veículos: presente ou ausente;
- Reconhecimento facial: necessário ou não;
- Luminância envolvente: muito alta, alta, moderada, baixa ou muito baixa.

Para efetuar a correspondência entre as classes de iluminação e os critérios a ter em consideração, existem tabelas para o efeito, enunciadas de seguida. Os valores mencionados referem-se à luminância média recomendada para os diversos tipos de vias.

As tabelas 13 e 14 são respeitantes aos valores de luminância média recomendada para as vias interurbanas, nas quais a velocidade máxima autorizada está compreendida entre 70 km/h e 130 km/h.

As tabelas 15 e 16 dizem respeito aos valores de luminância média recomendada para as vias urbanas, com uma velocidade máxima autorizada de 50 km/h, nas quais as posições de observação são múltiplas e não permitem exprimir valores de luminância significativos.

A tabela 17 é específica para as situações respeitantes a zonas rurais, nas quais as performances são sempre indicadas em termos de luminância.

Tabela 13 - Nível de luminância média [cd/m^2] para vias interurbanas

Tipo de via	Características	Luminância média [cd/m^2]		Norma EN 13201-1	
		Fraca	Elevada	Classe iluminação	Situações
Auto-estrada Interurbana (A)	Complexidade: normal Densidade de tráfego: Elevada Distância entre acessos: ≥ 3 km				A1
	$15000 \leq$ Densidade de tráfego \leq 25000	1	1,5	ME2	
	Densidade de tráfego ≥ 25000	1,5	2	ME2	
				ME1	
Estrada nacional interurbana (B)	Complexidade: normal Veículos em estacionamento: não Densidade de tráfego: elevada Distância entre acessos: ≤ 3 km				A2
	Densidade de tráfego ≤ 7000	1	1,5	ME3	
	Densidade de tráfego ≤ 25000	1,5	2	ME2	
	Densidade de tráfego ≥ 25.000	1,5	2	ME2 ME1	
Estrada secundária interurbana (C)	Complexidade: normal Densidade de tráfego: normal; Distância entre acessos: ≤ 3 por km	0,75		ME4	B2
			1	ME3	

Sendo:

(A)- Vias separadas; Velocidade ≤ 130 km/h; Apenas veículos motorizados;

(B)- Via única; Velocidade ≤ 90 km/h; Veículos motorizados; Veículos motorizados lentos; Ciclistas;

(C)- Velocidade ≤ 90 km/h; Veículos motorizados; Veículos motorizados lentos; Ciclistas.

Tabela 14 - Nível de luminância média [cd/m²] para vias urbanas [7]

Tipo de via	Características	Iluminância média (lux)		Norma EN 13201-1	
		Fraca	Elevada	Classe iluminação	Situações
Circunvalação Autoestrada urbana (D)	Complexidade: elevada Densidade de tráfego: elevada Distância entre acessos: ≥ 3 km				A1
	15000 ≤ Densidade tráfego ≤ 25000	-	1,5	CE2	
	Densidade tráfego ≥ 25000	-	2	CE2	
Estrada de entrada em cidade (E)	Complexidade: elevada Veículos em estacionamento: não Tráfego de ciclistas: existente	1	1,5	ME3 ME2	B1
	Cruzamentos ≥ 3 por km Densidade de tráfego: elevada				
Estrada de entrada em localidade (F)	Complexidade: elevada Veículos em estacionamento: sim Tráfego de ciclistas: existente	-	1,5	ME2	B2
	Cruzamentos: ≥ 3 por km Densidade de tráfego: elevada				

Sendo:

(D)- Vias separadas; Velocidade ≤ 110 km/h; Apenas veículos motorizados.

(E)- Via única; Velocidade ≤ 70 km/h; Zona sem habitações; Zona industrial; Veículos motorizados; Ciclistas; Peões.

(F)- Velocidade ≤ 70 km/h; Zona habitacional; Veículos motorizados; Veículos motorizados lentos; Ciclistas; Peões.

Tabela 15 - Nível de iluminância média (lux) para vias urbanas [7]

Tipo de via	Características	Iluminância média (lux)		Norma EN 13201-1	
		Fraca	Elevada	Classe iluminação	Situações
Via urbana importante (Praça, avenida) (G)	(1)	-	20	CE2	B2
Via urbana secundária (Rua, avenida) (H)	(2)	10	15	CE4 CE3	B2
Serviço rodoviário (rua) (I)	(3)	10	15	CE4 CE3	D1 D2 D3 D4

Sendo:

(G) - Velocidade \leq 50 km/h; Veículos motorizados; Veículos lentos; Ciclistas; Peões.

(1) - Complexidade: elevada; Veículos em estacionamento: sim; Tráfego de ciclistas: existente; Cruzamentos \geq 3 por km; Densidade de tráfego: elevada.

(H) - Velocidade \leq 50 km/h; Veículos motorizados; Veículos lentos; Ciclistas; Peões.

(2) - Complexidade: normal a elevada; Veículos em estacionamento: sim; Tráfego de ciclistas: existente; Cruzamentos \leq 3 por km; Densidade de tráfego: normal.

(I) - Velocidade \leq 30 km/h; Veículos motorizados; Veículos lentos; Ciclistas.

(3) - Complexidade: normal ou elevada; Veículos em estacionamento: sim; Tráfego de ciclistas ou peões: normal ou elevado; Tráfego automóvel: normal ou elevado; Risco de agressão: normal ou elevado; Reconhecimento da face: necessário.

Tabela 16 - Nível de iluminância média (lux) para vias urbanas

Tipo de via	Características	Iluminância média (lux)		Norma EN 13201-1	
		Fraca	Elevada	Classe iluminação	Situações
Via zona comercial (J)	Risco de agressão: elevado				
	Reconhecimento da face: necessário				
	Dificuldade de circulação: elevada	-	20	CE2	D2
	Densidade de peões: normal a elevada				
Via pedonal isolada da estrada	Risco de agressão: elevado			S3 a S2	
	Reconhecimento da face: necessário	7,5 a 10	15 a 20	S2 a S1	E1
	Densidade de peões: normal a elevada			CE2	
Apenas peões.					
Vias de peões; Pista para ciclistas adjacente a uma estrada	Risco de agressão: normal				
	Reconhecimento da face: necessário	7,5 a 10	15	S3 a S2	E2
	Densidade de peões: normal a elevada			S2 a S1	C1
Praças, rotundas (K)	Múltiplas interceções	Via de acesso mais iluminada	Praça ou rotunda respectiva		
	Densidade de tráfego: elevada				
	Complexidade: elevada			CE1	
	Veículos em estacionamento sim ou não	20	30	CE2	
		15	20	CE3	
		10	15	CE4	
	Reconhecimento da face: necessário	7,5	10		
	Risco de agressão: normal				

Sendo:

(J) - Velocidade \leq 30 km/h; Veículos motorizados; Veículos lentos; Ciclistas; Peões.

(K) - Veículos motorizados; Veículos lentos; Ciclistas; Peões.

Tabela 17 – Nível de iluminância média (lux) para vias rurais

Tipo de via	Características	Iluminância média (lux)		Norma EN 13201-1	
		Fraca	Elevada	Classe iluminação	Situações
Via de acesso a localidade (L)	(4)	15	20	CE2	B1
Via de travessia Rua principal (M)	(5)	-	15 a 20	CE3	B2
Via transversal (N)	(6)	7,5 a 10	10	CE5 CE4	D2
Loteamento (O)	(7)	10	15	CE4 CE2	D2
Praças Rotundas (P)	(8)	Via de acesso mais iluminada		Praça ou rotunda respectiva	
		20	30	CE1	
		15	20	CE2	
		10	15	CE3	
		7,5	10	CE4	

Sendo:

- (L) - Velocidade ≤ 70 km/h; Veículos motorizados; Veículos lentos; Ciclistas; Peões.
- (4) - Complexidade: normal; Veículos em estacionamento: sim; Tráfego de ciclistas: normal; Cruzamentos ≥ 3 por km.
- (M) - Velocidade ≤ 50 km/h; Veículos motorizados; Veículos lentos; Ciclistas; Peões.
- (5) - Complexidade: normal; Veículos em estacionamento: sim; Tráfego de ciclistas: normal; Cruzamentos ≥ 3 por km.
- (N) - Velocidade ≤ 50 km/h; Veículos motorizados; Veículos lentos; Ciclistas; Peões.
- (6) - Complexidade: normal; Veículos em estacionamento: sim; Tráfego de ciclistas:

normal; Cruzamentos ≥ 3 por km.

(O) - Velocidade ≤ 30 km/h; Veículos motorizados; Ciclistas; Peões.

(7) - Risco de agressão: normal; Reconhecimento da face: necessário; Dificuldade de tráfego: normal.

(P) - Velocidade ≤ 30 km/h; Veículos motorizados; Ciclistas; Peões.

(8) - Múltiplas interceções; Densidade de tráfego: elevada; Complexidade: elevada; Veículos em estacionamento: sim ou não; Reconhecimento da face: necessário; Risco de agressão: normal

A Tabela 18 apresenta um resumo das tabelas 12, 13, 14, 15 e 16.

Tabela 18 - Tabela-resumo

Categoria da via	Tabela	Tipo de via
Interurbana	3.1	Autoestrada
		Estrada nacional
		Estrada secundária
Urbana	3.2	Autoestrada urbana
		Circunvalação
		Estrada periférica
		Estrada de entrada em zona habitada ou não habitada
		Avenida
Urbana	3.3	Via secundária
		Via de serviço
Urbana	3.4	Via comercial
		Via pedonal
		Pista de ciclismo
		Passeio
		Rotunda
Rural	3.5	Via de acesso a localidade
		Rua principal
		Via transversal
		Loteamento
		Rotunda

O fator de manutenção de uma instalação poderá afetar significativamente a potência da fonte de luz a instalar, bem como o número de luminárias necessárias para alcançar os valores de iluminância/luminância especificados e depende de dois fatores de depreciação: o referente às luminárias e o referente ao fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas.

$$FM = FMLL \times FSL \times FML \quad (17)$$

Onde FM é o fator de manutenção, FMLL é o fator de manutenção da luminosidade da lâmpada, FSL é o fator de sobrevivência da lâmpada e FML é o fator de manutenção da luminária.

A figura 51 apresenta o fator de manutenção de uma instalação (**FM**).

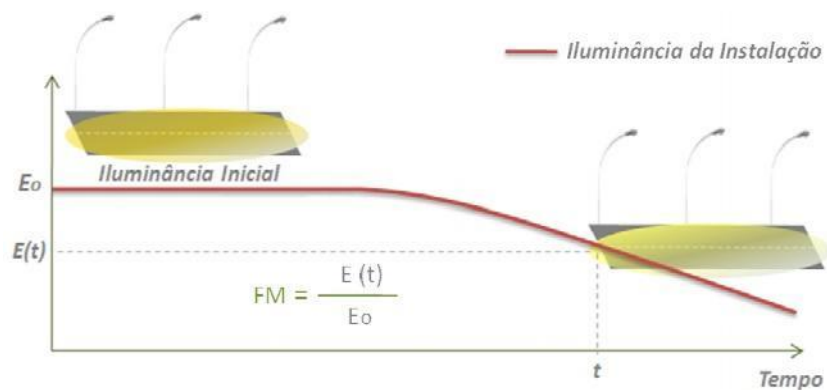


Figura 51 - Fator de manutenção de uma instalação [37]

Na tabela 19, são indicados os valores do fator de manutenção da instalação em função dos parâmetros:

- Ciclo de manutenção (8000 horas e 12000 horas);
- Grau de poluição do ambiente (fraco ou forte);
- Características mecânicas da luminária utilizada (material da tampa e índice de proteção IP);
- Fator de depreciação do fluxo luminoso das lâmpadas utilizadas.

Tabela 19 - Fator de manutenção de uma instalação para lâmpadas de sódio de alta pressão tubulares e lâmpadas de iodetos metálicos

Grau de poluição	Horas de funcionamento antes de manutenção (h)	Factor de manutenção da instalação			
		Tipo de lâmpada	IP55 Tampa plástica	IP65	
				Tampa plástica	Tampa em vidro
Fraco	8000	HPS tubular	0,74 a 0,78	0,76 a 0,80	0,81 a 0,86
Grau 1	12000		0,61 a 0,72	0,63 a 0,72	0,68 a 0,78
Forte	8000		0,63 a 0,66	0,68 a 0,72	0,76 a 0,80
Grau 2-3	12000		0,50 a 0,57	0,55 a 0,63	0,63 a 0,72
Fraco	8000	Iodetos metálicos	0,59 a 0,70	0,60 a 0,71	0,66 a 0,76
Grau 1	12000		0,44 a 0,59	0,46 a 0,60	0,49 a 0,66
Forte	8000		0,50 a 0,60	0,55 a 0,65	0,60 a 0,71
Grau 2-3	12000		0,36 a 0,48	0,40 a 0,61	0,46 a 0,61

A figura 52 apresenta o fator de manutenção da luminosidade da lâmpada (FMLL) [EN 12665:2002].

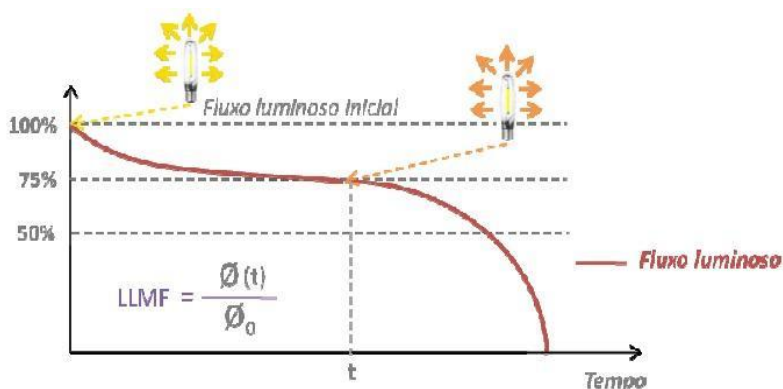


Figura 52 - Fator de manutenção da luminosidade da lâmpada

O fator de sobrevivência da lâmpada (FSL) está ilustrado na figura 53 e depende do número de horas de funcionamento.

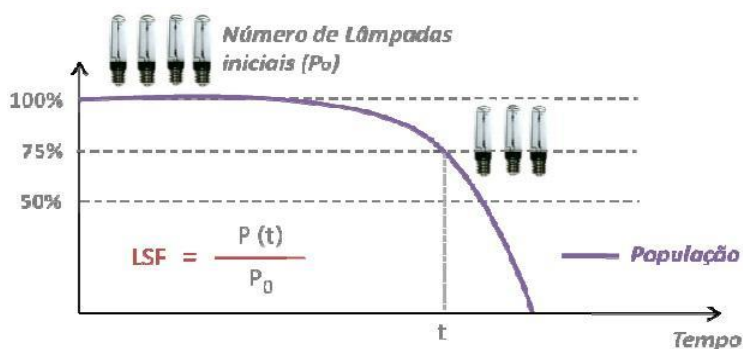


Figura 53 - Fator de sobrevivência da lâmpada

O fator de manutenção da luminária (FML) está ilustrado na figura 54.

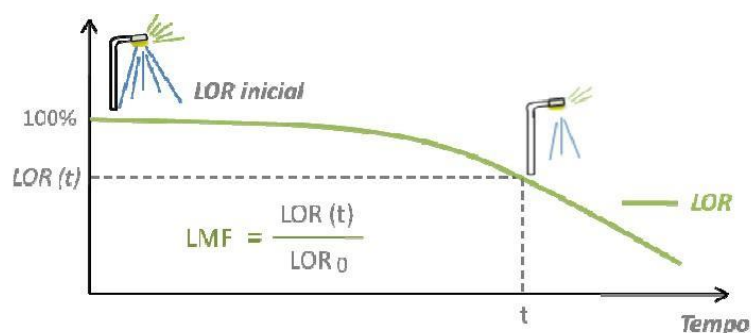


Figura 54 - Fator de manutenção da luminária

A tabela 20 apresenta o fator de manutenção da luminária em função do grau de poluição.

Tabela 20 – Fator de manutenção da luminária

Grau de poluição	Horas de funcionamento antes de manutenção (h)	Fator de manutenção da luminária		
		IP55 Tampa plástica	IP65	
			Tampa plástica	Tampa em vidro
Fraco	8000	0,82	0,84	0,90
Grau 1	12000	0,74	0,76	0,82
Forte	8000	0,70	0,76	0,84
Grau 2-3	12000	0,66	0,66	0,76

O grau de poluição numa zona industrial é por norma superior, do que o encontrado numa zona rural. Tal como, o pó seco de uma pedreira é muito diferente do lixo causado pelos insetos. As definições constam na tabela 21.

Tabela 21 – Grau de poluição a ter em consideração na escolha de uma luminária

Poluição	Definição
Forte	Fumo gerado por atividades relativamente próximas, envolvendo as luminárias
Fraca	Nível de contaminação ambiente reduzido, não existindo fumo ou poeiras geradas nas proximidades e está presente em zonas residenciais ou áreas rurais, com tráfego ligeiro. Define-se como contendo um nível de partículas no meio $\leq 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

O fluxo luminoso associado ao FMLL decresce ao longo do tempo e a taxa exata dependerá do tipo de lâmpada que será usada e do respetivo balastro. Na tabela 22 são apresentados os valores associados ao FMLL em função do tipo de lâmpada

Tabela 22 - Fator de manutenção da luminosidade da lâmpada

Fonte de luz	Tempo de operação (horas)				
	4000	6000	8000	10000	12000
HPS	0,98	0,97	0,94	0,91	0,90
Iodetos metálicos	0,82	0,78	0,76	0,74	0,73
LPS	0,98	0,96	0,93	0,90	0,87
LED	-	-	-	-	0,95

3.1.2 - EN 13201-2 – Parâmetros fotométricos recomendados

A norma EN 13201-2 contém os requisitos de performance nas classes definidas (ME1 ... ME6, MEW1 ... MEW6, CE0 ... CE5, S1 ... S6, ES1 ... ES6, A1 ... A6), já incluídos na Tabela 12 à Tabela 16, para cada caso.

Esta parte da presente Norma define, tomando em consideração requisitos fotométricos, as classes de iluminação para iluminação de vias, tendo em conta as necessidades visuais dos utilizadores, bem como considerando aspetos ambientais da iluminação de vias.

Uma classe de iluminação é definida por um conjunto de requisitos fotométricos cujo objetivo é proporcionar aos utilizadores de um determinado tipo de via as necessidades visuais adequadas, quer para a via em si quer para o ambiente envolvente.

O objetivo da introdução de classes de iluminação é tornar mais fácil o

desenvolvimento de produtos de iluminação destinados às vias rodoviárias nos países membros da CEN.

As classes ME são aplicáveis a vias onde se verifique a circulação de veículos motorizados, onde seja praticável velocidade média a alta.

As classes CE têm o mesmo propósito das classes ME, mas para uso em áreas conflituosas, como ruas de comércio, intersecção de vias de alguma complexidade, rotundas e áreas de congestionamento de trânsito (filas). Estas classes têm igualmente aplicação para percursos mistos, i.e., onde a via em causa permita a circulação simultânea de peões e veículos motorizados.

As classes S e A são aplicáveis a percursos de peões e ciclovias (isolados, portanto, da via destinada à circulação normal de veículos), faixas de circulação de veículos de emergência e outras vias que se encontrem separadas da via normal de circulação, bem como áreas de estacionamento, ruas vedadas à circulação de veículos (apenas percursos a pé), etc.

As classes ES são classes adicionais e específicas para situações onde se verifique a necessidade de identificação de pessoas e objetos e em áreas de circulação com risco de crime agravado.

As classes EV são classes adicionais e específicas para situações onde seja necessário visualizar superfícies verticais, tais como zonas de portagem, por exemplo.

Os requisitos das classes de iluminação refletem a categoria do utilizador ou o tipo de via. Assim, as classes ME baseiam-se na luminância da superfície da via, enquanto as classes CE, S e A baseiam-se na iluminação da área da via. As classes S e A refletem diferentes prioridades para a iluminação da via. As classes ES baseiam-se em iluminância semicilíndrica, enquanto as classes EV baseiam-se na iluminação do plano vertical.

O intuito em iluminar zonas de atravessamento de peões é atrair a atenção dos condutores de veículos motorizados para a presença destes e iluminar tanto os peões que estão a atravessar bem como os que se encontram na berma a aguardar que possa ser feito o atravessamento.

3.1.3 - EN 13201-3 – Cálculo dos parâmetros fotométricos

Os métodos de cálculo descritos nesta parte permitem a obtenção das características de qualidade de iluminação mediante procedimentos padronizados, no sentido de obter, a partir de diferentes fontes, uma base uniforme. Nesta secção, são definidas e descritas as convenções e procedimentos matemáticos a ser adotados no cálculo dos parâmetros fotométricos de instalações de iluminação pública, tendo em consideração a norma EN13201-2.

3.1.4 - EN 13201-4 – Métodos de medição das performances fotométricas

Esta parte especifica os procedimentos a ter em consideração para se efetuar medições fotométricas e outras relacionadas, na iluminação pública.

Os procedimentos adotados devem ser levados a cabo apenas com o propósito de medição. Quando as medições são requeridas para intuito de comparação com valores previamente calculados, deve ser tido um maior rigor na medição para assegurar que possa ser feita uma comparação válida. Quando as medições têm o propósito de monitorização do estado da instalação, é possível que o leque de medições a efetuar não seja tão abrangente, e compreenda localizações mais espaçadas. O essencial neste caso é que as medições sejam levadas a cabo da mesma forma que a monitorização. Noutros casos, o controlo in loco é suficiente.

As convenções para posição de observação e locais de medição são os adotados na EN 13201-3. As condições que poderão levar a imprecisões nas medições estão identificadas e as precauções que permitam uma diminuição deste tipo de erro estão previstas e devidamente referenciadas. Está também disponível o formato a adotar aquando da apresentação de resultados.

3.2. CLASSIFICAÇÃO DA VIA E NÍVEIS MÍNIMOS DE REFERÊNCIA

Para a classificação das instalações haverá dois grupos [8]:

- **ILUMINAÇÃO PÚBLICA FUNCIONAL**
- **ILUMINAÇÃO DECORATIVA**

3.2.1 - Iluminação Pública Funcional

Para estabelecer as condições adequadas de iluminação deverá ser utilizado o método simplificado preconizado na CIE 115:2010, reduzindo o número de parâmetros necessários e obviando às interpretações diversificadas a que a aplicação direta da norma EN13201 poderia conduzir.

Nos pontos seguintes serão enumeradas as classes e as metodologias para a seleção das classes de iluminação, sendo que prevalecerão sempre os documentos EN13201 e CIE115. No final é apresentado o exemplo de seleção diferenciada de classes em diferentes horas do anexo E da CIE115.

3.2.2 - Zona Fora do Perímetro Urbano

Inclui todas as vias fora do perímetro urbano, incluindo vias de circulação periféricas ao tecido urbano com traçado simples (retas e curvas largas), onde seja possível medir luminâncias.

3.2.2.1 - Classes ME

Para estas vias aplica-se a EN13201, classe ME porque é possível a medição de luminâncias:

Tabela 23 - Categorias de iluminação da Classe ME: Vias para veículos motorizados onde o cálculo de luminância é aplicável. Tabela válida para condições atmosféricas secas

Classe da via	Luminância da superfície da via em condições secas			Encandeamento perturbador	Iluminação envolvente
	Luminância média	Uniformidade global	Uniformidade longitudinal	Aumento limiar	Relação entorno SR
	L_{med} [cd/m^2]	U_0	U_l	TI (%)	
ME1	2	0,4	0,7	10	0,5
ME2	1,5	0,4	0,7	10	0,5
ME3	a	0,4	0,7	15	0,5
	b		0,6		
ME4	a	0,4	0,6	15	0,5
	b		0,5		
ME5	0,5	0,35	0,4	15	0,5
ME6	0,3	0,35	0,4	15	Sem requisitos

Para a iluminação pública funcional, os níveis médios calculados não deverão ultrapassar 120% nem serem inferiores a 95% dos níveis de referência da tabela anterior:

- É permitido um aumento de 5% no valor do TI quando forem usadas fontes de iluminação com baixa luminância (lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão e fluorescentes tubulares, ou então fontes de luz com luminância idêntica ou inferior).
- Significa que este critério apenas poderá ser aplicado em locais onde não existam zonas de tráfego com os seus próprios requisitos adjacentes às faixas de rodagem. É um valor não ótimo (com uma uniformidade longitudinal mais baixa) normalizado.

Em situações onde não seja aconselhável a medição da luminância, será utilizada a conversão de candelas para lux na relação de 1 para 15.

3.2.2.2 - Determinação da Classe ME

Para a determinação da classe ME, e de acordo com a CIE115, deve proceder-se do seguinte modo [10]:

- Atribuir, apropriadamente, um fator de peso a cada trâmite especificado
- Somar todos esses fatores selecionados, obtendo um valor “Total”.
- Introduzir esse valor na equação: Índice (ME) = 6 – Total, obtendo o índice da classe ME.

De notar que poderá ser necessário arredondar o valor de “Total” para o número inteiro mais baixo, ou mesmo limitar o intervalo de valores possíveis entre zero e seis.

A determinação da classe ME será feita de acordo com a tabela seguinte:

Tabela 24 – Seleção das classes de iluminação ME.

Parâmetro	Opções	Factor de peso
Velocidade	Muito alta	1
	Alta	0,5
	Moderada ou reduzida	0
Volume de tráfego	Muito elevado	1
	Alto	0,5
	Moderado	0
	Baixo	-0,5
	Muito baixo	-1
Composição do trânsito	Elevada percentagem de não motorizados	2
	Misturado	1
	Apenas motorizado	0
Separação de faixas	Não	1
	Sim	0
Densidade de cruzamentos	Alta	1
	Moderada	0
Veículos estacionados	Presente	1
	Não presente	0
Luminância ambiente	Alta	1
	Moderada	0
	Baixa	-1
Controlo do trânsito	Fraco	0,5
	Moderado ou Bom	0

Para a determinação da classe ME, e de acordo com a CIE115, deve proceder-se do seguinte modo [10]:

- Atribuir, apropriadamente, um fator de peso a cada trâmite especificado
- Somar todos esses fatores selecionados, obtendo um valor “Total”.
- Introduzir esse valor na equação: Índice (ME) = 6 – Total, obtendo o índice da classe ME.

De notar que poderá ser necessário arredondar o valor de “Total” para o número inteiro mais baixo, ou mesmo limitar o intervalo de valores possíveis entre zero e seis.

Para determinação das opções para a velocidade deverá ser utilizado, como referência, o seguinte:

- **Moderada ou Reduzida:** [0 km/h; 70 km/h];
- **Alta:** [70 km/h; 100 km/h];
- **Muito Alta:** Superior a 100 km/h.

Para determinação das opções para o volume de tráfego deverão ser utilizados, como referência, os seguintes valores:

- **Muito Baixo:** inferior a 4.000 veículos por dia;
- **Baixo:** 4.000 a 15.000 veículos por dia;
- **Moderado:** 15.000 a 25.000 veículos por dia;
- **Alto:** 25.000 a 40.000 veículos por dia;
- **Muito Alto:** Superior a 40.000 veículos por dia.

Para determinação das opções para a Luminância Ambiente, deverá ser utilizado, como referência, o seguinte [10]:

- **Baixa:** Zonas Rurais, nomeadamente zonas onde a IP seja a única fonte de iluminação;
- **Moderada:** Zonas com contribuição de iluminação de sinaléticas, spots publicitários e contribuição residencial;
- **Alta:** Centros Urbanos com grande quantidade de iluminação decorativa, montras e outros sistemas de iluminação de exteriores (e.g. estacionamento).

Caberá ao projetista, em situações especiais (por exemplo determinação do volume de tráfego), realizar a avaliação em alinhamento com a entidade exploradora da autoestrada.

3.2.3 - Zonas de conflito

Nas zonas de conflito, que ocorrem quando vias de circulação se intersectam ou desembocam em áreas frequentadas por pedestres, ciclistas ou outros utilizadores, deverá ser utilizada a classe CE.

São exemplo de zonas de conflito:

- **Cruzamentos.**
- **Rotundas.**
- **Estradas de ligação com largura e número de faixas reduzidas.**
- **Zonas de centros comerciais, etc.**

A existência destas áreas resulta, portanto, num aumento da probabilidade de colisão entre os diversos utilizadores da estrada. Logo a iluminação destas zonas deverá revelar em especial a:

- **Posição dos passeios e lancis.**
- **Marcas e sinalizações da estrada.**
- **Movimentação dos veículos na vizinhança da área.**

Presença dos pedestres, outros utilizadores (e.g. ciclistas) e de eventuais obstáculos. De acordo com a CIE115 estas zonas deverão ter um índice um nível superior às estradas adjacentes, devendo ser utilizada a seguinte tabela [10]:

Tabela 25 - Atribuição da classe da área do conflito mediante a classe da estrada adjacente

Classe da estrada adjacente	Classe da área de conflito
ME1	ME1
ME2	ME1
ME3a	ME2
ME4a	ME3a
ME5	ME4a
ME6	ME5

3.2.4 - Zonas Pedonais e Áreas com Baixa Velocidade de Tráfego

Os critérios para uma boa qualidade de iluminação nas zonas pedonais, bem como das áreas residenciais, industriais e comerciais, estão indicados no relatório técnico CIE 136 – 2000.

Uma boa qualidade do projeto de iluminação irá permitir aos utilizadores pedestres distinguir e antecipar obstáculos e situações de perigo no seu caminho, pois será possível aperceberem-se da movimentação e fazer o reconhecimento facial de outros pedestres relativamente próximos e intuir as suas intenções.

Nestes casos particulares é importante ter-se em conta não só a iluminância horizontal (Eh), mas também iluminância semi-cilíndrica (Esc) e a iluminância do plano vertical (Ev).

3.2.4-1 - Classes P

Tabela 26 - Determinação das iluminâncias médias e mínimas para as várias classes P

Classes de Via	Eh,avg (lux)	Eh,min (lux)	Requerimentos adicionais no caso de ser necessário reconhecimento facial		Encandeamento perturbador
			Ev,min (lux)	Esc,min (lux)	
P1	15	3,0	5,0	3,0	20
P2	10	2,0	3,0	2,0	25
P3	7,5	1,5	2,5	1,5	25
P4	5,0	1,0	1,5	1,0	30
P5	3,0	0,6	1,0	0,6	30
P6	2,0	0,4	0,6	0,4	35

Para a iluminação pública funcional, os níveis médios calculados não deverão ultrapassar 120% nem serem inferiores a 95% dos níveis de referência da tabela anterior.

3.2.4-2 - Determinação da Classe P

Tabela 27 - Determinação das classes de iluminação P

Seleção das Classes de Iluminação – P		
Parâmetro	Opções	Fator de peso
Velocidade	Baixa	1
	Muito Baixa (velocidade de caminhada/marcha)	0
Volume de Tráfego	Muito elevado	1
	Alto	0,5
	Moderado	0
	Baixo	-0,5
	Muito baixo	-1
Composição do Tráfego	Pedestres, Ciclistas e Tráfego Motorizado	2
	Pedestres e Tráfego Motorizado	1
	Pedestres e Ciclistas	1
	Pedestres	0
	Ciclistas	0
Veículos estacionados	Presente	0,5
	Não presente	0
Luminância ambiente	Alta	1
	Moderada	0
	Baixa	-1
Reconhecimento Facial	Necessário	Requerimentos adicionais
	Não necessário	Não são necessários requerimentos adicionais

Para a determinação da classe P, e de acordo com a CIE115, deve-se proceder do seguinte modo [10]:

- Atribuir, apropriadamente, um fator de peso a cada trâmite especificado (já atribuído na tabela para efeitos de normalização).
- Somar todos esses fatores selecionados, obtendo um valor “Total”.
- **Introduzir esse valor na equação:** Índice (ME) = 6 – Total, obtendo o índice da classe P.

De notar que poderá ser necessário arredondar o valor de “Total” para o número inteiro mais baixo, ou mesmo limitar o intervalo de valores possíveis entre zero e seis [8].

Para determinação das opções para a velocidade deverá ser utilizado como referência o seguinte [8]:

- **Baixa:** Zona em que a composição de tráfego inclua trânsito motorizado;
- **Muito Baixa:** Zona exclusiva a caminhada ou marcha.

Para determinação das opções para o volume de tráfego, optou-se por considerar apenas a utilização da relação com a composição de tráfego. Assim, deverá ser considerado o seguinte:

- **Baixo:** Apenas tráfego pedestre ou ciclistas de passagem.
- **Moderado:** Não existência de tráfego motorizado mas com grande volume de tráfego de ciclistas e peões. Zonas de lazer com recintos desportivas e de recreio também deverão ser considerados nesta opção.
- **Alta:** Composição de tráfego misto onde a dificuldade de circulação seja considerada difícil;

Para determinação das opções para a Luminância Ambiente, deverão ser utilizadas como referência o seguinte:

- **Baixa:** Zonas remotas, nomeadamente zonas onde a IP seja a única fonte de iluminação;
- **Moderada:** Zonas com contribuição de iluminação de sinaléticas, spots publicitários, contribuição residencial
- **Alta:** Zonas pedonais em centros urbanos com grande quantidade de iluminação decorativa, montras e outros sistemas de iluminação de

exteriores (por exemplo estacionamentos e parques desportivos e de recreio);

Caberá ao projetista, em situações especiais (por exemplo determinação do volume de tráfego), realizar a avaliação em alinhamento com PDIP.

3.2.4-3 - Classes G

No caso da Classe P, poderão existir situações em que as distâncias de visualização são pequenas, existem múltiplos locais para o observador e diferentes orientações das luminárias.

Nestas situações, poderão ser utilizadas as classes G3 a G6, que determinam a intensidade luminosa máxima por 100lm para diferentes ângulos de elevação.

Tabela 28 - Intensidades luminosas máximas tendo em conta a temperatura e a classe da via

Classes de Via	Máxima intensidade luminosa em cd.Klm ⁻¹			
	A 70° e acima	A 80° e acima	A 90° e acima	Outros requisitos
G3	---	100	20	---
G4	500	100	10	Intensidade luminosa acima dos 95° deverá ser inferior a 1 cd.Klm ⁻¹
G5	350	100	10	
G6	350	100	<1	Intensidade luminosa acima dos 90° deverá ser inferior a 1 cd.Klm ⁻¹

Nota: Os ângulos especificados são em qualquer direção a partir da vertical para baixo, com a luminária instalada para seu funcionamento.

Para a iluminação pública funcional, os níveis médios calculados não deverão ultrapassar em 20% os de referência nas tabelas anteriores e não serem inferiores a 95%.

3.3. COMISSÃO INTERNACIONAL DE ILUMINAÇÃO

Comissão Internacional de Iluminação (geralmente abreviada como CIE pelo seu nome em francês, Commission internationale de l'éclairage) é a autoridade internacional sobre espaços de luz, iluminação, cor e cor. Foi criada em 1913 como sucessora da Commission Internationale de Photométrie e está hoje baseada em Viena , Áustria .

A CIE possui oito divisões, cada uma das quais estabelece comitês técnicos para realizar seu programa sob a supervisão do diretor da divisão:

- Visão e cor
- Medição de Luz e Radiação
- Ambiente Interior e Design de Iluminação
- Iluminação e Sinalização para Transporte
- Iluminação Exterior e Outras Aplicações
- Fotobiologia e fotoquímica
- Aspectos Gerais da Iluminação (Inativa)
- Tecnologia de Imagem

3.4. CONCLUSÕES

Neste capítulo foi possível analisar toda a legislação referente à iluminação pública, que é necessária na execução de um projeto.

No próximo capítulo será analisado o caso de estudo, com a realização do estudo luminotécnico e o cálculo económico para ambas as soluções.

4. CASO DE ESTUDO

4.1. INTRODUÇÃO

O presente estudo visa avaliar e comparar 2 soluções distintas de iluminação viária do nó de Lodões do Itinerário Principal n.º 2 (IP2).

A 1ª solução a ser analisada será a solução de LED e a 2ª solução a VSAP. Em ambas as soluções serão apresentadas um estudo luminotécnico e a análise de investimento.

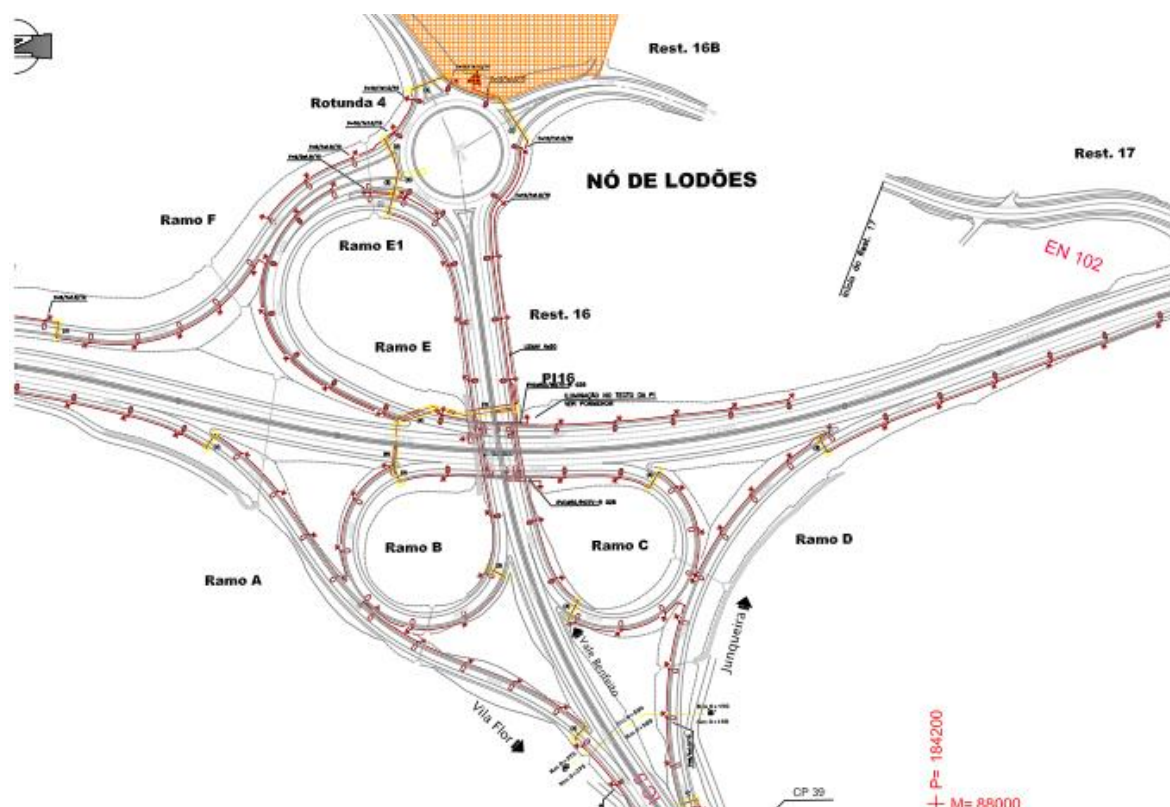


Figura 55 – Nó de Lodões

4.2. NORMALIZAÇÃO APLICÁVEL

Todos os estudos luminotécnicos tiveram em consideração a legislação aplicável, nomeadamente

- CEN/TR 13201-1:2015 – Iluminação pública
- NP 4485:2008 – Iluminação pública. Seleção das classes de iluminação
- Recomendações CIE

4.3. CENÁRIO DE CÁLCULO

Para a elaboração das simulações foi considerado um cenário de cálculo baseado no tipo de tráfego esperado, na velocidade de circulação prevista por lei para este tipo de vias, nas características do revestimento rodoviário e na influência dos espaços envolventes em termos de refletância.

Deste modo, para obter a classificação de iluminação da via, foram determinados os seguintes aspectos:

- Velocidade de circulação: > 60 km/h;
- Apenas tráfego motorizado está autorizado a circular na via;
- Condições meteorológicas dominantes de tempo seco;
- Existência de separação física entre faixas de rodagem com cruzamentos desnivelados;
- Distância de mais de 3 km entre nós;
- Tráfego previsto entre 15 000 a 25 000 veículos/dia;
- Sem área de conflito;
- Alta complexidade do campo visual;
- Alta dificuldade de navegação;
- Luminosidade ambiente normal.

Atendendo a este cenário de utilização, a classe de iluminação atribuída é a ME2, cujas características se encontram na tabela seguinte.

Tabela 29 – Classe de Iluminação

Classe de Iluminação	Luminância média Lm(cd/m ²)	Uniformidade global U _o	Uniformidade longitudinal U _l	Incremento Limiar TI (%)	Relação ambiente SR
ME2	1,5	0,40	0,70	10	0,5

4.4. MALHAS TIPO

Atendendo às características do nó em estudo e ao definido pelo projeto de iluminação para o mesmo, foram definidas 10 malhas de cálculo que refletem os vários tipos de iluminação que se podem encontrar no nó.

Ramo A – (Via de desaceleração)

Berma – 1,20m

Pista Acostamento – 2,50 m

Pista de rodagem com 11,00 m de largura, com 3 vias de rodagem;

Berma – 1,00 m

Distribuição de luminárias unilateral;

Ramo A – (Curva)

Berma – 1,00m

Pista de rodagem com 4,00 m de largura, com 1 via de rodagem;

Pista Acostamento – 2,50 m

Distribuição de luminárias unilateral;

Ramo A – (Acesso Vila Flor)

Berma – 1,20m

Pista Acostamento – 2,50 m

Pista de rodagem com 7,50 m de largura, com 2 vias de rodagem;

Berma – 1,00 m

Distribuição de luminárias unilateral;

Ramo B – (Curva)

Berma – 1,00m

Pista de rodagem com 4,00 m de largura, com 1 via de rodagem;

Pista Acostamento – 2,50 m

Distribuição de luminárias unilateral;

Ramo C – (Curva)

Berma – 1,00m

Pista de rodagem com 4,00 m de largura, com 1 via de rodagem;

Pista Acostamento – 2,50 m

Distribuição de luminárias unilateral;

Ramo D – (Via de desaceleração)

Berma – 1,20m

Pista Acostamento – 2,50 m

Pista de rodagem com 7,50 m de largura, com 2 vias de rodagem;

Berma – 1,00 m

Distribuição de luminárias unilateral;

Ramo D – (Curva)

Berma – 1,00m

Pista de rodagem com 4,00 m de largura, com 1 via de rodagem;

Pista Acostamento – 2,50 m

Distribuição de luminárias unilateral;

Ramo D – (Acesso Junqueira)

Pista Acostamento – 2,50 m

Pista de rodagem com 11,00 m de largura, com 3 vias de rodagem;

Berma – 1,00 m

Distribuição de luminárias unilateral;

Ramo E – (Curva)

Berma – 1,00m

Pista de rodagem com 4,00 m de largura, com 1 via de rodagem;

Pista Acostamento – 2,50 m

Distribuição de luminárias unilateral;

Nó – (Acesso Vale Benfeito)

Pista Acostamento – 2,50 m

Pista de rodagem com 7,50 m de largura, com 2 vias de rodagem;

Faixa central – 1,60 m

Pista de rodagem com 7,50 m de largura, com 2 vias de rodagem;

Pista Acostamento – 2,50 m

Distribuição de luminárias unilateral;

4.5. GRANDEZAS DE AVALIAÇÃO

Luminância

Efeito de luminosidade que uma superfície produz no olho humano, seja de uma fonte primária (luminária) ou secundária (estrada que reflete luz). Resulta da relação entre a intensidade luminosa emitida pela superfície e a área da mesma.

Uniformidade Longitudinal

Relação entre a luminância mínima e máxima longitudinal.

Uniformidade global

Relação entre a luminância mínima e média longitudinal

Incremento limiar

Define a percentagem de brilho perturbador

Iluminação da envolvente

Define a percentagem que a iluminação envolvente produz no plano de cálculo.

4.6. SOFTWARE DE CÁLCULO

Todos os cálculos foram efetuados com recurso a *software* informático, mais especificamente ao *software* DIALUX, que é específico para o cálculo de iluminação, independente e fabricante-neutro. O Dialux tem sempre em atenção as Normas, padrões e costumes dos países para o qual o cálculo é efetuado.

As luminárias usadas na simulação são da marca Philips.

4.7. ESTUDO LUMINOTÉCNICO

Foram realizados os estudos luminotécnicos, para a solução VSAP e para a solução LED. Os cálculos efetuados encontram-se explicitados no ANEXO IV. Seguidamente encontra-se a tabela com o resumo dos equipamentos e respetivas condições de instalação.

Tabela 30 – Resumo dos equipamentos estudados nas 2 soluções

Ramo	Solução	Espaçamento entre luminárias (m)	Altura da luminária (m)	Quantidade de luminárias	Potência luminária (W)	Potência total (W)
Ramo A (Via desaceleração)	LED	35	13	7	198	1386
	VSAP	21	12	10	276	2760
Ramo A (Curva)	LED	32	12	7	100	700
	VSAP	25	11	9	169	1521
Ramo A (Acesso Via Flor)	LED	35	12	7	152	1064
	VSAP	27	12	9	276	2484
Ramo B	LED	32	12	7	100	700
	VSAP	28	10	7	169	1183
Ramo C	LED	29	12	8	100	800
	VSAP	28	10	8	169	1352
Ramo D (Via desaceleração)	LED	35	12	7	152	1064
	VSAP	27	12	9	276	2484
Ramo D (Curva)	LED	30	12	7	100	700
	VSAP	27	10	7	169	1183
Ramo D (Acesso Junqueira)	LED	36	13	7	198	1386
	VSAP	22	12	10	276	2760
Ramo E (Curva)	LED	30	12	7	100	700
	VSAP	25	11	9	169	1521
Nó (Acesso Vale Benfeito)	LED	36	12	12	152	1824
	VSAP	32	12	14	276	3864

Analisando a Tabela 30, podemos concluir que nos 10 estudos comparativos dos ramos, em 70% existe uma redução das luminárias na solução LED.

Esta redução deve-se a solução proporcionar uma maior uniformidade ao longo do eixo transversal. Assim sendo a luminária LED pode ser instalada a uma altura superior relativamente a solução VSAP, o que nos permite um maior afastamento entre luminárias.

Podemos verificar que o consumo energético da solução LED é inferior em 52% em comparação com a solução de VSAP.

4.8. ESTUDO ECONOMICO

Após o estudo luminotécnico apresentado anteriormente é apresentada nesta secção o estudo comparativo de viabilidade técnica e económica da solução atual com as duas soluções.

Estas consistem uma na solução VSAP e outra na solução LED.

Os principais fatores a considerar no projeto são, o investimento requerido para a sua concretização mais os custos de operação e de manutenção ao longo da sua vida.

O tempo de vida estimado para o investimento é de 20 anos e este opera em média 10 horas por dia. Estes valores correspondem a 7300 dias ou 87600 horas.

A tomada de decisão será baseada no cálculo do valor atualizado líquido (VAL) de cada alternativa, valor que traduz o resultado global alcançável com cada solução [39]. O cálculo deste indicador consiste na transposição dos fluxos financeiros gerados pelo investimento para o ano económico zero e permitirá ordenar as soluções pelo seu grau de mérito. Assim quando:

VAL > 0, as receitas excedem os custos;

VAL = 0, as receitas cobrem os custos;

VAL < 0, as receitas são insuficientes para pagar os custos.

O VAL é calculado a partir da seguinte expressão:

$$VAL = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad (18)$$

$$VAL = CF_0 + \frac{CF_1}{(1+r)^1} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{CF_t}{(1+r)^t}$$

Onde:

CF_t – Fluxo financeiro que ocorre no ano t no futuro;

CF_0 – Investimento inicial;

r – Taxa de atualização do capital (ou de custo do dinheiro);

t – ano;

n – Tempo de vida útil do projeto.

A taxa de atualização do capital (ou custo do dinheiro) foi escolhida com base em informação facultada por organismos oficiais. Esta pode ser calculada através da seguinte expressão:

$$r = (1 + i) * (1 + j) - 1 \quad (19)$$

r – Taxa de atualização do capital (ou de custo do dinheiro);

i – Taxa de inflação, %;

j – Custo do dinheiro estimado, %.

Para determinar o custo de substituição/manutenção das lâmpadas, utilizou-se a expressão:

$$C_{man} = \frac{CF_t}{(1+r)^t} = \frac{N^{\circ} \text{Lamp} \times (\text{Custo lâmp} + \text{Custo subst})}{(1+r)^t} \quad (20)$$

Onde:

C_{man} – Custo de investimento quando é feita a substituição das lâmpadas, €;

N° – Número de lâmpadas;

Custo lâmp – Custo unitário da lâmpada, €;

Custo Subst – Custo de substituição da lâmpada, €.

Para determinar o custo da energia consumida anualmente, recorreu-se à expressão:

$$C_{kWh_t} = C_{energia} * \frac{(1 + ce)^t}{(1 + r)^t} \quad (21)$$

Onde:

$CkWh_t$ – Custo da energia consumida anualmente do ano t a preço do ano zero, €;

ce – Taxa de crescimento do preço da energia, %;

$C_{energia}$ – Custo da energia consumida anualmente no ano zero, €.

Para calcular a vida útil das lâmpadas recorreu-se à expressão:

$$AV_u = \frac{VUL}{TFA} \quad (22)$$

Onde:

AV_u – N° de anos de vida útil;

VUL – Vida útil da lâmpada, h;

TFA – Tempo de funcionamento anual, h.

Para calcular a energia consumida anualmente recorreu-se à expressão:

$$EC_a = P_t * TFA \quad (23)$$

Onde:

EC_a – Energia consumida anualmente, Wh/ano;

P_t – Potência total do conjunto das luminárias, W;

TFA – Tempo de funcionamento anual, h.

Para efetuar a análise económica tiveram-se em conta os seguintes pressupostos:

Custo do dinheiro

Para o cálculo foi considerado o custo do dinheiro cerca de 5% para um empréstimo a empresas.

Taxa de inflação

Segundo a Base de Dados Portugal Contemporâneo da PORDATA, a taxa de inflação (taxa de Variação - Índice de preços no consumidor) em Portugal para 2018 foi de 1,20 %.

Taxa de crescimento do preço da eletricidade

Segundo a ERSE – Entidade Reguladora de Serviços Energéticos, a taxa de crescimento do preço da eletricidade no comunicado da proposta de tarifas e preços para a energia elétrica em 2018, obteve uma variação de 1,2%.

Custo da energia elétrica

A tarifa que foi considerada para o caso de estudo para este troço de IP é a tri-horária, na Baixa Tensão Nominal (BTN) com potência contratada de 20,7 kVA para a solução de vapor de sódio e para a solução de LED foi considerada a potência contratada de 10,35 kVA. A escolha da tarifa tem como base a informação disponível no sítio da ERSE, visto não sabermos o custo real que tem a concessionária com o fornecimento da energia elétrica.

A tabela 31 apresenta os preços aplicados a este tipo de consumidor no ano de 2019, aos quais acresce o IVA à taxa de 23%.

Tabela 31 – Tarifários Baixa Tensão Normal

TARIFA TRANSITÓRIA DE VENDA A CLIENTES FINAIS EM BTN (<=20,7 kVA e >2,3 kVA)		PREÇOS	
Potência	(kVA)	(EUR/mês)	(EUR/dia) *
Tarifa simples , bi-horária e tri-horária	3,45	5,00	0,1645
	4,6	6,50	0,2138
	5,75	7,99	0,2628
	6,9	9,48	0,3118
	10,35	13,96	0,4589
	13,8	18,43	0,6060
	17,25	22,91	0,7531
	20,7	27,38	0,9001
Energia activa		(EUR/kWh)	
Tarifa simples <=6,9 kVA		0,1557	
Tarifa simples >6,9 kVA		0,1559	
Tarifa bi-horária <=6,9 kVA	Horas fora de vazio	0,1875	
	Horas de vazio	0,1024	
Tarifa bi-horária >6,9 kVA	Horas fora de vazio	0,1890	
	Horas de vazio	0,1025	
Tarifa tri-horária <=6,9 kVA	Horas de ponta	0,2246	
	Horas cheias	0,1682	
Tarifa tri-horária >6,9 kVA	Horas de vazio	0,1024	
	Horas de ponta	0,2287	
	Horas cheias	0,1704	
	Horas de vazio	0,1025	

* RRC art. 119.º, n.º 6

Com base nos pressupostos anteriores, forma adotados os seguintes valores para o cálculo do VAL:

- Taxa de inflação (i) 1,2 %;
- Custo do dinheiro (j) 5 %;
- Crescimento anual do preço da eletricidade 1,2% (para cálculo da expressão (19));

Recorrendo à expressão (19) é possível determinar a taxa de atualização:

$$r = (1 + i) * (1 + j) - 1 \Leftrightarrow r = ((1 + 0,012) * (1 + 0,05) - 1) * 100\% = 6,26 \%$$

A Tabela 32 apresenta a distribuição referente aos ciclos diários tri-horários das horas de ponta, cheia e vazio para os períodos de Verão e de Inverno.

Tabela 32 – Ciclo tri-horário para Baixa Tensão Normal

Ciclo diário tri-horário para BTN em Portugal Continental			
Período de hora legal de Inverno		Período de hora legal de Verão	
Ponta:	09.00/10.30 h 18.00/20.30 h	Ponta:	10.30/13.00 h 19.30/21.00 h
Cheias:	08.00/09.00 h 10.30/18.00 h 20.30/22.00 h	Cheias:	08.00/10.30 h 13.00/19.30 h 21.00/22.00 h
Vazio:	22.00/08.00 h	Vazio:	22.00/08.00 h

Na tabela 33 é exposta a distribuição nas horas de ponta, cheias e vazio para os períodos de Verão e de Inverno.

No período de Verão o sistema de IP está ligado durante 8 horas (entre as 21h30min e as 5h30min), sendo 0,5 hora em período de cheia e 7,5 horas em vazio. Nas restantes horas o sistema de IP está desligado.

No Inverno a IP está ligado durante 12 horas (entre as 18h30min e as 6h30min), sendo 2 horas em período de ponta, 1,5 horas em cheia e 8,5 horas em vazio. Nas restantes horas o sistema de IP está desligado.

Tabela 33 – Distribuição horaria diária da Iluminação Publica

Distribuição das horas ponta, cheias e vazio		
Horas	Período Verão	Período Inverno
Ponta (h)	0	2
Cheias (h)	0,5	1,5
Vazio (h)	7,5	8,5
Total (h)	8	12

Com a distribuição diária exposta, foi necessário elaborar uma distribuição anual. Os meses de Janeiro, Fevereiro, Março, Outubro, Novembro e Dezembro foram ponderados como período de Inverno. Os restantes como meses de Verão. Na tabela 33 é feita essa distribuição, obtendo um total de 3.648 horas de funcionamento por luminária.

Tabela 34 – Distribuição horaria anual da Iluminação Publica

Admitindo que o número de horas de ponta se mantém ao longo dos anos				
Periodo	Mês	Horas ponta (h)	Horas cheia (h)	Horas vazio (h)
Inverno	Jan	62	46,5	263,5
	Fev	56	42	238
	Mar	62	46,5	263,5
Verão	Abr	0	15	225
	Mai	0	15,5	232,5
	Jun	0	15	225
	Jul	0	15,5	232,5
	Ago	0	15,5	232,5
	Set	0	15	225
Inverno	Out	62	46,5	263,5
	Nov	60	45	255
	Dez	62	46,5	263,5
Total		364	364,5	2919,5
		3648		

Apresenta-se a seguir o estudo económico para as 2 duas soluções em estudo, para concluirmos o custo total no final dos 20 anos.

4.9.1 – Custo Solução LED

De forma a realizar o custo total para a solução LED, terão de ser considerados os seguintes aspetos:

- Custo das luminárias
- Custo da instalação
- Energia Consumida

4.9.1.1 – Custo dos equipamentos Solução LED

Na tabela 35, é apresentado o valor de custo das luminárias a instalar no nó de Lodões, foram consideradas luminárias da marca Philips de 3 potências diferentes adequadas a cada ramo do nó.

Tabela 35 – Custo dos equipamentos solução LED

Referencia Luminária	Quantidade de luminárias	Preço Unitário (€)	Preço Total (€)
Philips BGP620 LED 160-4S/740	36	1200,00 €	43200,00 €
Philips BGP627 LED 240-4S/740	26	1300,00 €	33800,00 €
Philips BGP620 LED 300-4S/740	14	1400,00 €	19600,00 €
Total (€)			96600,00 €

Nota: No preço da luminária já se encontra incluído o preço do poste de suporte

4.9.1.2 – Custo da instalação elétrica da Solução LED

Na tabela 36, é apresentado o valor de custo da instalação de cada luminária. Foi considerada a mão-de-obra e os meio elevatórios.

Tabela 36 – Custo de instalação dos equipamentos solução LED

Referencia Luminária	Quantidade de luminárias	Preço Unitário (€)	Preço Total (€)
Philips BGP620 LED 160-4S/740	36	500,00 €	18000,00 €
Philips BGP627 LED 240-4S/740	26	525,00 €	13650,00 €
Philips BGP620 LED 300-4S/740	14	550,00 €	7700,00 €
Total (€)			39350,00 €

4.9.1.3 – Custo da energia consumida anualmente solução LED

Na tabela 37 é exposto o cálculo anual de energia consumida, baseada no somatório da energia consumida pelas 3 tipologias de luminárias de acordo com as tarifas praticadas pela entidade reguladora.

A energia consumida anualmente pode ser calculada através do somatório da energia consumida em horas de ponta, cheia e vazio ou através da expressão (23):

$$EC_a = P_t * TFA \Leftrightarrow EC_a = ((36 * 100W) + (26 * 152W) + (14 * 198)) * 3648h$$
$$EC_a = 37661952 Wh \Leftrightarrow EC_a = 37,66 MWh/ano$$

Tabela 37 – Custo anual de energia das luminárias Philips BGP620 LED 160-4S/740

Philips BGP620 LED 160-4S/740						
Mês	Custo por mês (kW/h)			Custo por mês (€)		
	Horas ponta (h)	Horas cheia (h)	Horas vazio (h)	Horas ponta (h)	Horas cheia (h)	Horas vazio (h)
Jan	223,2	167,4	948,6	51,05 €	28,52 €	97,23 €
Fev	201,6	151,2	856,8	46,11 €	25,76 €	87,82 €
Mar	223,2	167,4	948,6	51,05 €	28,52 €	97,23 €
Abr	0	54	810	0,00 €	9,20 €	83,03 €
Mai	0	55,8	837	0,00 €	9,51 €	85,79 €
Jun	0	54	810	0,00 €	9,20 €	83,03 €
Jul	0	55,8	837	0,00 €	9,51 €	85,79 €
Ago	0	55,8	837	0,00 €	9,51 €	85,79 €
Set	0	54	810	0,00 €	9,20 €	83,03 €
Out	223,2	167,4	948,6	51,05 €	28,52 €	97,23 €
Nov	216	162	918	49,40 €	27,60 €	94,10 €
Dez	223,2	167,4	948,6	51,05 €	28,52 €	97,23 €
Total	1310,4	1312,2	10510,2	299,69 €	223,60 €	1 077,30 €
	13132,80			1 600,58 €		

Tabela 38 – Custo anual de energia das luminárias Philips BGP627 LED 240-4S/740

Philips BGP627 LED 240-4S/740						
Mês	Custo por mês (kW/h)			Custo por mês (€)		
	Horas ponta (h)	Horas cheia (h)	Horas vazio (h)	Horas ponta (h)	Horas cheia (h)	Horas vazio (h)
Jan	245,0	183,8	1041,4	56,04 €	31,31 €	106,74 €
Fev	221,3	166,0	940,6	50,61 €	28,28 €	96,41 €
Mar	245,0	183,8	1041,4	56,04 €	31,31 €	106,74 €
Abr	0,0	59,3	889,2	0,00 €	10,10 €	91,14 €
Mai	0,0	61,3	918,8	0,00 €	10,44 €	94,18 €
Jun	0,0	59,3	889,2	0,00 €	10,10 €	91,14 €
Jul	0,0	61,3	918,8	0,00 €	10,44 €	94,18 €
Ago	0,0	61,3	918,8	0,00 €	10,44 €	94,18 €
Set	0,0	59,3	889,2	0,00 €	10,10 €	91,14 €
Out	245,0	183,8	1041,4	56,04 €	31,31 €	106,74 €
Nov	237,1	177,8	1007,8	54,23 €	30,30 €	103,30 €
Dez	245,0	183,8	1041,4	56,04 €	31,31 €	106,74 €
Total	1438,5	1440,5	11537,9	328,99 €	245,46 €	1 182,63 €
	14416,90			1 757,08 €		

Tabela 39 – Custo anual de energia das luminárias Philips BGP620 LED 300-4S/740

Philips BGP620 LED 300-4S/740						
Mês	Custo por mês (kW/h)			Custo por mês (€)		
	Horas ponta (h)	Horas cheia (h)	Horas vazio (h)	Horas ponta (h)	Horas cheia (h)	Horas vazio (h)
Jan	171,864	128,898	730,422	39,31 €	21,96 €	74,87 €
Fev	155,232	116,424	659,736	35,50 €	19,84 €	67,62 €
Mar	171,864	128,898	730,422	39,31 €	21,96 €	74,87 €
Abr	0	41,58	623,7	0,00 €	7,09 €	63,93 €
Mai	0	42,966	644,49	0,00 €	7,32 €	66,06 €
Jun	0	41,58	623,7	0,00 €	7,09 €	63,93 €
Jul	0	42,966	644,49	0,00 €	7,32 €	66,06 €
Ago	0	42,966	644,49	0,00 €	7,32 €	66,06 €
Set	0	41,58	623,7	0,00 €	7,09 €	63,93 €
Out	171,864	128,898	730,422	39,31 €	21,96 €	74,87 €
Nov	166,32	124,74	706,86	38,04 €	21,26 €	72,45 €
Dez	171,864	128,898	730,422	39,31 €	21,96 €	74,87 €
Total	1009,008	1010,394	8092,854	230,76 €	172,17 €	829,52 €
	10112,256			1 232,45 €		

Tabela 40 – Custo total anual de energia consumida solução LED

Tabela Resumo - Custos anuais de energia	
Luminárias Philips BGP620 LED 160-4S/740	1 600,58 €
Luminárias Philips BGP627 LED 240-4S/740	1 757,08 €
Luminárias Philips BGP620 LED 300-4S/740	1 232,45 €
Potência Contratada (€)	167,52 €
Imposto Especial Consumo Eletricidade	37,66 €
IVA 23%	1 102,92 €
TOTAL ANUAL (€)	5898,22 €

Para determinar o custo da energia anual por exemplo no 6º ano, recorreu-se à seguinte expressão (21):

$$CkWh_t = C_{energia} * \frac{(1 + ce)^t}{(1 + r)^t} = 6096,30 * \frac{(1 + 1,2\%)^6}{(1 + 6,26\%)^6} = 4852,48 €$$

4.9.1.4 – Estudo económica solução LED

Na tabela 41, recorrendo as expressões (18), (19) e (21), na tabela 36 são expostos os cálculos do custo de investimento e da energia consumida ao longo dos 20 anos do investimento.

Tabela 41 – Estudo económico para a solução LED

Custo de investimento solução LED					
Ano		Custo Investimento	Custo anual kW/h	Custos Totais	Acumulado
2019	0	135 950,00 €	5 898,22 €	141 848,22 €	141 848,22 €
2020	1		5 617,35 €	5 617,35 €	147 465,57 €
2021	2		5 349,86 €	5 349,86 €	152 815,42 €
2022	3		5 095,10 €	5 095,10 €	157 910,52 €
2023	4		4 852,48 €	4 852,48 €	162 763,00 €
2024	5		4 621,41 €	4 621,41 €	167 384,41 €
2025	6		4 401,34 €	4 401,34 €	171 785,75 €
2026	7		4 191,75 €	4 191,75 €	175 977,50 €
2027	8		3 992,15 €	3 992,15 €	179 969,64 €
2028	9		3 802,04 €	3 802,04 €	183 771,69 €
2029	10		3 620,99 €	3 620,99 €	187 392,68 €
2030	11		3 448,56 €	3 448,56 €	190 841,25 €
2031	12		3 284,35 €	3 284,35 €	194 125,59 €
2032	13		3 127,95 €	3 127,95 €	197 253,54 €
2033	14		2 979,00 €	2 979,00 €	200 232,54 €
2034	15		2 837,14 €	2 837,14 €	203 069,69 €
2035	16		2 702,04 €	2 702,04 €	205 771,73 €
2036	17		2 573,37 €	2 573,37 €	208 345,10 €
2037	18		2 450,83 €	2 450,83 €	210 795,93 €
2038	19		2 334,12 €	2 334,12 €	213 130,05 €

Pode-se concluir que ao fim dos 20 anos de investimento o custo total do investimento é de 213130,05 €.

4.9.2 – Custo solução vapor de sódio alta pressão

De forma a realizar o custo total para a solução VSAP, terão de ser considerados os seguintes aspetos:

- Custo das luminárias
- Custo da instalação

- Energia Consumida
- Custo de manutenção

4.9.2.1 – Custo dos equipamentos solução vapor de sódio alta pressão

Na tabela 42, é apresentado o valor de custo das luminárias a instalar no nó de Lodões, foram consideradas luminárias da marca Philips de 2 potências diferentes adequadas a cada ramo do nó.

Tabela 42 – Custo dos equipamentos solução vapor de sódio alta pressão

Referencia Luminária	Quantidade de luminárias	Preço Unitário (€)	Preço Total (€)
Philips SGP340 FG 1xSON-TPP150W TP	40	610,00 €	24400,00 €
Philips SGP340 FG 1xSON-TPP250W TP	52	660,00 €	34320,00 €
Total (€)			58720,00 €

Nota: No preço da luminária já se encontra incluído o preço do poste de suporte

4.9.2.2 – Custo da instalação elétrica da solução vapor de sódio alta pressão

Na tabela 43, é apresentado o valor de custo da instalação de cada luminária. Foi considerada a mão-de-obra e os meio elevatórios.

Tabela 43 – Custo de instalação dos equipamentos solução vapor de sódio alta pressão

Referencia Luminária	Quantidade de luminárias	Preço Unitário (€)	Preço Total (€)
Philips SGP340 FG 1xSON-TPP150W TP	40	500,00 €	20000,00 €
Philips SGP340 FG 1xSON-TPP250W TP	52	550,00 €	28600,00 €
Total (€)			48600,00 €

4.9.2.3 – Energia consumida anualmente solução vapor de sódio alta pressão

Na tabela 44 é exposto o cálculo anual de energia consumida, baseada no somatório da energia consumida pelas 2 tipologias de luminárias de acordo com as tarifas praticadas pela entidade reguladora.

A energia consumida anualmente pode ser calculada através do somatório da energia consumida em horas de ponta, cheia e vazio ou através da expressão (23):

$$EC_a = P_t * TFA \Leftrightarrow EC_a = ((40 * 169W) + (52 * 276W)) * 3648h$$

$$EC_a = 77016576 Wh \Leftrightarrow EC_a = 77,02 MWh/ano$$

Tabela 44 – Custo anual de energia das luminárias Philips SGP340 FG 1xSON-TPP150W TP

Philips SGP340 FG 1xSON-TPP150W TP						
Mês	Custo por mês (kW/h)			Custo por mês (€)		
	Horas ponta (h)	Horas cheia (h)	Horas vazio (h)	Horas ponta (h)	Horas cheia (h)	Horas vazio (h)
Jan	419,12	314,34	1781,26	95,85 €	53,56 €	182,58 €
Fev	378,56	283,92	1608,88	86,58 €	48,38 €	164,91 €
Mar	419,12	314,34	1781,26	95,85 €	53,56 €	182,58 €
Abr	0	101,4	1521	0,00 €	17,28 €	155,90 €
Mai	0	104,78	1571,7	0,00 €	17,85 €	161,10 €
Jun	0	101,4	1521	0,00 €	17,28 €	155,90 €
Jul	0	104,78	1571,7	0,00 €	17,85 €	161,10 €
Ago	0	104,78	1571,7	0,00 €	17,85 €	161,10 €
Set	0	101,4	1521	0,00 €	17,28 €	155,90 €
Out	419,12	314,34	1781,26	95,85 €	53,56 €	182,58 €
Nov	405,6	304,2	1723,8	92,76 €	51,84 €	176,69 €
Dez	419,12	314,34	1781,26	95,85 €	53,56 €	182,58 €
Total	2460,64	2464,02	19735,82	562,75 €	419,87 €	2 022,92 €
	24660,48			3 005,54 €		

Tabela 45 – Custo anual de energia das luminárias Philips SGP340 FG 1xSON-TPP250W TP

Philips SGP340 FG 1xSON-TPP250W TP						
Mês	Custo por mês (kW/h)			Custo por mês (€)		
	Horas ponta (h)	Horas cheia (h)	Horas vazio (h)	Horas ponta (h)	Horas cheia (h)	Horas vazio (h)
Jan	889,8	667,4	3781,8	203,50 €	113,72 €	387,63 €
Fev	803,7	602,8	3415,8	183,81 €	102,71 €	350,12 €
Mar	889,8	667,4	3781,8	203,50 €	113,72 €	387,63 €
Abr	0,0	215,3	3229,2	0,00 €	36,68 €	330,99 €
Mai	0,0	222,5	3336,8	0,00 €	37,91 €	342,03 €
Jun	0,0	215,3	3229,2	0,00 €	36,68 €	330,99 €
Jul	0,0	222,5	3336,8	0,00 €	37,91 €	342,03 €
Ago	0,0	222,5	3336,8	0,00 €	37,91 €	342,03 €
Set	0,0	215,3	3229,2	0,00 €	36,68 €	330,99 €
Out	889,8	667,4	3781,8	203,50 €	113,72 €	387,63 €
Nov	861,1	645,8	3659,8	196,94 €	110,05 €	375,13 €
Dez	889,8	667,4	3781,8	203,50 €	113,72 €	387,63 €
Total	5224,1	5231,3	41900,7	1 194,76 €	891,41 €	4 294,82 €
	52356,10			6 380,99 €		

Tabela 46 – Custo total anual de energia consumida solução vapor de sódio alta pressão

Tabela Resumo - Custos anuais de energia	
Luminárias Philips SGP340 FG 1xSON-TPP150W TP	3 005,54 €
Luminárias Philips SGP340 FG 1xSON-TPP250W TP	6 380,99 €
Potência Contratada (€)	328,56 €
Imposto Especial Consumo Eletricidade	77,02 €
IVA 23%	2 252,18 €
TOTAL ANUAL (€)	12 044,29 €

4.9.2.5 – Custo da manutenção solução vapor de sódio alta pressão

Na tabela 47 são expostos os dados do sistema VSAP em estudo. Existem 40 armaduras de 150W e 52 armaduras de 250W. Os fornecedores deste tipo de lâmpadas aplicam um preço unitário de 32,30€ para a lâmpada de 150W e um preço de 33,90€ para a lâmpada de 250 W. Para executar a substituição da lâmpada foi considerado um preço de mercado de aproximadamente de 25 € por ponto de iluminação.

Tabela 47 – Dados da análise económica da solução vapor de sódio alta pressão

Lâmpada	P (W)	Vida útil (h)	Fluxo (lm)	Custo Lâmpada (€)	Nº Lâmpadas	Custo Substituição (€)
VSAP	150 W	12000	15000	32,30 €	40	35,00 €
VSAP	250 W	12000	28000	33,90 €	52	35,00 €

Nota: Preços com IVA à taxa de 23%.

Recorrendo a expressão (22), a vida útil de cada lâmpada é:

$$AV_u = \frac{VUL}{TFA} \Leftrightarrow AV_u = \frac{12000}{3648} \Leftrightarrow AV_u = 3,29 \text{ anos}$$

Por exemplo para o 4º ano o C_{man} é calculado recorrendo à expressão (20), ou seja:

$$C_{man} = \frac{CF_t}{(1+r)^t} = \frac{N^\circ \text{Lamp} \times (\text{Custo lâmp} + \text{Custo subst})}{(1+r)^t}$$

$$C_{man} = \frac{40 \times (32,30 + 35) + 52 \times (33,90 + 35)}{(1 + 6,26\%)^4}$$

$$C_{man} = 4\,813,68 \text{ €}$$

4.9.2.6 – Estudo económica solução vapor de sódio alta pressão

Na tabela 48, recorrendo as expressões (18), (19), (20) e (21), na tabela 36 são expostos os cálculos do custo de investimento, da manutenção e da energia consumida ao longo dos 20 anos do investimento.

Tabela 48 – Estudo económico para a solução vapor de sódio alta pressão

Ano		Custo Investimento	C_{man} 12000h	Custo anual kW/h	Custos Totais	Acumulado
2019	0	107 320,00 €		12 044,29 €	119 364,29 €	119 364,29 €
2020	1			11 470,75 €	11 470,75 €	130 835,04 €
2021	2			10 924,53 €	10 924,53 €	141 759,57 €
2022	3			10 404,31 €	10 404,31 €	152 163,88 €
2023	4		4 813,68 €	9 908,87 €	14 722,54 €	166 886,42 €
2024	5			9 437,02 €	9 437,02 €	176 323,44 €
2025	6			8 987,63 €	8 987,63 €	185 311,07 €
2026	7		4 012,06 €	8 559,65 €	12 571,71 €	197 882,79 €
2027	8			8 152,05 €	8 152,05 €	206 034,84 €
2028	9			7 763,86 €	7 763,86 €	213 798,69 €
2029	10		3 343,94 €	7 394,15 €	10 738,09 €	224 536,78 €
2030	11			7 042,05 €	7 042,05 €	231 578,82 €
2031	12			6 706,71 €	6 706,71 €	238 285,54 €
2032	13			6 387,34 €	6 387,34 €	244 672,88 €
2033	14		2 622,88 €	6 083,18 €	8 706,07 €	253 378,95 €
2034	15			5 793,51 €	5 793,51 €	259 172,46 €
2035	16			5 517,63 €	5 517,63 €	264 690,08 €
2036	17		2 186,10 €	5 254,88 €	7 440,98 €	272 131,06 €
2037	18			5 004,65 €	5 004,65 €	277 135,72 €
2038	19			4 766,33 €	4 766,33 €	281 902,05 €

Pode-se concluir que ao fim dos 20 anos de investimento o custo total do investimento é de 281902,05 €.

5. CONCLUSÕES

A gestão dos sistemas de IP das autoestradas é de tal forma relevante nos orçamentos das entidades concessionárias, que a sua otimização se tornou fundamental.

Uma instalação de IP está sujeita ao cumprimento de normas, nomeadamente a EN 13201, que determina o tipo e a intensidade de iluminação na via consoante a sua utilização.

Com este trabalho conclui-se que a solução LED para o sistema de IP é a melhor alternativa encontrada uma vez que possibilita, simultaneamente, uma diminuição muito significativa do consumo de energia bem como das emissões de CO₂, que acarreta vantagens ao nível económico e ambiental para a sociedade.

Para os 20 anos de investimento, a solução LED terá um custo de 213130,05 €, com um consumo anual de 37661,95 kWh e emissões de CO₂ de 61,24 Ton. Relativamente a solução VSAP terá um custo de 281902,05 €, com um consumo anual de 77016,58 kWh e emissões de CO₂ de 125,23 Ton.

As principais dificuldades na execução do trabalho foi a obtenção dos plugins das luminárias por parte dos fabricantes e a consulta das normas, pois em alguns casos ou se encontravam desatualizadas ou era necessário a sua compra.

Em projetos futuros alguns aspetos podem ser melhorados nomeadamente, no acompanhamento da evolução da tecnologia LEDs, da performance da luminária e de novas tecnologias de controlo e supervisão da utilização da rede de IP, como a telegestão associada à utilização de reguladores de fluxo e sensores de movimento.

A realização de mais cenários com outros modelos e marcas e simular a utilização de luminárias com diferentes potências.

A realização e comparação do estudo de projeto e dimensionamento da canalização elétrica e potência contratada entre duas soluções de diferentes tecnologias.

Perspetivam-se assim evoluções contínuas e crescente consciencialização das concessionárias que exploram as autoestradas, que passarão a considerar fundamentais os investimentos na modernização dos sistemas de IP, responsáveis por uma parte muito significativa das suas faturas energéticas

Referências Documentais

- [1] E. Distribuição, “Manual de iluminação pública, volume 2 – componentes de iluminação,” tech. rep., Maio 2010.
- [2] ERSE – Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos; “Plano de Promoção da Eficiência no Consumo, PPEC 2013-2014, Quadros de apoio; [Online]. Disponível em <http://www.erse.pt/pt/planodepromocaodaeficiencianoconsumoppec/ppec1314/Documents/PPEC%202013-2014%20-%20quadros%20de%20apoio.pdf>; [Acedido em 12 de Fevereiro de 2019].
- [3] “Teoria básica das ondas eletromagnéticas”. Disponível: <http://paginas.fe.up.pt/~ee86027/Teoria%20b%C3%A1sica%20das%20ondas%20eletromagn%C3%A9ticas.pdf>. [Acedido em 24 de Janeiro de 2019].
- [4] Marco Aurélio da Silva. “O que são ondas eletromagnéticas”. Disponível: <http://www.brasilecola.com/fisica/o-que-sao-ondas-eletromagneticas.html>. [Acedido em: Janeiro de 2019.]
- [5] Instituto TecGraf <https://webserver2.tecgraf.puc-rio.br/~mgattass/fcg/trb13/EricssonLeal/> [Acedido em: Janeiro de 2019.]
- [6] Drlux Iluminação Eficiente. Disponível em <http://www.drlux.com.br/blog/guia-basico-de-iluminacao/>. [Acedido Janeiro de 2019]
- [7] Vázquez, José Ramírez., Luminotecnia. Barcelona: CEAC, 1999 [Acedido em Janeiro de 2019]
- [8] Wikienergia Disponível em http://www.wikienergia.pt/~edp/index.php?title=Intensidade_luminosa_%28medida%29. [Acedido Janeiro de 2019].
- [9] Teixeira, Armínio., Grandezas Usadas Em Luminotecnia. Porto: Feup, 2003[Acedido Janeiro de 2019]
- [10] ADENE, ANMP, CPI, E. Distribuição, O. d. Engenheiros e RNAE, “Documento de Referência para a Eficiência Energética na Iluminação Pública (DREEIP),” Lisboa, 2012 [Acedido Janeiro de 2019]

- [11] C. 1. Technical Committee, “EN 13201-2, Road Lighting - Part 2: Performance requirements,” CEN, 2003. [Acedido Janeiro de 2019]
- [12] “Manual de Iluminação Pública, Volume 1 – Conceitos Básicos de Luminotecnia”; ISR – Universidade de Coimbra; 2010. [Acedido Janeiro de 2019]
- [13] [MIP, 2010] Manual de Iluminação Pública, Volumes 1, 2 e 3. EDP Distribuição, ISR – UC, 2010 [Acedido Janeiro de 2019]
- [14] ADENE Disponível em : http://www.adene.pt/sites/default/files/2-eficienciaenergetica_iluminacao.pdf [Acedido Janeiro de 2019]
- [15] Osram; “Manual Luminotécnico Prático, Conceitos básicos de Luminotécnica”; [Online]. Disponível em <http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Livros/ManualOsram.pdf>. [Acedido em Janeiro 2019]
- [16] Climax Lighting; “Conceitos Luminotécnicos”; [Online]. Disponível em http://www.climax.pt/pt/info_tec_eng_luz_conc.html. [Acedido em Janeiro de 2019].
- [17] Teixeira, Armínio., Tipos de Lâmpadas. Porto : FEUP, 2004 [Acedido em Janeiro de 2019].
- [18] Guia do Bulboso das Galáxias
<https://guiadobulbosodasgalaxias.wordpress.com/2009/07/26/as-fluorescentes/>
[Acedido em Janeiro de 2019].
- [19] A. -. A. E. Lighting, “High Pressure Sodium Servicing guide,” Acuity Lighting Group, Georgia, 2004
- [20] I. Consulting, “2005 High Intensity Discharge Lighting Technology Works hop Report,”
- [21] Washington, DC, 2005.2007A. International Dark-Sky, “Visibility, Environmental, and Astronomical Issues Associated with Blue-Rich White Outdoor Lighting,” International Dark-Sky Association, Washington, 2010
- [22] Osram; “Lâmpadas de descarga de alta pressão - tecnologias inteligentes para iluminação brilhante”; [Online]. Disponível em http://www.osram.pt/osram_pt/noticias-e-conhecimento/lampadas-de-descarga-de-alta-pressao/index.jsp. [Acedido em Janeiro de 2019].

- [23] Soko – Disponível em: <http://www.sokoprodutos.com.br/Page1744.htm> [Acedido em Janeiro de 2019]
- [24] “Documento de referência - Eficiência energética na iluminação pública,” Lisboa, 2011.
- [25] Pereira, Dulcídio A., Iluminação Pública. General Electric. Abril de 1954.
- [26] Adafruit - Disponível em: <https://www.adafruit.com/products/754> [Acedido em Janeiro de 2019]
- [27] 2Bora-Professional LED Solutions – “LED Guide”. Disponível em <http://2bora.com/en/technologie/strumien-swietlny>. [Acedido em Janeiro de 2019]
- [28] LEO Group Companies-“Lighting terminology”. Disponível em: http://www.leoindustries.com/lighting_terminology.php . [Acedido em Janeiro de 2019]
- [29] TYNRICH – Disponível em : <http://ledlighting-maker.com.br/1-1-3-led-street-light.html> . [Acedido em Janeiro de 2019]
- [30] Tecnologia LED. Disponível em <http://www.ledplanet.com.br/led/>. [Acedido em Janeiro de 2019]
- [31] Stroifaq – Disponível em : <http://stroifaq.com/pt/flat-and-country-house/arrangement/lighting/the-advantages-and-disadvantages-led-lamps.html> [Acedido em Janeiro de 2019]
- [32] Luxim; “Light Emitting Plasma”; [Online]. Disponível em <http://www.luxim.com/> [Acedido em Janeiro de 2019]
- [33] ScienceDaily – Disponível em : <https://www.sciencedaily.com/releases/2009/03/090322154424.htm> [Acedido em Fevereiro de 2019]
- [34] Inovação Tecnologia – Disponível em : <http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=coled-led-organico-cavidade-optica-bate-todos-records#.WJIKxRuLTIU> [Acedido em Fevereiro de 2019]
- [35] RNAE - Associação das Agências de Energia e Ambiente “Eficiência energética na iluminação pública”, Janeiro de 2011

- [36] C. Technical report Committee 4-44 of Division 4, “CIE 115:2010 Lighting of Roads for Motor and Pedestrian Traffic,” CIE, Commission Internationale de L'Eclairage, 2010.
- [37] Eficiência energética na iluminação pública - <https://www.voltimum.pt/artigos/artigos-tecnicos/eficiencia-energetica-2> [Acedido em Junho 2019]
- [38] Costa, Paulo Moisés Almeida da; “Avaliação económica de investimentos”; MEE-EAI, ESTGV; 2012.
- [39] EDP - Manual de Iluminação Pública | Revisão, Outubro | 2016, EDP Distribuição | ISR-UC
- [40] EDP – Distribuição, Manual de Iluminação Pública – volume 2, Julho de 2010
- [41] EDP – Distribuição. Aparelhos de Iluminação Elétrica e Acessórios: luminárias de iluminação pública, tecnologia LED. 2010
- [42] Teixeira, Armínio.- Grandezas Usadas Em Luminotecnia, Porto, Feup, 2003
- [43] Compacto, 2010, <https://augier.com/en/our-solutions/energy-savings-solutions/> [online] [Acedido em Junho 2019]
- [44] Servitec - RF16TLCB, http://cleverlighting.com/Desc_ZonaCliente/CLEVERMASTERGSM_GPRS.pdf [online] [Acedido em Junho 2019]
- [45] Seca, Nuno., Sistemas de Informação aplicados a Sistemas de Iluminação Pública. Porto: Universidade Portucalense. 2013
- [46] EDP – Distribuição. Aparelhos de Iluminação Elétrica e Acessórios: reguladores de fluxo luminoso para aplicação em circuitos de iluminação pública. 2011

Anexo A. Luminárias LED



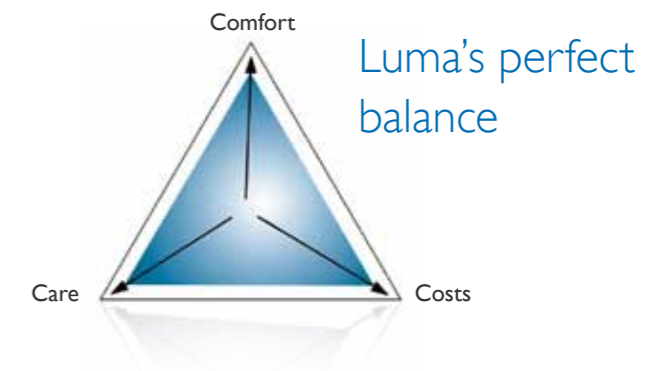
Luma

The Vision is Reality



PHILIPS

sense and simplicity



Luma & L-Tune: Optimal balancing benefits

With the Luma range Philips balance philosophy is taken one step further by using a unique L-Tune tool. For each project and together with you, we can create your own perfect match between costs, comfort en care. Weighing all your requirements into a dedicated lighting solution. Philips Reveled technology has really created lighting systems, not only by integrating luminaire and light source, but even by tuning the system to the exact client's needs for all traffic routes, urban streets and areas. We can really say that our "Vision is Reality".

Costs

Choice between very attractive TCO or limited investment costs:

- Coo-led thermal management: more lumens / Watt and less energy costs.
- High lumen packages at low power: 100,000 operating hours "fit and forget" solutions up to 400W replacement for reduced energy and maintenance costs and a higher road availability.
- Effective Optiflux optics: less energy and luminaire installation costs.
- Tuning lumens to specific service life and cost requirements: lower energy and / or investment costs.
- Tuning the energy consumption profile: if less LEDs or smaller luminaire is preferred, resulting in lower initial investment.
- Significant reduction of operating costs by using lighting controls or Philips CityTouch lighting management solution.

Comfort

Different white light solutions for different outdoor applications:

- Various Optiflux light distributions to cover all ME / CE / S lighting classes and geometries at very attractive column spacing.
- Very good optical control to prevent undesired glare and obtrusive light.
- From cool to warm white color temperature to suit any desired ambiance.
- Elegant modern luminaire design.

Care

Energy saving and tuneable Reveled technology with a positive contribution to the environment:

- Highly reduced energy consumption and CO₂ emissions by creating real dedicated lumen packages, giving energy savings of more than 50%.
- No undesired spill of light due to precise aiming of Optiflux optics.
- Flat luminaire bottom profile: to prevent upward light pollution (up to G4).
- Luminaire manufactured from recyclable materials.
- Significant reduction of energy consumption by using lighting controls or Philips CityTouch lighting management solution.



Luma, the Vision is Reality

To replace all road, street and area lighting up to 400W by energy saving 100,000 hours “fit and forget” LED solutions, Luma is a dream come true. Thanks to the Revoled design approach: very energy efficient Coo-led thermal management, with CLO avoiding over-lighting, and highly effective Optiflux optics. Every solution is tuneable to specific project requirements and all are integrated into a modern elegant design.

Complete LED solution from traffic routes to residential areas:

Luma is a range of dedicated Revoled road and street lighting luminaires: an LED lighting solution without compromise, offering the professional world of lighting of motorways, (inter)urban main roads, residential and urban streets and areas a real energy efficient, high performance and affordable alternative to existing conventional lighting solutions. Luma covers the complete field

of illuminance (S) and luminance (ME) lighting classifications up to ME1. Luma includes perfect glare control and prevention of light pollution according glare classifications up to G4, thanks to the complete flat design and the new Optiflux lens optics. Luma fulfills its lighting job in a very effective way and brings wide scale LED public lighting in practice.



MiniLuma
12 to 40 LEDs - 850 to 10,350 lm



Luma 1
20 to 80 LEDs - 1,400 to 20,400 lm



Luma 2
60 to 120 LEDs - 4,200 to 30,300 lm



Luma 3
100 to 200 LEDs - 7,000 to 49,600 lm

Luma... an integral approach to identity

The modern Luma shapes have serene, recognisable lines and will therefore be at home in various road and street lighting environments. This makes Luma extremely suitable as the standard LED luminaire from a multi lane motorway to an urban street or residential area.

The Luma is the perfect example of a real integrated design approach. Light technically the bottom side of the luminaire is really flat, in order to prevent upward light. Therefore, the electronic gear is positioned on top of that flat profile at the backside of the luminaire. As the length of the luminaire must be within acceptable size and the thermal management asks for sufficient heat

dissipation, the cooling surface is extended by vertical curves on top of the luminaire housing.

The height of these curves and their interdistance follow a logical line from the back to the front of the luminaire, giving it its continuously fluent attractive appearance. Besides, the interdistance and height are also designed in such way that each LED has the optimal dissipation area, which is an important factor for the life time and flux of the total system. The curved shapes of both top surface of the luminaire housing and the vertical curves on top emphasize this elegant design and also contribute to an optimal drainage.



“The large scale use of Stela in residential areas has really developed acceptance and trust in our LED technology and therefore paved the way.”

“We developed Luma building on the same valued principles of thermal management and optical control in a good luminaire design, a real integrated approach. The real challenge for Luma (~LUMens to the MAX~) was to incorporate big lumen packages needed for traffic route lighting within acceptable luminaire dimensions, but still up to “fit and forget” 100,000 LED operating hours and to enable users to customize their solutions exactly to their requirements and preferences: our L-Tune tool supports this perfectly.”

Wim Visser, Product Manager Road Lighting





Advanced Revoled technology

In today's LED application for traffic route and residential street / area lighting the aim is to light a certain area to the relevant lighting standard, at the lowest possible energy consumption and operation costs, with an acceptable lighting comfort and appearance. The LED choice itself, the thermal integration into the luminaire, the optical system and the overall design will define the outcome. Revoled is an integral new design approach to come to the optimal balance between those corner stones for each luminaire.



Optical management

Concerns aspects like light output ratio, light distributions and tilt options as well as distribution reliability after incidental individual LED failure.



LED quality

Concerns aspects like lumen packages, color temperatures, power consumption, life time expectancy and lumen depreciation.



Thermal management

Concerns aspects like thermal resistance of the LEDs, interdistance of the LEDs in the luminaire and heat dissipation from the LEDs.



Design approach

The design of the luminaire for optimal use of technical LED characteristics in a dedicated new design concept or by backward engineering where LED engines are installed in existing luminaires.

As luminaire functions vary, the weighing of those characteristics can be different per luminaire concept. For Luma the Revoled technology consists of the proven innovative and efficient Coo-led cooling principle and the very effective Optiflux lens technology, in order to respond to the high social priority attached to energy saving and CO₂ reduction, but also to counter the ever growing road lighting maintenance and management costs.

Optical management



- High performance lenses to match varying lighting classes and geometries.
- Lens distribution and flat luminaire design, preventing light pollution according glare classifications up to G4.
- LED lumen output exactly tuneable to create required lumen packages within preferred LED service life and Luma LED configuration.

One of the main challenges for LED in road and street lighting is to create and control the high lumen packages needed in this application field within acceptable luminaire life time and dimensions. With the Optiflux system used in Luma, representing this "flux optimization", this becomes reality.

To fulfill these conditions, in Luma the many LEDs required to build these lumen packages are placed at relatively close interdistance on the printed circuit board (PCB). To match this short LED interdistance, special compact lenses have been developed.

In order to secure a precise positioning of the lenses on the LEDs, all LEDs are on one PCB and multiple lens blocks of a limited number of 20 lenses are used.



Lumen tuning

As different lighting classes ask for different lighting levels, varying lumen packages are needed. This can be done in two ways:

- By varying the quantity of LEDs.
In Luma this is done in steps of 20 LEDs.
- By tuning the lumen output per LED by adapting the operating current, to exactly match the total lumen package required within the preferred LED service life.

The leading philosophy behind Luma is, by using above tuning variables, **to create a full LED life time "fit and forget" Luma solution**, without having to replace the light source during the service life of the installation.

Optical control

An important light technical requirement in today's road and street lighting is to prevent light pollution, by taking away upward light from the luminaires, incorporated in the light intensity G-classes.

The Luma has a complete flat bottom profile in order to really meet the upward light restrictions of these G-classes.





LED quality & Thermal management

To create a high lumen package from many LEDs at close interdistance requires an excellent thermal management. Coo-led in Luma does just that.

Revoled stands for a new integrated approach to LED luminaire design. As heat management is one of the key aspects in developing LED luminaires, many luminaire parts contribute to get the coolest and most efficient luminaire.



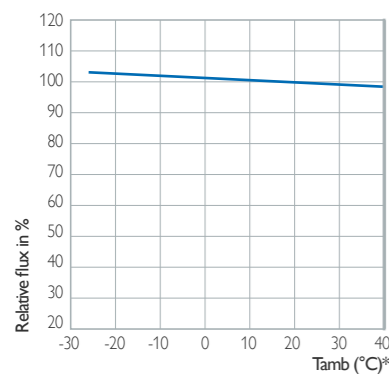
- 1 LEDs are at relatively close interdistance, so a lot of heat must be controlled. State of the art LED selection is continuously done, weighing various LED characteristics to suit the specific luminaire application.
- 2 The lens plates are of a controllable size, shaped and fixed to the PCB in a special construction, that puts equal pressure on the PCB, in order to maximise heat conduction.
- 3 Lower quantities of LEDs are placed on the printed circuit board (PCB) in such configuration patterns to further optimize the heat control.

- 4 The die-cast aluminium luminaire housing has capacity to spread the heat from the LEDs into the aluminium material before dissipating it to the air.
- 5 On top of the aluminium luminaire housing there are vertical curved surfaces to enlarge the heat dissipation capacity of the luminaire.

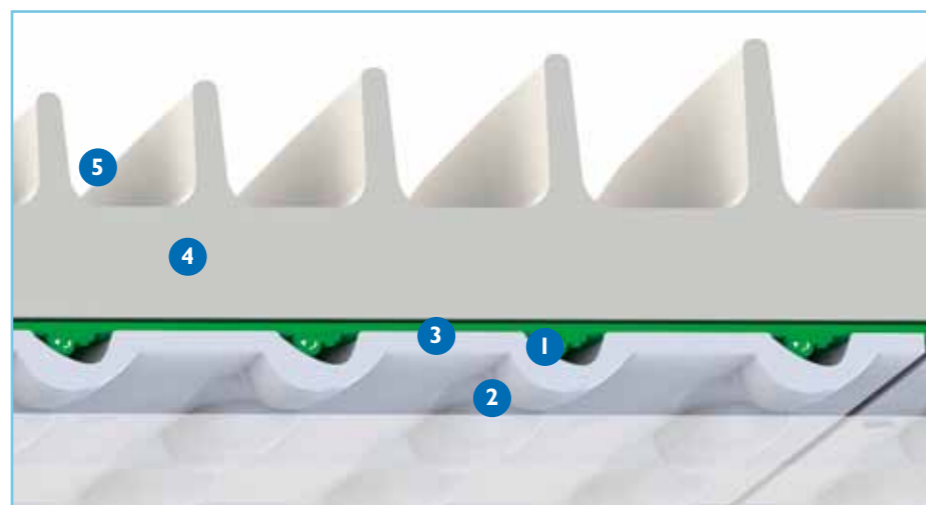
The result is:
 Outstanding energy efficiency of the lighting system for a full 100,000 hours operating life
 >125 lm / Wsystem CLO
 >135 lm / Wsystem L80F10

Temperature-flux curve Luma

Typical temperature-flux curve for Luma.



*Average ambient (outdoor operating) temperature.



1 = LED 2 = Lens plate 3 = PCB 4 = Aluminium housing-heatsink 5 = Vertical heat dissipation curves



Integral new design



- Modern elegant design that fits into any environment.
- Light technical and thermal functionality integrated into one evident shape.
- Four sizes for optimal proportion to mounting height.

The Luma is the perfect example of a real integral design approach. The concepts needed to optimize the optical control (Optiflux) and thermal management (Coo-led) are integrated into one evident and elegant shape that fits into almost any environment and ambiance.

The high lumen packages needed for traffic routes are realized within acceptable luminaire dimensions. For urban streets and residential area applications relatively more compact sizes are available. Together the four versions in the Luma family form a complete LED offer, with a certain overlap in possibilities, in order to get the right proportion of the luminaire to the mounting height and the environment.

As all lenses are always present, the view of the luminaire at daytime is independent of the flux package and number of LEDs chosen, which gives a constant impression.

Luma bottom

The real flat bottom view of the Luma is required to prevent any upward light. With the electronics based on top of that line at the back of the luminaire, the required extension of the heat dissipation surface (given size limitations) is perfectly integrated into a logical design profile of the luminaire, by putting vertical curves on top of the housing that get lower and with less interdistance towards the front of the luminaire. The curved lines of the luminaire together with the integrated closing clip and the post top and side entry spigots create a modern, robust though elegant character.



Luma bottom

Luma top

The top of the luminaire is an essential part of the thermal management concept, and at the same time is key to the attractive appearance of the luminaire. Moreover, the horizontal top surface of the luminaire is slightly rounded and the vertical curves are rounded at their top and bottom details. Together with their deliberately chosen interdistance relative to their height, the drainage and cleaning of the luminaire is optimized.



Luma top

Luma - The luminaire

The system performance of Luma is well protected over the service life of an installation, within a solid and reliable luminaire construction.

Futura Gris 900 Sablé

Futura Gris 150 Sablé



Colors

- Futura Gris 900 Sablé (anthracite) or Futura Gris 150 Sablé (light grey).
- Other RAL or Futura Akzo colors or duo-colors (spigot as frame and closing clip as cover) are available on request.

Impact Resistance

- IK09 for the complete luminaire.

Ingress Protection

- IP66 for the complete luminaire, by silicon gaskets between frame and canopy and between frame and glass.
- Double breathing of the luminaire (cable gland).
- Extra ingress protection by a silicon gasket around the LED module (XIP).

Control Gear

- Aluminium gear tray, downward hingeable for easy access to the components.
- Tool-less removable gear tray after disconnecting the plug.
- Class I and II (safety switch standard).
- Programmed electronic LED drivers:
 - Tuneable flux to match required lighting level within service life and luminaire configuration preferences.
 - CLO (constant lumen output) throughout service life, avoiding over-lighting from the start of the installation, giving extra energy savings.
 - Dim options (all LEDs stay on):
 - Dynadim stand-alone scenarios (various dim percentages and time settings).
 - 1-10V dim with dim switch for extra incoming pilot line, for one step dimming with programmable dim percentage.
 - 1-10V or Dali dim prepared for incoming communication.
- Replacement drivers are pre-mounted on a gear tray and correctly programmed.

Cable connection

- M20 cable gland with strain relief, for cable Ø 10-14mm.
- Neutral / Phase are connected to safety switch, earth wire to earth stud in housing.
- 1-10V or Dali incoming wiring can be connected to a separate termination block.

Mounting

- Mounting to column by two stainless steel bolts.
- Universal post top / side entry spigot Ø 42-62mm or Ø 32-60mm (only MiniLuma and Luma 1) or separate post top Ø 76mm spigot (the Ø 32mm and Ø 34mm side entry spigot for MiniLuma and Luma 1 is only possible on a steel column).

Temperature protection

- In case of temperature reaching defined critical levels, both LEDs and drivers in Luma have a built-in protection which initially dims down and eventually switches off the light.

Opening

- Die-cast aluminium clip for tool-less opening or closing, fixed to the frame with stainless steel spring for easy maintenance.
- Canopy with LED module and gear tray hinges upwards and is secured by a stainless steel locking bar (two positions possible).
- LED module and gear tray accessible from below, after opening of the luminaire.
- Safe Maintenance Technology (SMT): safety switch disconnects power on opening.

LED module

- High quality LEDs with optimal thermal resistance and energy consumption characteristics, for high (hot) lumen output / Watt (> 125 lm / Wsys CLO) and long expected life time.
- Different color temperatures available: Cool White, Neutral White and Warm White.
- The PCB has always the same size independent of the quantity of LEDs and therefore carry always all lenses; PCBs with lower quantities of LEDs, come in steps of 20, in different configurations optimized for thermal management.
- The lenses have an optimal light transmission, in multiple blocks of 20 lenses, fixed to the PCB with two screws per lens block; fixation of the lens blocks secures equal pressure over the PCB to optimize heat spreading.
- The PCB and lenses are integrated in a high reflecting white frame to maximize light output ratio (up to 92% depending on lens type).
- In case of incidental LED / PCB failure, the PCB with reflector frame can easily be replaced after disconnecting the plug and removal of the lens blocks.

Glass

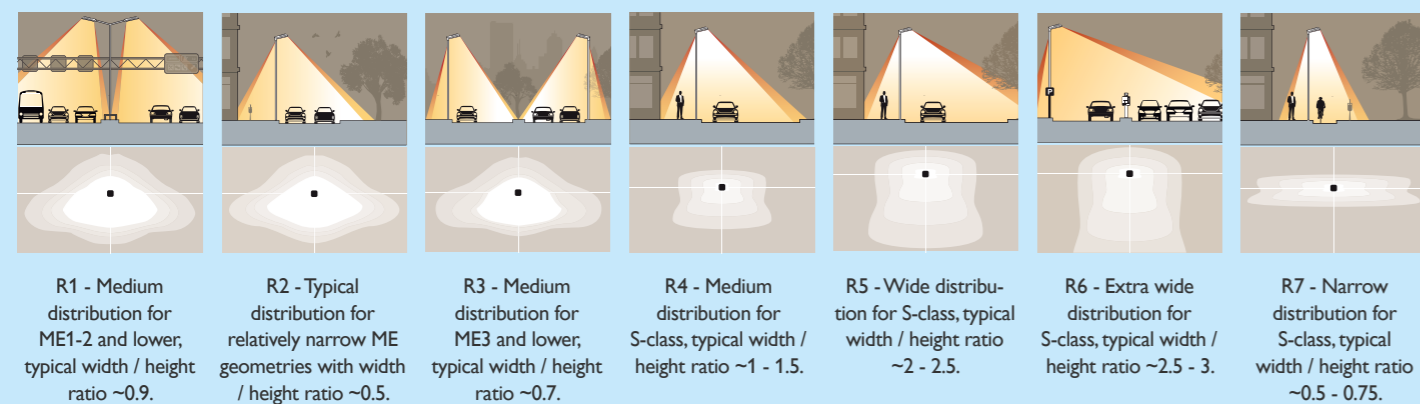
- Flat glass to support the prevention of upward light, according glare classifications up to G4.
- Toughened glass with very high light transmission, to optimize the light output ratio.
- Glass is fixed to die-cast aluminium frame with metal clips and can easily be replaced.

Luma - Optiflux

For a good lighting solution “to hit the road” means to really match a project’s specific situation and requirements, without unnecessary spill of light, energy and costs. To support this, Optiflux technology in Luma therefore offers different light distributions, a perfect light control and tuneable lumen packages.

Variable light distributions

The Optiflux lenses in Luma come in a number of different light distributions to especially cover the range of ME / CE / S lighting classes and applications.



For the latest lens developments please check the most recent Luma photometrics.

As internationally the variety of geometries per lighting class is very diverse, these distributions offer optimization opportunities depending on the road width / mounting height ratio of an installation. These high performance lens-optics are within a high reflecting frame. Together with the high transmission glass quality, this brings very high light output ratios up to 92%.

The standard lens distributions can be further optimized by making use of the tilt adjustment options in the Luma spigot, in order to meet the varying project geometries and / or required glare control.

The tilt settings in the available spigots are:



Post top: 0, +5 and +10 degrees.



Side entry: -10, -5, 0, +5 and +10 degrees.

The required setting can easily be done on installation, by positioning the two spigot adjustment bolts in the right position (clearly indicated on the spigot).



Perfect optical control

An important light technical requirement in today’s road and street lighting is to prevent light pollution by taking away upward light from luminaires, incorporated in the light intensity G-classes. The Luma has a complete flat bottom profile in order to really meet the upward light restrictions of these classes up to G4.

Tuneable lumen packages

The idea behind Luma is to customize the lighting solution of the Luma “system” to the specific requirements of a project. The photometries for Luma don’t contain fixed output data, but there is a basic photometric file for each combination of:

- Luma version (MiniLuma, Luma 1, Luma 2 or Luma 3)
- Color temperature (CW, NW or WW)
- Lens type (R1 to R7 optic)

Each combination file shows the minimum to maximum lumen package possible to create within the limits of this combination (quantity of LEDs, lumen output per color temperature, and minimum and maximum operating current).

Example Luma photometry notation

Luma 2 R1 60-120 DS-NW 1 5000-28000 NW LED

Luma 2	= Luminaire type	1	= LED power undefined (depends on final solution)
R1	= Lens type		
60-120	= Min. and max. LED quantity	5000-28000	= Min. and max. lumen package
DS-NW	= Neutral White LED (Ilcos code)	NW	= Neutral White color temperature
		LED	= Light source

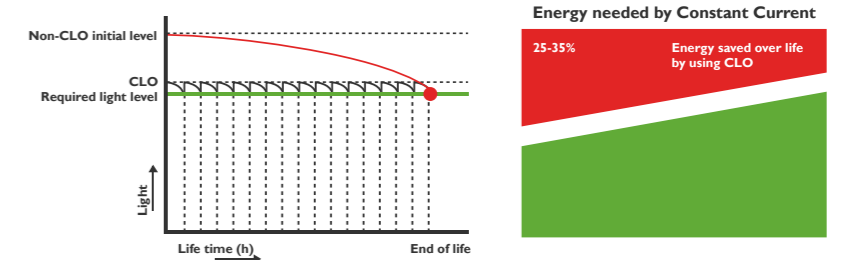
When using the file in a light calculation program, the lumen output can be put on a value anywhere between this minimum and maximum, to suit the application.

Using above instruments you can optimize your lighting solution to the best performance in terms of column spacing, energy consumption and costs. Ask your Philips contact for the performance results for your project.

Constant lumen output (CLO)

The luminaire can be programmed to keep the flux of the LEDs at a constant pre-defined level over the total expected LED life (so L-value = L100). This is done by starting at a lower operating current and by increasing the current over time to compensate for the LED lumen depreciation. Within each current adaptation step, lumen depreciation is taken into account: real CLO.

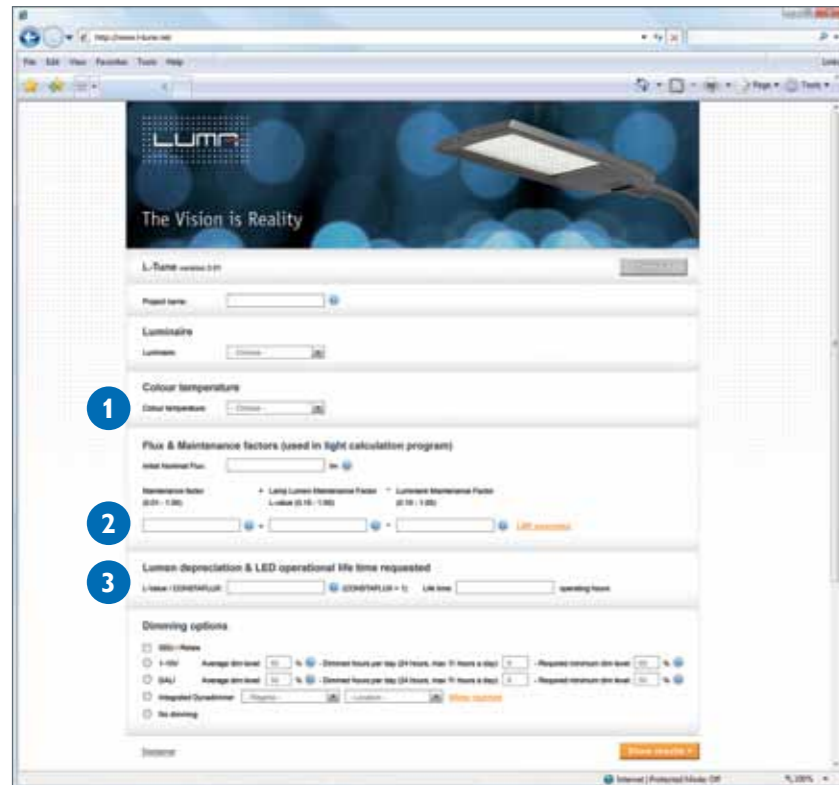
In this way the over-lighting from the start to the end of the operating period is taken away and an extra energy saving can be realized (up to 35% extra versus solutions based on L70F10).



L-Tune: Fine tuning your lighting solution to your preferences

More and more lighting solutions are judged on the basis of some kind of energy efficiency "label" (e.g. system Watts / target lux or cd / target area to be lit in m²). In order to get this maximum energy efficiency for a lighting scheme and where "over-lighting" is not rewarded, the objective should be to illuminate a target area with just enough light at the lowest energy consumption possible. This is possible in Luma by using L-Tune.

L-Tune can help you to define the possible solutions in Luma, based on your project requirements and preferences. The following steps have to be followed to come to a preferred solution for a project.



Step 1 Information coming from the light technical calculation

- The luminaire type used in the light technical calculation.
- Lens type needed to meet the requirements (needed to define luminaire hardware).
- Preferred color temperature.
- Initial nominal flux (optimized from photometry to meet light technical quality demands).
- Maintenance Factor (MF) information as used in calculation.
- The initial nominal flux and MF used will define the lumens needed to fulfill the light technical demands over the life of the installation.

Step 2 Define the acceptable lumen depreciation and required expected life time for the solution

- The L-value representing the remaining percentage of the initial LED lumens (see step 1) at the end of the required life: L80F10 means 80% of the original initial flux. A higher L-value chosen means that less lumen depreciation over time is allowed, which means a higher quality demand to the possible solutions.

Step 3 Define the anticipated dimming regime

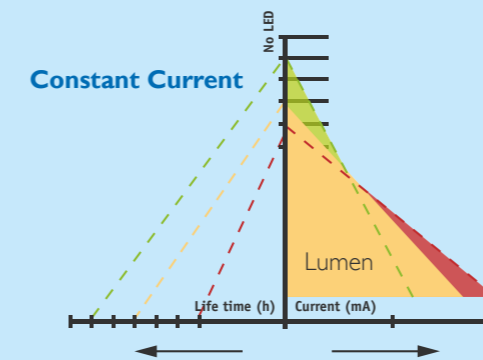
- The degree of dimming will influence the energy consumption over the total life of the installation. Moreover at the same time the expected LED life time will increase, which will be used to generate more and better solutions within the required life time (see step 2).

Solution drivers

The defined lumen package (step 1) within the lumen depreciation and LED life time demands (step 2) and anticipated dimming regimes (step 3) can be created by using various solution drivers:

- Quantity of LEDs
- Operating current
- Increased expected LED life time resulting from dimming and / or the use of CLO

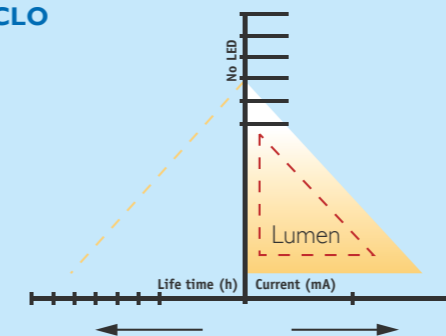
As these instruments are interrelating, L-Tune uses all the possible combinations to define all solutions within the requirements set. To give an impression of the possible solutions see the first graph below.



- Typical lumen package using Constant Current. Same lumens by higher current and less LEDs, giving a shorter life time.
- LEDs, giving a shorter life time.
- Same lumens by more LEDs and lower current, giving a longer life time.

By manipulating the driving forces to build a required lumen package the same lumen package can be built in different ways based on the project's preferences.

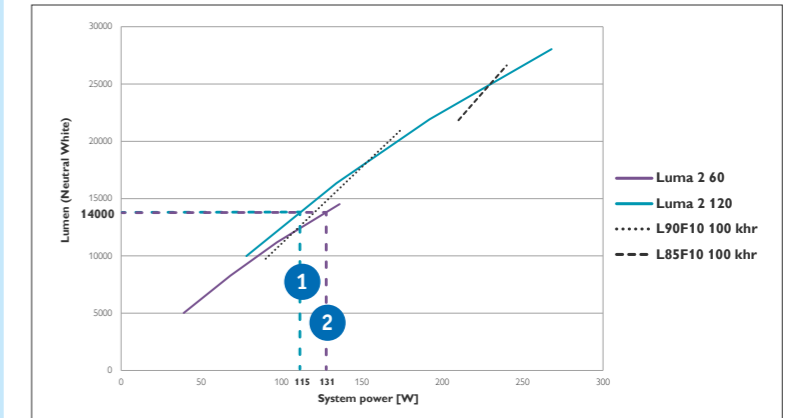
CLO



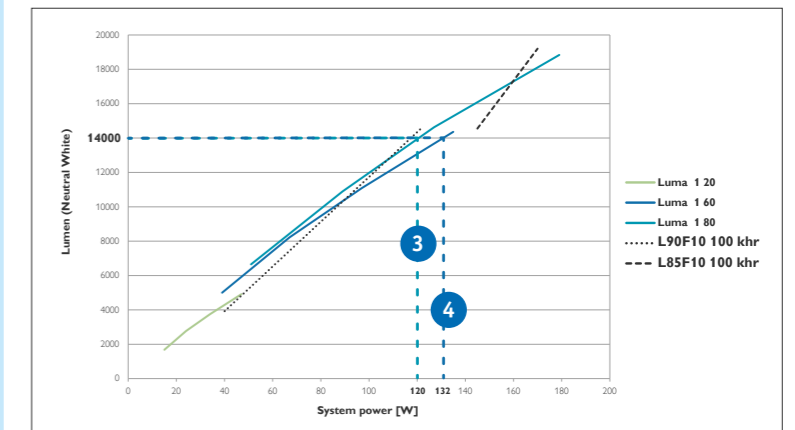
- By using CLO less initial lumens are needed for the same light technical performance, as lumen depreciation is compensated by increasing the current over life.

In order to make optimal use of all possible solutions L-Tune can support.

Luma 2



Luma 1



Example solution drivers

Example

A solution is needed to build 14,000 lumen in Neutral White, within a fit & forget operating life demand of 100,000 hours at a lumen depreciation of maximum L85F10. This solution can be built in different ways within the Luma range:

- 1 When we search for the maximum energy efficiency, it can be built in a Luma 2 with 120 LEDs, driving the LEDs at low current @ a system power of 115W.
- 2 When we want to limit the initial cost within the same luminaire, there is the option to build it in a Luma 2 with 60 LEDs, using an increased drive current, increasing the system power to 131W.
- 3 When we allow ourselves to accept a solution in a smaller luminaire type at a slightly higher energy consumption, but lower initial cost as in our option 1, the Luma 1 with 80 LEDs is an option @ a system power of 120W. Of course, the smaller size of the chosen luminaire must be acceptable in proportion to the mounting height and for the preferred appearance in the application area.
- 4 When we accept a higher energy consumption in the smaller luminaire type, in order to minimize the initial luminaire cost, the Luma 1 with 60 LEDs can be used, driving the LEDs at a relatively high current, increasing the energy consumption to 132W equivalent to option 2.

The above examples are based on constant current during life time. With CLO you can realize lower system powers. As the decision on a lighting installation is taken for a long operating life, it is important to balance the effects of all solution drivers, in order to find your preferred lighting solution.



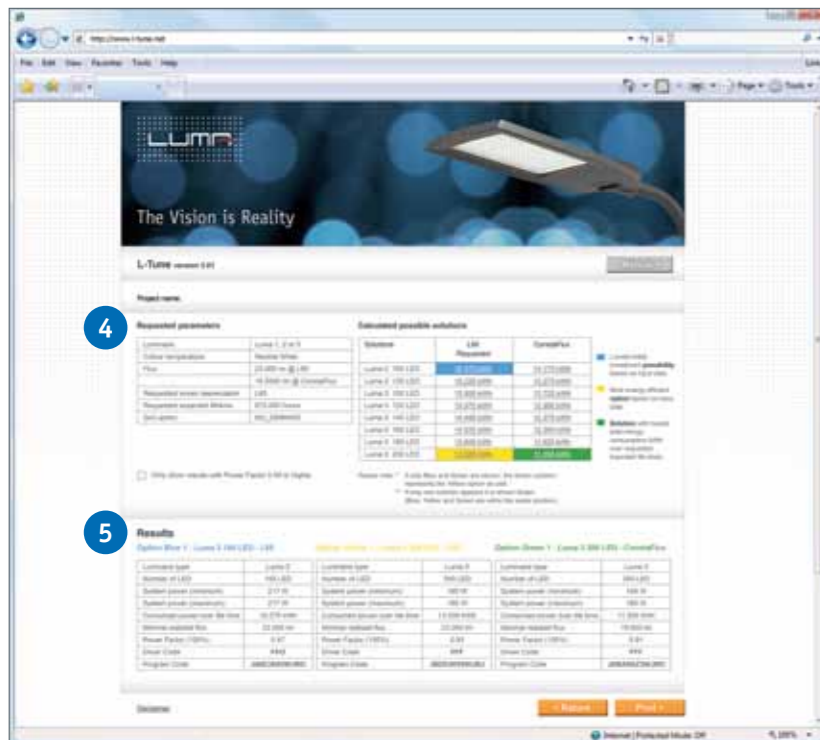
Luma and CityTouch

“Bring city lighting to life towards Intelligent Cities.”

Philips CityTouch gives you the power to make the lighting in your city dynamic, intelligent and totally flexible. The only non-stop lighting management solution for an entire city, CityTouch makes planning, controlling and managing lighting infrastructures simplicity itself. An energy-efficient solution bringing every part of the city to life.

CityTouch offers you the ultimate flexibility. The standard, integrated service is designed to work with lamps, luminaires and controls from multiple brands and suppliers. CityTouch takes public lighting management to an unprecedented new level as it includes asset management and workflow support. An end-to-end secure service that provides best-in-class payback times for your investment enabled by maintenance and energy savings.

The tuning options in Luma go hand in hand with the benefits of control & monitoring systems. The CityTouch software platform brings this unique combination to real intelligent city lighting.



Step 4

Solution generation

Based on the inputs from step 1 to 3, L-Tune defines what Luma versions (in terms of LED quantity) at what system power can meet the minimum targets set. And in case of CLO the starting and end system power needed to fix the flux. For each possible solution the system power and the total energy consumption over the total selected life time are calculated.

Step 5

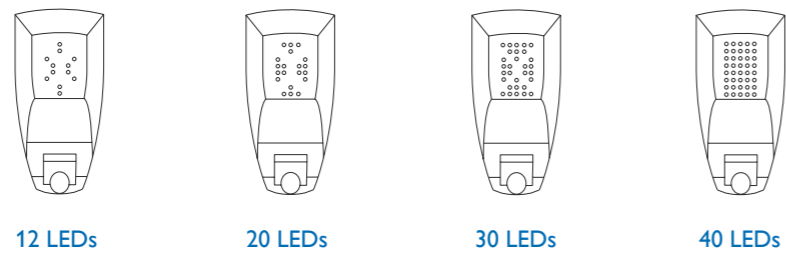
Solution selection

From the presented solutions a choice can be made depending on project priorities:

- Lowest energy consumption over total life time.
- Lowest initial investment.
- Preferred Luma version.

The selected solution specification from L-Tune (“software program code”) is linked to the Luma product specification (“hardware product code”) in the ordering process. In this way the Luma products can be built exactly according to the selected requirements and will remain traceable by the clear product labels. The right Luma with the exact lumen package in the preferred color temperature, with the required LED life time expectancy and acceptable lumen depreciation, to meet your energy saving targets and cost budgets: it is clear why this new solution tool is called L-Tune!

Ask your Philips contact to explain the benefits of L-Tune.



MiniLuma

MiniLuma has a very elegant and compact appearance. This design character, the lumen packages up to 10,000 lumen (100,000 hours), combined with a range of optics, makes it very suitable for relatively lower mounting heights on streets and paths in residential areas.



MiniLuma			
Type		Weight in kg.	Windage (m ²)
MiniLuma	No drivers	9,0	0,055
MiniLuma	12-40 LED	9,5	

Typical MiniLuma energy savings vs. conventional

With the help of L-Tune different solutions can be generated meeting the same basic light technical demands and replacing conventional equivalents. The table below gives some typical examples replacing conventional light source solutions by Luma solutions:

Conventional solution	Psys (W)	Typical MiniLuma solutions (Neutral White color temperature) (results depending on present luminaire / optic & lighting class in place)					
		Low initial cost 100,000h life time ¹ L80F10 solutions	Psys (W)	Savings (W in %)	Max. energy efficiency 100,000h life time ¹ CLO	Psys (W)	Savings (W in %)
Compact fluo 36	37W	MiniLuma-12-1600lm	15W	59%	MiniLuma-12-1300lm	12.5W	66%
High pressure sodium 70	84W	MiniLuma-30-5600lm	50W	40%	MiniLuma-30-4500lm	42W	50%
					MiniLuma-40-4500lm	38W	55%
High pressure mercury 125	142W	MiniLuma-20-4800lm	47W	67%	MiniLuma-30-3850lm	35W	75%
					MiniLuma-40-3850lm	32W	77%

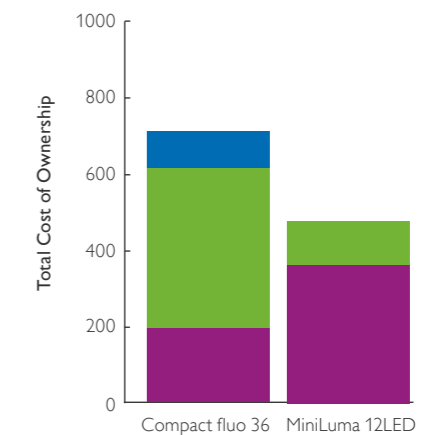
¹ Data @ average ambient (outdoor operating) temperature of 25°C.

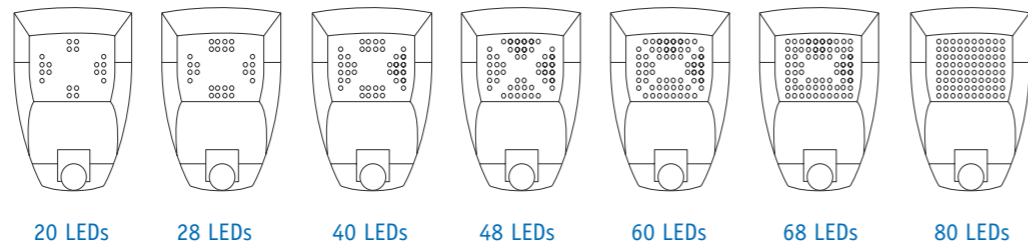
Total cost of ownership

With Luma using the constant current method already interesting energy and cost savings can be made. It is obvious that through the use of the CLO approach considerable extra savings can be realized.

- Lamp replacement costs
- Energy consumption (based on fixed € 0.12 energy rate)
- Luminaire & Installation

TCO example MiniLuma 12LED CLO in NW versus conventional Compact fluo 36W luminaire (100,000h)





Luma 1

Luma 1 combines the evident modern design of the Luma range with a relatively compact size. This design character makes it possible to extend the appearance of Luma 2 and 3 on the bigger traffic routes into the urban roads and streets, and into the major residential areas using its elegance and compactness. The lumen packages up to 20,000 lumen (100,000 hours), combined with a range of optics, supports both these traffic route, city center and residential area applications.



Luma 1

Type		Weight in kg.	Windage (m ²)
Luma 1	No drivers	10.0	0.057
Luma 1	20-68 LED	11.0	
Luma 1	80 LED	11.5	

Typical Luma 1 energy savings vs. conventional

With the help of L-Tune different solutions can be generated meeting the same basic light technical demands and replacing conventional equivalents. The table below gives some typical examples replacing conventional light source solutions by Luma solutions:

Conventional solution	Psys (W)	Typical Luma 1 solutions (Neutral White color temperature) (results depending on present luminaire / optic & lighting class in place)					
		Low initial cost 100,000h life time ¹ L80F10 solutions	Psys (W)	Savings (W in %)	Max. energy efficiency 100,000h life time ¹ CLO	Psys (W)	Savings (W in %)
High pressure sodium 70	84W	Luma 1-28-5600lm MiniLuma-30-5600lm*	51W 50W	39% 40%	Luma 1-48-4500lm	39W	53%
High pressure sodium 100	111W	Luma 1-40-9000lm	85W	23%	Luma 1-80-7200lm	59W	47%
High pressure sodium 150	166W	Luma 1-68-14800lm	136W	18%	Luma 1-80-11850lm Luma 2-120-11850lm*	106W 102W	36% 39%
High pressure mercury 250	283W	Luma 1-40-9600lm	93W	67%	Luma 1-80-7700lm	64W	77%

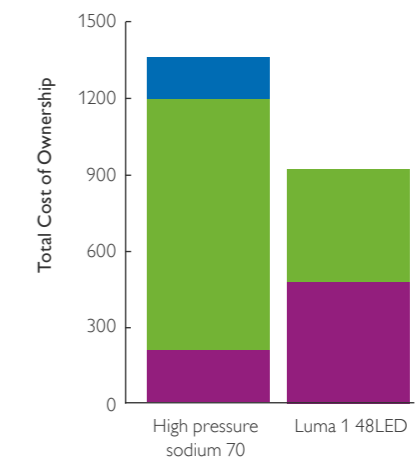
¹ Data @ average ambient (outdoor operating) temperature of 25°C.
* Alternative solutions in other Luma types.

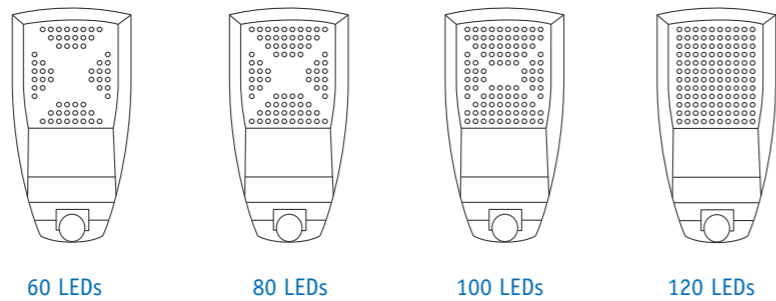
Total cost of ownership

With Luma using the constant current method already interesting energy and cost savings can be made. It is obvious that through the use of the CLO approach considerable extra savings can be realized.

- Lamp replacement costs
- Energy consumption (based on fixed € 0.12 energy rate)
- Luminaire & Installation

TCO example Luma 1 48LED CLO in NW versus conventional High pressure sodium 70W luminaire (100,000h)





Luma 2

Luma 2 is clearly the modern LED alternative for all major traffic routes. The functional though elegant design of the Luma range matches the relatively higher mounting heights and realizes the big lumen packages needed for these major traffic routes. The lumen packages up to 30,000 lumen (100,000 hours), combined with a range of optics, support these (inter) urban applications, including motorways.



Luma 2

Type		Weight in kg.	Windage (m²)
Luma 2	No drivers	13.5	0.067
Luma 2	60 LED	14.5	
Luma 2	80-120 LED	15.5	

Typical Luma 2 energy savings vs. conventional

With the help of L-Tune different solutions can be generated meeting the same basic light technical demands and replacing conventional equivalents. The table below gives some typical examples replacing conventional light source solutions by Luma solutions:

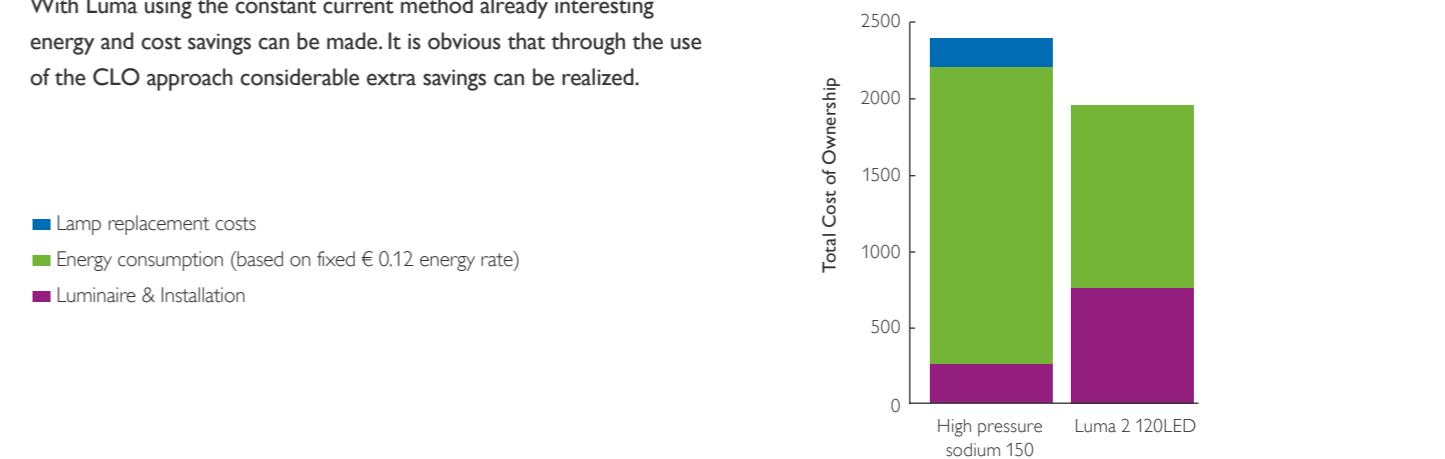
Conventional solution	Typical Luma 2 solutions (Neutral White color temperature) (results depending on present luminaire / optic & lighting class in place)						
	Psys (W)	Low initial cost 100,000h life time ¹ L80F10 solutions	Psys (W)	Savings (W in %)	Max. energy efficiency 100,000h life time ¹ CLO	Psys (W)	Savings (W in %)
High pressure sodium 100	111W	Luma 2-60-9000lm Luma 1-40-9000lm*	76W 85W	31% 23%	Luma 2-80-7200lm	59W	47%
High pressure sodium 150	166W	Luma 2-80-14800lm	128W	23%	Luma 2-120-11850lm Luma 3-140-11850lm*	102W 97W	39% 42%
High pressure sodium 250	274W	Luma 2-120-28000lm	271W	1%	Luma 2-120-22400lm Luma 3-200-22400lm*	224W 193W	18% 30%

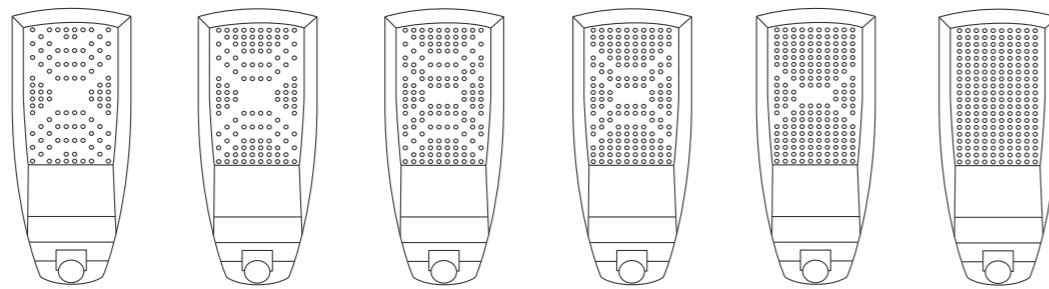
¹ Data @ average ambient (outdoor operating) temperature of 25°C.
* Alternative solutions in other Luma types.

Total cost of ownership

With Luma using the constant current method already interesting energy and cost savings can be made. It is obvious that through the use of the CLO approach considerable extra savings can be realized.

TCO example Luma 2 120LED CLO in NW versus conventional High pressure sodium 150W luminaire (100,000h)





100 LEDs 120 LEDs 140 LEDs 160 LEDs 180 LEDs 200 LEDs

Luma 3

As the largest size, Luma 3 completes the Luma range. By using state of the art LED technology it is the most energy and maintenance efficient motorway lighting solution available. The range of lumen packages up to 48,000 lm (100,000h), combined with the CLO option and a range of high performance optics, support these major traffic route applications.



Luma 3

Type		Weight in kg.	Windage (m ²)
Luma 3	No drivers	17.5	0.079
Luma 3	100-160 LED	19.5	
Luma 3	180-200 LED	20.5	

Typical Luma 3 energy savings vs. conventional

With the help of L-Tune different solutions can be generated meeting the same basic light technical demands and replacing conventional equivalents. The table below gives some typical examples replacing conventional light source solutions by Luma solutions:

Conventional solution	Psys (W)	Typical Luma 3 solutions (Neutral White color temperature) (results depending on present luminaire / optic & lighting class in place)					
		Low initial cost 100,000h life time ¹ L80F10 solutions	Psys (W)	Savings (W in %)	Max. energy efficiency 100,000h life time ¹ CLO	Psys (W)	Savings (W in %)
High pressure sodium 150	166W	Luma 3-100-14800lm	126W	24%	Luma 3-140-11850lm	97W	42%
		Luma 1-68-14800lm*	136W	18%			
High pressure sodium 250	274W	Luma 3-120-28000lm	265W	3%	Luma 3-200-22400lm	193W	30%
		Luma 2-120-22400lm CLO	224W	18%	Luma 3-200-22400lm CW	177W	35%
High pressure sodium 400	431W	Luma 3-200-48000lm CW**	425W	1%	Luma 3-200-38400lm CW	349W	19%
		Luma 3-200-38400lm CLO	400W	7%			

¹ Data @ average ambient (outdoor operating) temperature of 25°C.

* Alternative solutions in other Luma types.

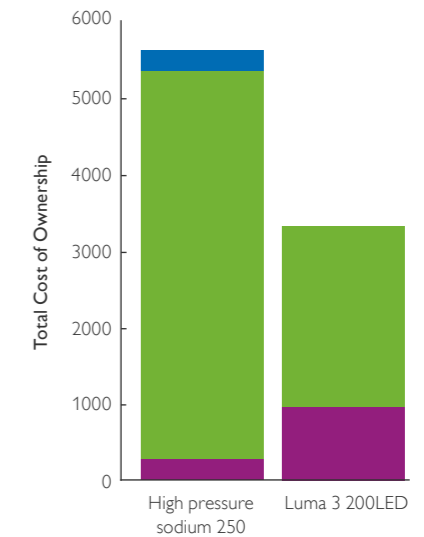
** CW = Cool White

Total cost of ownership

With Luma using the constant current method already interesting energy and cost savings can be made. It is obvious that through the use of the CLO approach considerable extra savings can be realized.

- Lamp replacement costs
- Energy consumption (based on fixed € 0.12 energy rate)
- Luminaire & Installation

TCO example Luma 3 200LED CLO in NW versus conventional High pressure sodium 250W luminaire (100,000h)



LED Warranty Plan

Thanks to our Revoled technology, we can maximize the cooling of LEDs and offer optimal thermal management resulting in a guaranteed long life time of the LED luminaire. As a result Philips offers a special LED Warranty Plan for their LED luminaire range to limit the risks of the relatively higher investments in LED lighting.



Apart from the general conditions on product warranty written in the Philips general sales conditions, we qualified the Philips LED luminaires into different warranty classes depending on their performances.

With the Luma range the LED warranty classifications are depending on the Luma solutions, tuned to the specific project and client

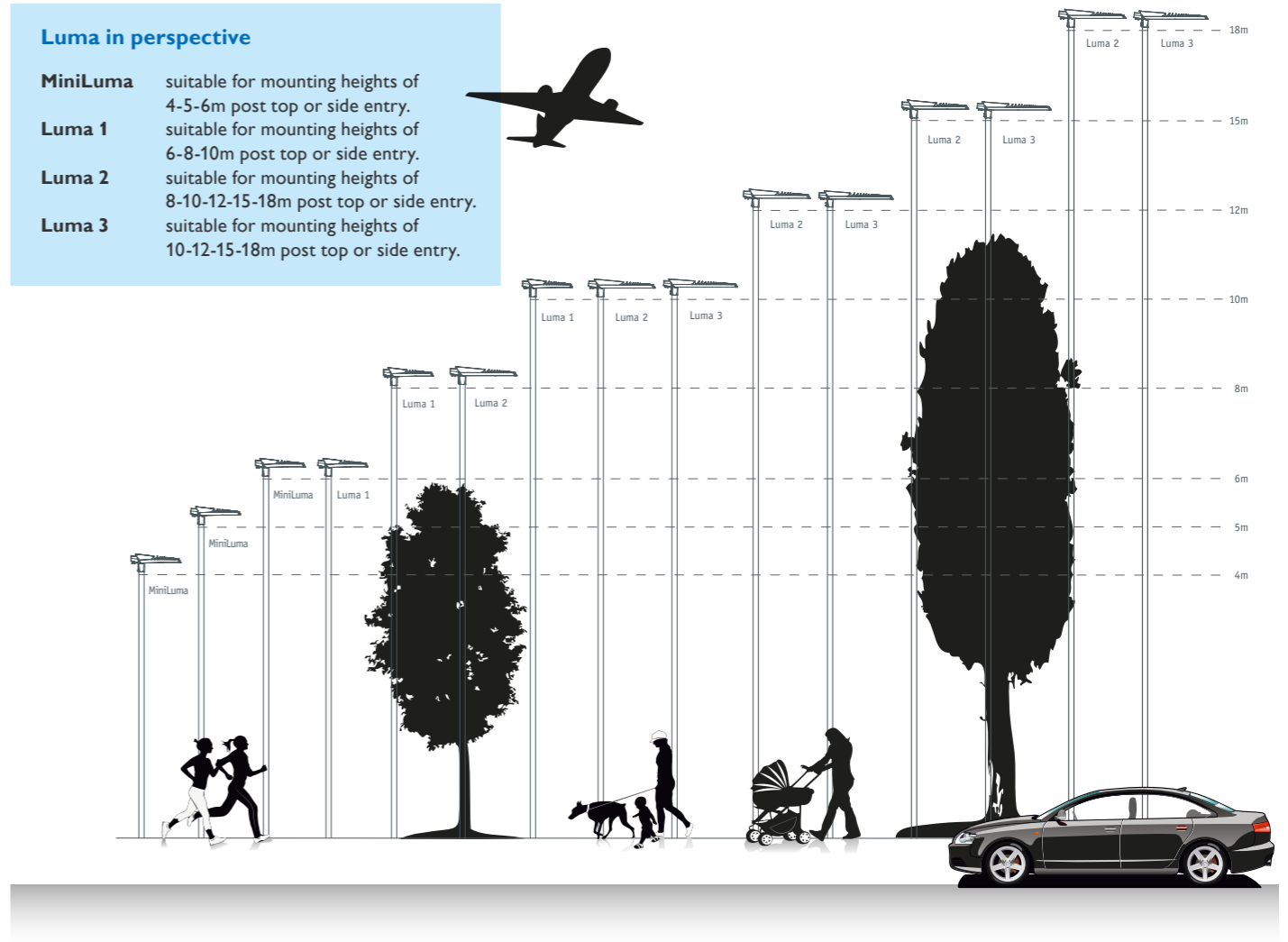
conditions and preferences. For each individual Luma solution (defined with L-Tune) the LED warranty class is defined (to maximum the required life time in the solution).

For a further description of these warranty classes and LED Warranty Plan conditions please visit our website or ask your Philips contact.



Luma - In perspective

The Luma range has been designed to offer perfect solutions for each project, also in terms of the proportion of the luminaire to its mounting height or a specific environment.



Anexo B. Luminárias VSAP



Selenium – design intemporal

Selenium

Selenium SGP340 é uma luminária de iluminação rodoviária eficiente e ergonómica. A sua forma arredondada simples reduz o impacto visual durante o dia, permitindo a integração em qualquer tipo de ambiente. Selenium incorpora o conhecido reflector T-POT, o qual é conhecido pelo seu excelente desempenho óptico. São possíveis poupanças energéticas através de regulação com um interruptor ou sistema Chronosense autónomo (sem cabo piloto). Selenium é adequada para montagem na entrada lateral ou no topo do poste, com opção de três ângulos de inclinação para uma instalação optimizada (0, 5, 15°).

Benefícios

- Design intemporal numa luminária de iluminação rodoviária eficiente e ergonómica, com uma forma simples e arredondada que reduz o impacto visual durante o dia
- Incorpora o conhecido reflector T-POT, o qual é conhecido pelo seu excelente desempenho óptico
- São possíveis poupanças energéticas através de regulação com um interruptor, ou sistema Chronosense autónomo sem cabo piloto

Características

- Design intemporal
- Óptica T-POT
- Regulação com comutador ou sistema Chronosense autónomo (sem cabo piloto)
- Três ângulos de inclinação para instalação optimizada no poste ou suporte

PHILIPS

Aplicação

- Áreas industriais
- Rodoviária

- Passagens, rotundas

Especificações

<ul style="list-style-type: none"> • Type • Light source • Lamp included • Mains voltage • Gear • Optic • Optical cover • Ignitor • Options 	<p>SGP340</p> <p>HID:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1 x MASTER SON-T PIA Plus / E27 / 50, 70 W - 1 x MASTER SON-T PIA Plus / E40 / 100, 150, 250, 400 W - 1 x SON / E27 / 50, 70 W - 1 x SON / E40 / 100, 150, 250 W - 1 x SON-I / E27 / 50, 70 W <p>Yes (K) No</p> <p>230 or 240 V</p> <p>Electro magnetic (low loss), 230 or 240 V / 50 Hz:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inductive (IN) <p>Electronic, 220 - 240 V / 50 - 60 Hz:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Electronic (EB) <p>Facetted semi closed T-POT (TP)</p> <p>Glass flat (FG), reduce glare and improve night nuisance Polycarbonate bowl (PC) vandal-resistant</p> <p>Series (SI) Series, self-stopping (SS) Semi-parallel (SP) Semi-parallel, self-stopping (ST)</p> <p>Lighting controls: Chronosense (CH) Light regulation:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dimming switch (SW) - Dimming switch with reverse function (SWR) <p>Photocell: NEMA socket (P1), Minicell (P3) Fuse (FU) included Knife-connector (KC) included</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Materials and finishing • Color • Installation • Maintenance • Accessories • Main applications 	<p>Canopy and frame: die-cast aluminum Mounting module: die-cast aluminum Optical covers: polycarbonate bowl or toughened glass Reflector: high-purity aluminum Closing clip: stainless steel</p> <p>Grey (RAL 7035) Other RAL colors available on request</p> <p>Side-entry mounting: lateral entry Ø 48 / 60 mm (48/60) Post-top mounting: axial entry Ø 48 / 60 mm (48/60) Spigot is reversible for side-entry and post-top Recommended mounting height: 10 m Standard tilt angle post top: 5° Adjustable tilt angle: 0.5 and 15° Adjustable light distribution: 5 positions Max windage area: 0.14 m² Max SCx values by side: 0.077 m²</p> <p>From above by opening the housing with a single quick-release clip No tools needed for geartry and disconnection of plug and socket</p> <p>Spigots for 34 mm side-entry, ZGP340 SP34S and 76 mm post-top, ZGP340 SP76P</p> <p>Industrial areas, roads, crossings, roundabouts</p>
---	--	---	---

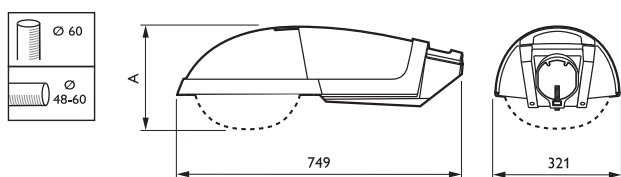
Produtos relacionados

Selenium SGP340 road-lighting luminaire with flat glass



Selenium SGP340 road-lighting luminaire with polycarbonate bowl

Desenho dimensional



SGP340 CPO-TW45W K EB II OR PC 48/60

General information (1/2)

Código de Encomenda	Código da família de produto	Número de lâmpadas	Código da família da lâmpada	Potência da lâmpada	Tampa da base	Equipamento	Mech. impact protection code	Óptica	Tampa da óptica	Côr	Coating
626186 00	SGP340	1	CPO-TW	60 W	PGZ12	EB	IK08	OR	FG	GR	No
626209 00	SGP340	1	CPO-TW	90 W	PGZ12	EB	IK08	OR	FG	GR	No
626223 00	SGP340	1	CPO-TW	140 W	PGZ12	EB	IK08	OR	FG	GR	No
626247 00	SGP340	1	CPO-TW	60 W	PGZ12	EBR	IK08	OR	FG	GR	No
626261 00	SGP340	1	CPO-TW	90 W	PGZ12	EBR	IK08	OR	FG	GR	No
626285 00	SGP340	1	CPO-TW	140 W	PGZ12	EBR	IK08	OR	FG	GR	No
059509 00	SGP340	1	SON-T	50 W	E27	EBD	IK08	TP	FG	GR	No
059516 00	SGP340	1	SON-T	70 W	E27	EBD	IK08	TP	FG	GR	No
059523 00	SGP340	1	SON-T	100 W	E40	EBD	IK08	TP	FG	GR	No
059530 00	SGP340	1	SON-T	150 W	E40	EBD	IK08	TP	FG	GR	No
065586 00	SGP340	1	CPO-TW	60 W	PGZ12	EBD	IK08	OR	FG	GR	No
065593 00	SGP340	1	CPO-TW	90 W	PGZ12	EBD	IK08	OR	FG	GR	No
065609 00	SGP340	1	CPO-TW	140 W	PGZ12	EBD	IK08	OR	FG	GR	No
065647 00	SGP340	1	SON-T	50 W	E27	EBD	IK08	TP	FG	GR	No
065654 00	SGP340	1	SON-T	70 W	E27	EBD	IK08	TP	FG	GR	No
065661 00	SGP340	1	SON-T	100 W	E40	EBD	IK08	TP	FG	GR	No
065678 00	SGP340	1	SON-T	150 W	E40	EBD	IK08	TP	FG	GR	No
065685 00	SGP340	1	SON-T	250 W	E40	EBD	IK08	TP	FG	GR	No
635720 00	SGP340	1	SON-T	50 W	E27	CONV	IK08	TP	FG	GR	No
635478 00	SGP340	1	SON-T	70 W	E27	CONV	IK08	TP	FG	GR	MSP
635485 00	SGP340	1	SON-T	70 W	E27	CONV	IK08	TP	FG	GR	No
635560 00	SGP340	1	SON-T	100 W	E40	CONV	IK08	TP	FG	GR	MSP
635577 00	SGP340	1	SON-T	100 W	E40	CONV	IK08	TP	FG	GR	No
626155 00	SGP340	1	CPO-TW	45 W	PGZ12	EB	IK10	OR	PC	GR	No
626179 00	SGP340	1	CPO-TW	60 W	PGZ12	EB	IK10	OR	PC	GR	No
626193 00	SGP340	1	CPO-TW	90 W	PGZ12	EB	IK10	OR	PC	GR	No
626216 00	SGP340	1	CPO-TW	140 W	PGZ12	EB	IK10	OR	PC	GR	No
626254 00	SGP340	1	CPO-TW	90 W	PGZ12	EBR	IK10	OR	PC	GR	No
626278 00	SGP340	1	CPO-TW	140 W	PGZ12	EBR	IK10	OR	PC	GR	No
059592 00	SGP340	1	SON-T	50 W	E27	EBD	IK10	TP	PC	GR	No
059608 00	SGP340	1	SON-T	70 W	E27	EBD	IK10	TP	PC	GR	No
059615 00	SGP340	1	SON-T	100 W	E40	EBD	IK10	TP	PC	GR	No
059622 00	SGP340	1	SON-T	150 W	E40	EBD	IK10	TP	PC	GR	No
059875 00	SGP340	1	SON-T	250 W	E40	EBD	IK10	TP	PC	GR	No
065616 00	SGP340	1	CPO-TW	60 W	PGZ12	EBD	IK08	OR	PC	GR	No
065623 00	SGP340	1	CPO-TW	90 W	PGZ12	EBD	IK08	OR	PC	GR	No
065630 00	SGP340	1	CPO-TW	140 W	PGZ12	EBD	IK08	OR	PC	GR	No

Código de Encomenda	Código da família de produto	Número de lâmpadas	Código da família da lâmpada	Potência da lâmpada	Tampa da base	Equipamento	Mech. impact protection code	Óptica	Tampa da óptica	Côr	Coating
065746 00	SGP340	1	SON-T	50 W	E27	EBD	IK08	TP	PC	GR	No
065753 00	SGP340	1	SON-T	70 W	E27	EBD	IK08	TP	PC	GR	No
065760 00	SGP340	1	SON-T	100 W	E40	EBD	IK08	TP	PC	GR	No
065777 00	SGP340	1	SON-T	150 W	E40	EBD	IK08	TP	PC	GR	No
065784 00	SGP340	1	SON-T	250 W	E40	EBD	IK08	TP	PC	GR	No
635447 00	SGP340	1	SON-T	70 W	E27	CONV	IK08	TP	PC	GR	No
635515 00	SGP340	1	SON-T	100 W	E40	CONV	IK08	TP	PC	GR	No
635584 00	SGP340	1	SON-T	150 W	E40	CONV	IK08	TP	PC	GR	No

General information (2/2)

Código de Encomenda	Código da família de produto	CE mark	ENEC mark
626186 00	SGP340	CE	No
626209 00	SGP340	CE	No
626223 00	SGP340	CE	No
626247 00	SGP340	CE	No
626261 00	SGP340	CE	No
626285 00	SGP340	CE	No
059509 00	SGP340	CE	No
059516 00	SGP340	CE	No
059523 00	SGP340	CE	No
059530 00	SGP340	CE	No
065586 00	SGP340	CE	No
065593 00	SGP340	CE	No
065609 00	SGP340	CE	No
065647 00	SGP340	CE	No
065654 00	SGP340	CE	No
065661 00	SGP340	CE	No
065678 00	SGP340	CE	No
065685 00	SGP340	CE	No
635720 00	SGP340	CE	No
635478 00	SGP340	CE	No
635485 00	SGP340	CE	No
635560 00	SGP340	CE	No
635577 00	SGP340	CE	No
626155 00	SGP340	CE	No
626179 00	SGP340	CE	No
626193 00	SGP340	CE	No
626216 00	SGP340	CE	No
626254 00	SGP340	CE	No
626278 00	SGP340	CE	No
059592 00	SGP340	CE	No
059608 00	SGP340	CE	No
059615 00	SGP340	CE	No
059622 00	SGP340	CE	No
059875 00	SGP340	CE	No

Código de Encomenda	Código da família de produto	CE mark	ENEC mark
065616 00	SGP340	CE	No
065623 00	SGP340	CE	No
065630 00	SGP340	CE	No
065746 00	SGP340	CE	No
065753 00	SGP340	CE	No
065760 00	SGP340	CE	No
065777 00	SGP340	CE	No
065784 00	SGP340	CE	No
635447 00	SGP340	CE	No
635515 00	SGP340	CE	No
635584 00	SGP340	CE	No

Light technical

Código de Encomenda	Código da família de produto	Standard tilt angle posttop	Standard tilt angle side entry
626186 00	SGP340	5	0
626209 00	SGP340	5	0
626223 00	SGP340	5	0
626247 00	SGP340	5	0
626261 00	SGP340	5	0
626285 00	SGP340	5	0
059509 00	SGP340	5	0
059516 00	SGP340	5	0
059523 00	SGP340	5	0
059530 00	SGP340	5	0
065586 00	SGP340	5	0
065593 00	SGP340	5	0
065609 00	SGP340	5	0
065647 00	SGP340	5	0
065654 00	SGP340	5	0
065661 00	SGP340	5	0
065678 00	SGP340	5	0

Código de Encomenda	Código da família de produto	Standard tilt angle posttop	Standard tilt angle side entry
065685 00	SGP340	5	0
635720 00	SGP340	5	0
635478 00	SGP340	5	0
635485 00	SGP340	5	0
635560 00	SGP340	5	0
635577 00	SGP340	5	0
626155 00	SGP340	5	0
626179 00	SGP340	5	0
626193 00	SGP340	5	0
626216 00	SGP340	5	0
626254 00	SGP340	5	0
626278 00	SGP340	5	0
059592 00	SGP340	5	0
059608 00	SGP340	5	0
059615 00	SGP340	5	0

Código de Encomenda	Código da família de produto	Standard tilt angle posttop	Standard tilt angle side entry
059622 00	SGP340	5	0
059875 00	SGP340	5	0
065616 00	SGP340	5	0
065623 00	SGP340	5	0
065630 00	SGP340	5	0
065746 00	SGP340	5	0
065753 00	SGP340	5	0
065760 00	SGP340	5	0
065777 00	SGP340	5	0
065784 00	SGP340	5	0
635447 00	SGP340	5	0
635515 00	SGP340	5	0
635584 00	SGP340	5	0



© 2014 Koninklijke Philips N.V. (Royal Philips)
Todos os direitos reservados

As especificações estão sujeitas a alterações sem aviso prévio. As marcas comerciais são propriedade de Koninklijke Philips Electronics NV ou de seus respectivos proprietários.

www.philips.com/lighting

2014, Abril 21
Dados sujeitos a alteração



© 2013 Koninklijke Philips Electronics N.V.

All rights reserved. Reproduction in whole or in part is prohibited without the prior written consent of the copyright owner. The information presented in this document does not form part of any quotation or contract, is believed to be accurate and reliable and may be changed without notice. No liability will be accepted by the publisher for any consequence of its use. Publication thereof does not convey nor imply any license under patent or other industrial or intellectual property rights.

www.lighting.philips.com
www.philips.com/indal

Anexo C. Lâmpadas das Luminárias de VSAP



SON-T

SON-T 150W E E40 1SL

Lâmpada a vapor de sódio de alta pressão com bulbo exterior tubular transparente.

Dados do produto

Informações gerais		Controles e dimerização	
Casquilho	E40 [E40]	Regulável	Sim
Posição de funcionamento	UNIVERSAL [qualquer uma]	Tempo de aquecimento 90% (Máx.)	5 min
Vida útil até 5% de falhas (Nom.)	12000 h	Dados mecânicos e de compartimento	
Vida útil até 20% de falhas (Nom.)	20000 h	Acabamento da lâmpada	Clara (CL)
Vida útil até 50% de falhas (Nom.)	28000 h	Informações sobre o casquilho	na [-]
Descrição do sistema	Ignitor Externo (E)	Aprovação e aplicação	
Dados técnicos de luz		Etiqueta de Eficiência Energética (EEL)	A+
Código da cor	220 [TCC de 2000K]	Conteúdo de mercúrio (Hg) (Nom.)	20,4 mg
Fluxo luminoso (nominal) (Mín.)	13500 lm	Consumo de energia kWh/1000 h	162 kWh
Fluxo luminoso (nominal) (Nom.)	15000 lm	Requisitos de design da luminária	
Manutenção lumínica 2000h (mín.)	90 %	Temperatura da lâmpada (Máx.)	450 °C
Manutenção de lúmens a 2.000h (Nom.)	95 %	Temperatura do casquilho (Máx.)	250 °C
Manutenção de lúmens a 5.000h (Mín.)	85 %	Dados do produto	
Manutenção de lúmens a 5.000h (Nom.)	90 %	Código do produto completo	872790090671400
Temperatura de cor correlacionada (Nom.)	2000 K	Nome de produto da encomenda	SON-T 150W E E40 1SL
Eficiência luminosa (nominal) (Nom.)	98 lm/W		
Índice de restituição cromática (Máx.)	25		
Índice de restituição cromática (Nom.)	-		
Dados elétricos e de operação			
Power (Rated) (Nom.)	147.0 W		
Corrente de lâmpada (EM) (Nom.)	1,8 A		
Tensão de alimentação da ignição (Máx.)	198 V		
Tensão de pico da ignição (Máx.)	2800 V		

SON-T

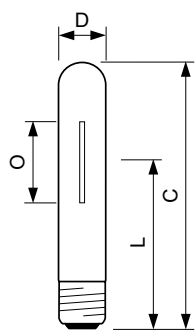
EAN/UPC – Produto	8727900906714
Código de encomenda	928487100097
Código de encomenda local	SONT150WGES-I
Numerador SAP – Quantidade por embalagem	1
Numerador SAP – Embalagens por exterior	12

Nº do material (12NC)	928487100097
Peso líquido SAP (peça)	0,149 kg

Avisos e Segurança

- A quebra da lâmpada raramente poderá impactar na saúde das pessoas. Se a lâmpada quebrar, ventile a sala por 30 minutos e remova as partes, preferencialmente com luvas. Coloque estas partes em uma sacola plástica selada e leve ao local apropriado de descarte para reciclagem. Não utilize aspirador.

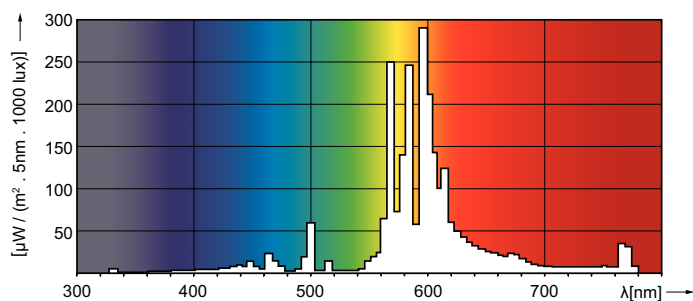
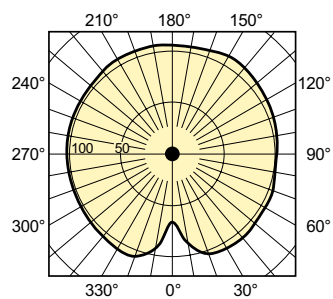
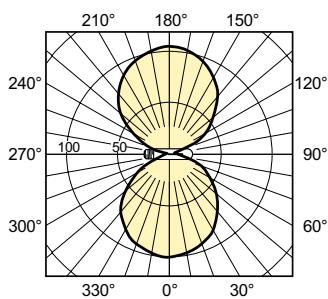
Desenho dimensional



SON-T 150W E40

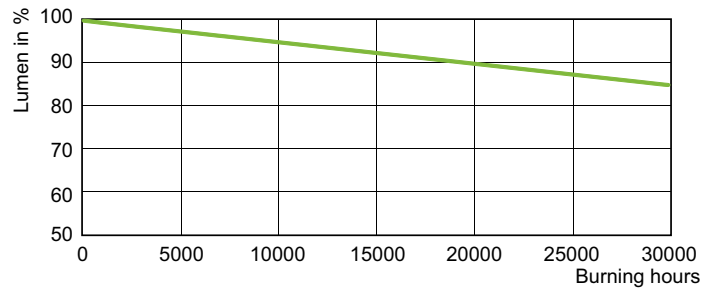
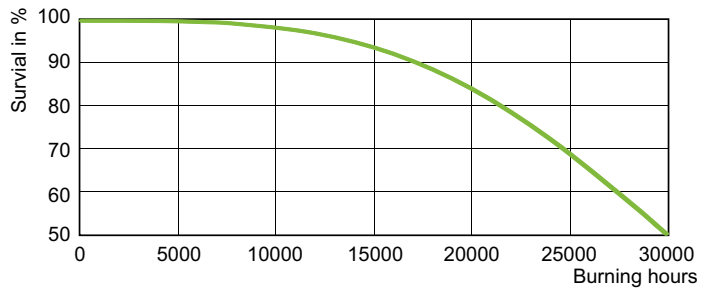
Product	D (max)	O	L	C (max)
SON-T 150W E40 1SL	47 mm	58 mm	132 mm	209 mm

Dados fotométricos



SON-T

Vida útil



© 2018 Signify Holding Todos os direitos reservados. Signify não oferece qualquer representação ou garantia quanto à precisão ou à integridade das informações incluídas aqui e não se responsabiliza por qualquer ação em função disso.

As informações apresentadas neste documento não se destinam a qualquer oferta comercial e não compõem parte de qualquer cotação ou contrato, a menos que seja acordado pela Signify. Philips e o Philips Shield Emblem são marcas comerciais registradas da Koninklijke Philips N.V.

www.lighting.philips.com

2018, Julho 23 - Dados sujeitos a alteração



SON-T

SON-T 250W E E40 1SL

Lâmpada a vapor de sódio de alta pressão com bulbo exterior tubular transparente.

Dados do produto

Informações gerais			
Casquilho	E40 [E40]	Tempo de re-ignição (Min) (Max)	120 s
Posição de funcionamento	UNIVERSAL [qualquer uma]	Tempo de ignição (Máx.)	5 s
Vida útil até 5% de falhas (Nom.)	12000 h	Tensão (Máx.)	115 V
Vida útil até 20% de falhas (Nom.)	20000 h	Tensão (Mín.)	85 V
Vida útil até 50% de falhas (Nom.)	28000 h	Tensão (Nom.)	100 V
Descrição do sistema	Ignitor Externo (E)	Controles e dimerização	
Dados técnicos de luz		Regulável	Sim
Código da cor	220 [TCC de 2000K]	Tempo de aquecimento 90% (Máx.)	5 min
Fluxo luminoso (nominal) (Mín.)	25200 lm	Dados mecânicos e de compartimento	
Fluxo luminoso (nominal) (Nom.)	28000 lm	Acabamento da lâmpada	Clara (CL)
Manutenção lumínica 2000h (mín.)	95 %	Informações sobre o casquilho	na [-]
Manutenção de lúmens a 2.000h (Nom.)	98 %	Aprovação e aplicação	
Manutenção de lúmens a 5.000h (Min)	92 %	Etiqueta de Eficiência Energética (EEL)	A+
Manutenção de lúmens a 5.000h (Nom)	96 %	Conteúdo de mercúrio (Hg) (Nom.)	20,4 mg
Temperatura de cor correlacionada (Nom.)	2000 K	Consumo de energia kWh/1000 h	275 kWh
Eficiência luminosa (nominal) (Nom.)	110 lm/W	Requisitos de design da luminária	
Índice de restituição cromática (Máx)	25	Temperatura da lâmpada (Máx.)	450 °C
Índice de restituição cromática (Nom.)	-	Temperatura do casquilho (Máx.)	250 °C
Dados elétricos e de operação		Dados do produto	
Power (Rated) (Nom)	250.0 W	Código do produto completo	872790090673800
Corrente de lâmpada (EM) (Nom.)	3 A	Nome de produto da encomenda	SON-T 250W E E40 1SL
Tensão de alimentação da ignição (Máx.)	198 V		
Tensão de pico da ignição (Máx.)	2800 V		

SON-T

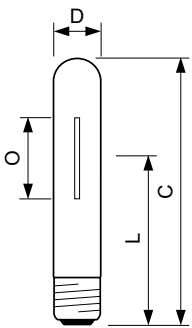
EAN/UPC – Produto	8727900906738
Código de encomenda	928487200097
Código de encomenda local	SONT250WGES-I
Numerador SAP – Quantidade por embalagem	1
Numerador SAP – Embalagens por exterior	12

Nº do material (12NC)	928487200097
Peso líquido SAP (peça)	0,182 kg

Avisos e Segurança

- A quebra da lâmpada raramente poderá impactar na saúde das pessoas. Se a lâmpada quebrar, ventile a sala por 30 minutos e remova as partes, preferencialmente com luvas. Coloque estas partes em uma sacola plástica selada e leve ao local apropriado de descarte para reciclagem. Não utilize aspirador.

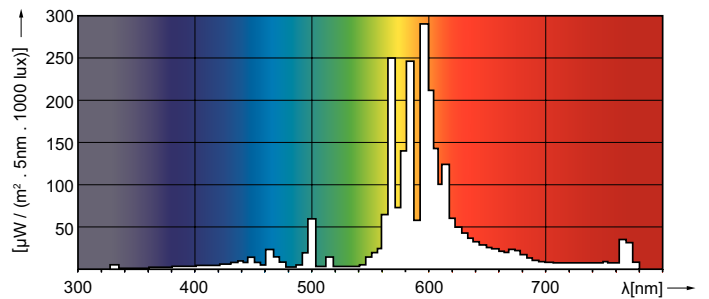
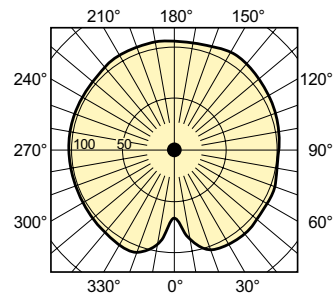
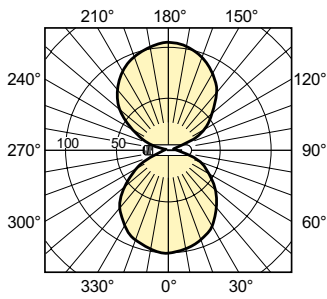
Desenho dimensional



SON-T 250W E40

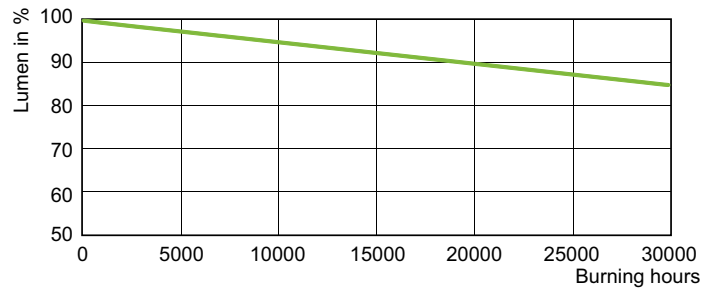
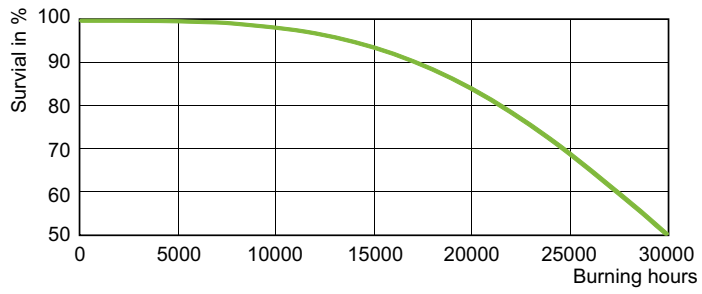
Product	D (max)	O	L	C (max)
SON-T 250W E40 1SL	47 mm	66 mm	158 mm	255 mm

Dados fotométricos



SON-T

Vida útil



© 2018 Signify Holding Todos os direitos reservados. Signify não oferece qualquer representação ou garantia quanto à precisão ou à integridade das informações incluídas aqui e não se responsabiliza por qualquer ação em função disso.

As informações apresentadas neste documento não se destinam a qualquer oferta comercial e não compõem parte de qualquer cotação ou contrato, a menos que seja acordado pela Signify. Philips e o Philips Shield Emblem são marcas comerciais registradas da Koninklijke Philips N.V.

www.lighting.philips.com

2018, Julho 23 - Dados sujeitos a alteração

Anexo D. Estudio Luminotécnico

SOLUÇÃO LED

- Ramo A – (Via de desaceleração)

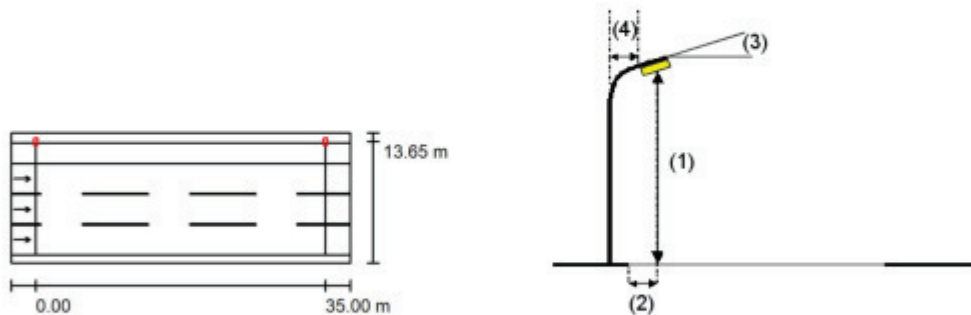
RAMO A (Via de desaceleração) / Dados de planeamento

Perfil da rua

Berma	(Largura: 1.200 m)
Pista de acostamento	(Largura: 2.500 m)
Pista de rodagem	(Largura: 11.000 m, Quantidade das faixas de rodagem: 3, Pavimento: R3, q0: 0.070)
Berma	(Largura: 1.000 m)

Factor de manutenção: 0.90

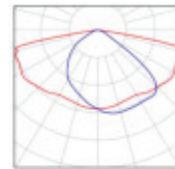
Distribuições de luminárias



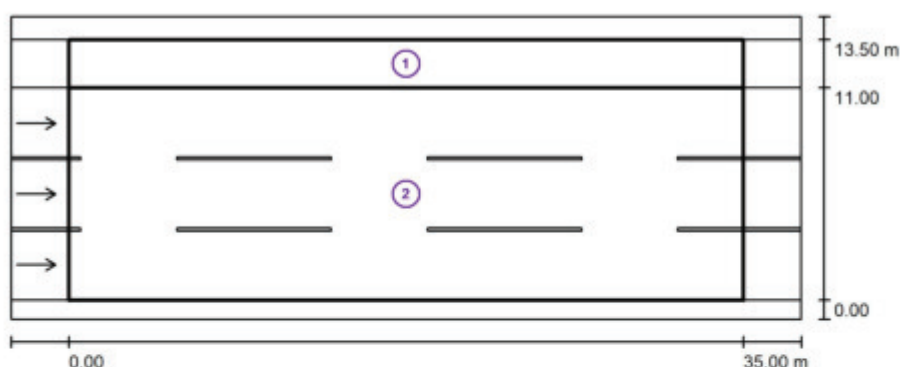
Luminária:	PHILIPS BGP620 T25 1 xLED300-4S/740 DM11	
Corrente luminosa (Luminária):	26400 lm	Valor máximo da potência luminosa
Corrente luminosa (Lâmpadas):	30000 lm	a 70°: 555 cd/klm
Potência luminosa:	198.0 W	a 80°: 153 cd/klm
Distribuição:	de um lado em cima	a 90°: 0.00 cd/klm
Distância entre postes:	35.000 m	Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.
Altura de montagem (1):	13.000 m	Sem potência luminosa acima de 90°.
Altura do ponto de luz:	12.880 m	A distribuição cumpre a classe de potência luminosa G1.
Pendor (2):	-2.650 m	A distribuição cumpre a classe de índice de ofuscamento D.5.
Inclinação do braço extensor (3):	0.0 °	
Comprimento do braço extensor (4):	1.700 m	

RAMO A (Via de desaceleração) / Lista de luminárias

PHILIPS BGP620 T25 1 xLED300-4S/740 DM11
N° do artigo:
Corrente luminosa (Luminária): 26400 lm
Corrente luminosa (Lâmpadas): 30000 lm
Potência luminosa: 198.0 W
Classificação de luminárias conforme CIE: 100
Código de Fluxo (CIE): 38 73 96 100 88
Lâmpada (s): 1 x LED300-4S/740 (Factor de correcção 1.000).



RAMO A (Via de desaceleração) / Resultados Luminotécnicos



Factor de manutenção: 0.90

Escala 1:294

Lista de campo de avaliação

- 1 Pista de acostamento
 Comprimento: 35.000 m, Largura: 2.500 m
 Grelha: 12 x 3 Pontos
 Elementos de rua correspondentes: Pista de acostamento.
 Classe de iluminação seleccionada: CE5 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)

	E_m [lx]	U0
Valores reais segundo o cálculo:	28.73	0.65
Valores nominais segundo a classe:	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumprido/não cumprido:	✓	✓

RAMO A (Via de desaceleração) / Resultados Luminotécnicos

Lista de campo de avaliação

- 2 Campo de avaliação Pista de rodagem
 Comprimento: 35.000 m, Largura: 11.000 m
 Grelha: 12 x 9 Pontos
 Elementos de rua correspondentes: Pista de rodagem.
 Pavimento: R3, q_0 : 0.070
 Classe de iluminação seleccionada: ME2 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)

	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reais segundo o cálculo:	1.51	0.46	0.86	10	0.75
Valores nominais segundo a classe:	≥ 1.50	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 10	≥ 0.50
Cumprido/não cumprido:	✓	✓	✓	✓	✓

Ramo A – Curva

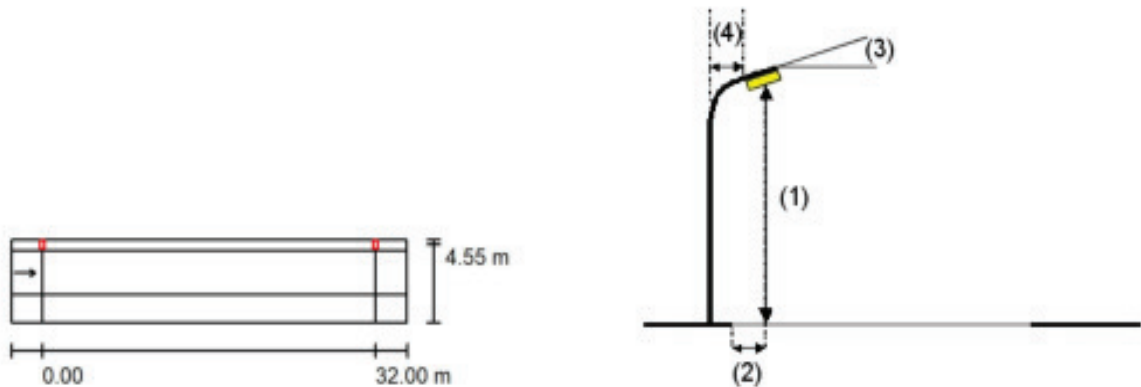
RAMO A (Curva) / Dados de planeamento

Perfil da rua

Berma	(Largura: 1.000 m)
Pista de rodagem	(Largura: 4.000 m, Quantidade das faixas de rodagem: 1, Pavimento: R3, q0: 0.070)
Pista de acostamento	(Largura: 2.500 m)

Factor de manutenção: 0.90

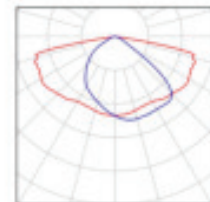
Distribuições de luminárias



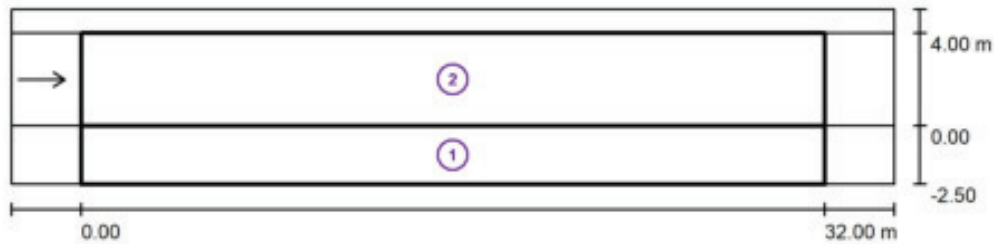
Luminária:	PHILIPS BGP620 T25 1 xLED160-4S/740 DM11	
Corrente luminosa (Luminária):	14400 lm	Valor máximo da potência luminosa
Corrente luminosa (Lâmpadas):	16000 lm	a 70°: 569 cd/klm
Potência luminosa:	100.0 W	a 80°: 157 cd/klm
Distribuição:	de um lado em cima	a 90°: 0.00 cd/klm
Distância entre postes:	32.000 m	Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.
Altura de montagem (1):	12.000 m	Sem potência luminosa acima de 90°.
Altura do ponto de luz:	11.880 m	A distribuição cumpre a classe de potência luminosa G1.
Pendor (2):	-0.550 m	A distribuição cumpre a classe de índice de ofuscamento D.6.
Inclinação do braço extensor (3):	0.0 °	
Comprimento do braço extensor (4):	1.700 m	

RAMO A (Curva) / Lista de luminárias

PHILIPS BGP620 T25 1 xLED160-4S/740 DM11
N° do artigo:
Corrente luminosa (Luminária): 14400 lm
Corrente luminosa (Lâmpadas): 16000 lm
Potência luminosa: 100.0 W
Classificação de luminárias conforme CIE: 100
Código de Fluxo (CIE): 38 73 96 100 90
Lâmpada (s): 1 x LED160-4S/740 (Factor de correcção 1.000).



RAMO A (Curva) / Resultados Luminotécnicos



Factor de manutenção: 0.90

Escala 1:272

Lista de campo de avaliação

- 1 Pista de acostamento
 Comprimento: 32.000 m, Largura: 2.500 m
 Grelha: 11 x 3 Pontos
 Elementos de rua correspondentes: Pista de acostamento.
 Classe de iluminação seleccionada: CE5 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)

	E_m [lx]	U0
Valores reais segundo o cálculo:	18.36	0.84
Valores nominais segundo a classe:	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumprido/não cumprido:	✓	✓

RAMO A (Curva) / Resultados Luminotécnicos

Lista de campo de avaliação

- 2 Pista de rodagem
 Comprimento: 32.000 m, Largura: 4.000 m
 Grelha: 11 x 3 Pontos
 Elementos de rua correspondentes: Pista de rodagem.
 Pavimento: R3, q_0 : 0.070
 Classe de iluminação seleccionada: ME2 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)

	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reais segundo o cálculo:	1.53	0.83	0.94	6	0.93
Valores nominais segundo a classe:	≥ 1.50	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 10	≥ 0.50
Cumprido/não cumprido:	✓	✓	✓	✓	✓

Ramo A – (Acesso Vila Flor)

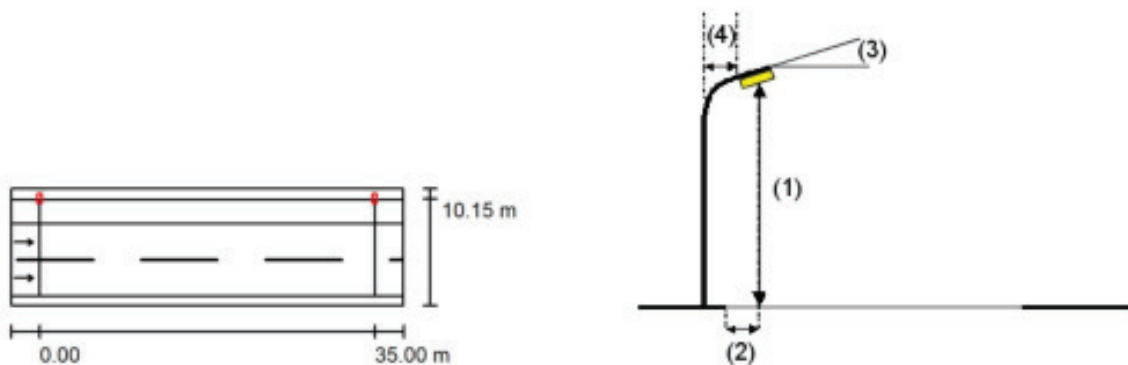
RAMO A (Acesso Vila Flor) / Dados de planeamento

Perfil da rua

Berma	(Largura: 1.200 m)
Pista de acostamento	(Largura: 2.500 m)
Pista de rodagem	(Largura: 7.500 m, Quantidade das faixas de rodagem: 2, Pavimento: R3, q0: 0.070)
Berma	(Largura: 1.000 m)

Factor de manutenção: 0.90

Distribuições de luminárias



Luminária:	PHILIPS BGP627 T25 1 xLED240-4S/740 DM11
Corrente luminosa (Luminária):	21360 lm
Corrente luminosa (Lâmpadas):	24000 lm
Potência luminosa:	152.0 W
Distribuição:	de um lado em cima
Distância entre postes:	35.000 m
Altura de montagem (1):	12.000 m
Altura do ponto de luz:	11.880 m
Pendor (2):	-2.650 m
Inclinação do braço extensor (3):	0.0 °
Comprimento do braço extensor (4):	1.700 m

Valor máximo da potência luminosa	
a 70°:	567 cd/klm
a 80°:	156 cd/klm
a 90°:	0.00 cd/klm

Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.

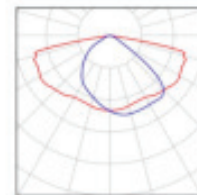
Sem potência luminosa acima de 90°.

A distribuição cumpre a classe de potência luminosa G1.

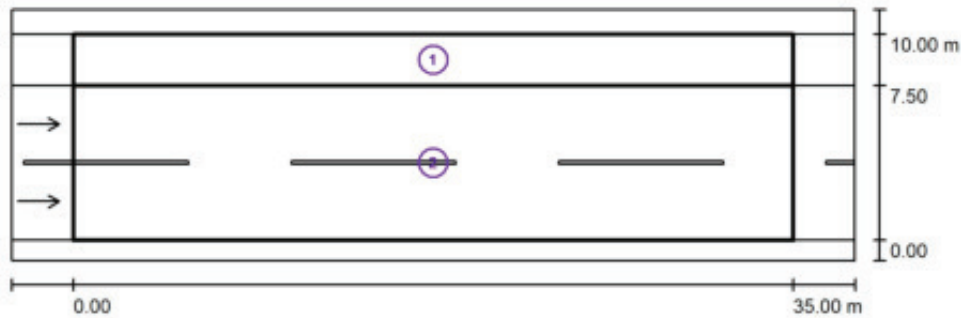
A distribuição cumpre a classe de índice de ofuscamento D.5.

RAMO A (Acesso Vila Flor) / Lista de luminárias

PHILIPS BGP627 T25 1 xLED240-4S/740 DM11
N° do artigo:
Corrente luminosa (Luminária): 21360 lm
Corrente luminosa (Lâmpadas): 24000 lm
Potência luminosa: 152.0 W
Classificação de luminárias conforme CIE: 100
Código de Fluxo (CIE): 38 73 96 100 89
Lâmpada (s): 1 x LED240-4S/740 (Factor de correcção 1.000).



RAMO A (Acesso Vila Flor) / Resultados Luminotécnicos



Factor de manutenção: 0.90

Escala 1:294

Lista de campo de avaliação

- 1 Pista de acostamento
 Comprimento: 35.000 m, Largura: 2.500 m
 Grelha: 12 x 3 Pontos
 Elementos de rua correspondentes: Pista de acostamento.
 Classe de iluminação seleccionada: CE5 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)

	E_m [lx]	U0
Valores reais segundo o cálculo:	25.42	0.61
Valores nominais segundo a classe:	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumprido/não cumprido:	✓	✓

RAMO A (Acesso Vila Flor) / Resultados Luminotécnicos

Lista de campo de avaliação

- 2 Campo de avaliação Pista de rodagem
 Comprimento: 35.000 m, Largura: 7.500 m
 Grelha: 12 x 6 Pontos
 Elementos de rua correspondentes: Pista de rodagem.
 Pavimento: R3, q_0 : 0.070
 Classe de iluminação seleccionada: ME2 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)

	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reais segundo o cálculo:	1.50	0.57	0.81	10	0.85
Valores nominais segundo a classe:	≥ 1.50	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 10	≥ 0.50
Cumprido/não cumprido:	✓	✓	✓	✓	✓

Ramo B – (Curva)

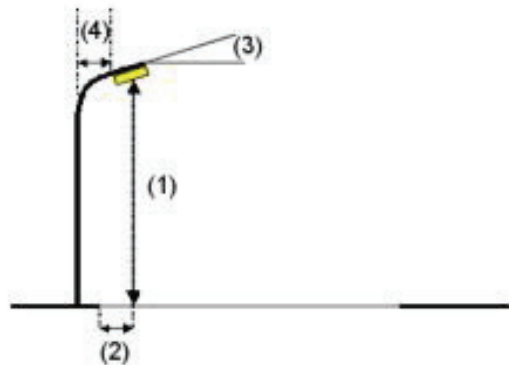
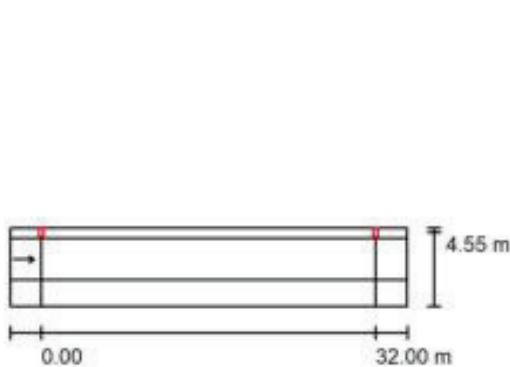
RAMO B (Curva) / Dados de planeamento

Perfil da rua

Berma	(Largura: 1.000 m)
Pista de rodagem	(Largura: 4.000 m, Quantidade das faixas de rodagem: 1, Pavimento: R3, q0: 0.070)
Pista de acostamento	(Largura: 2.500 m)

Factor de manutenção: 0.90

Distribuições de luminárias



Luminária:	PHILIPS BGP620 T25 1 xLED160-4S/740 DM11
Corrente luminosa (Luminária):	14400 lm
Corrente luminosa (Lâmpadas):	16000 lm
Potência luminosa:	100.0 W
Distribuição:	de um lado em cima
Distância entre postes:	32.000 m
Altura de montagem (1):	12.000 m
Altura do ponto de luz:	11.880 m
Pendor (2):	-0.550 m
Inclinação do braço extensor (3):	0.0 °
Comprimento do braço extensor (4):	1.700 m

Valor máximo da potência luminosa

a 70°: 569 cd/klm

a 80°: 157 cd/klm

a 90°: 0.00 cd/klm

Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.

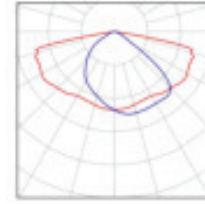
Sem potência luminosa acima de 90°.

A distribuição cumpre a classe de potência luminosa G1.

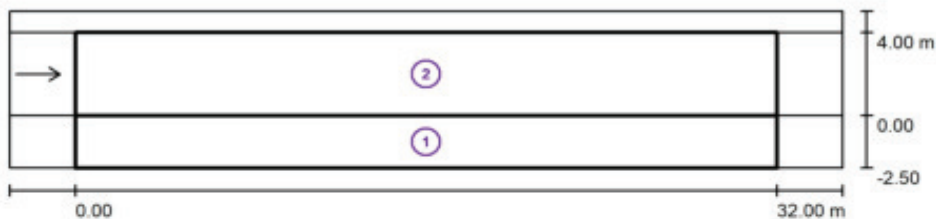
A distribuição cumpre a classe de índice de ofuscamento D.6.

RAMO B (Curva) / Lista de luminárias

PHILIPS BGP620 T25 1 xLED160-4S/740 DM11
 N° do artigo:
 Corrente luminosa (Luminária): 14400 lm
 Corrente luminosa (Lâmpadas): 16000 lm
 Potência luminosa: 100.0 W
 Classificação de luminárias conforme CIE: 100
 Código de Fluxo (CIE): 38 73 96 100 90
 Lâmpada (s): 1 x LED160-4S/740 (Factor de correção 1.000).



RAMO B (Curva) / Resultados Luminotécnicos



Factor de manutenção: 0.90

Escala 1:272

Lista de campo de avaliação

- 1 Pista de acostamento
 Comprimento: 32.000 m, Largura: 2.500 m
 Grelha: 11 x 3 Pontos
 Elementos de rua correspondentes: Pista de acostamento.
 Classe de iluminação seleccionada: CE5 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)

	E_m [lx]	U0
Valores reais segundo o cálculo:	18.36	0.84
Valores nominais segundo a classe:	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumprido/não cumprido:	✓	✓

RAMO B (Curva) / Resultados Luminotécnicos

Lista de campo de avaliação

- 2 Pista de rodagem
 Comprimento: 32.000 m, Largura: 4.000 m
 Grelha: 11 x 3 Pontos
 Elementos de rua correspondentes: Pista de rodagem.
 Pavimento: R3, $q0$: 0.070
 Classe de iluminação seleccionada: ME2 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)

	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reais segundo o cálculo:	1.53	0.83	0.94	6	0.93
Valores nominais segundo a classe:	≥ 1.50	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 10	≥ 0.50
Cumprido/não cumprido:	✓	✓	✓	✓	✓

Ramo C – (Curva)

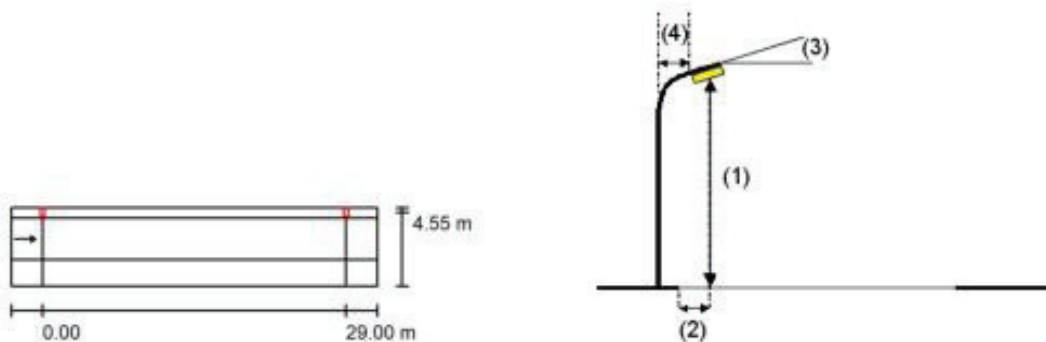
RAMO C (Curva) / Dados de planeamento

Perfil da rua

Berma	(Largura: 1.000 m)
Pista de rodagem	(Largura: 4.000 m, Quantidade das faixas de rodagem: 1, Pavimento: R3, q0: 0.070)
Pista de acostamento	(Largura: 2.500 m)

Factor de manutenção: 0.90

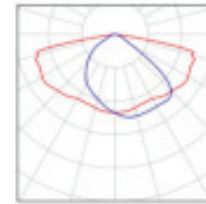
Distribuições de luminárias



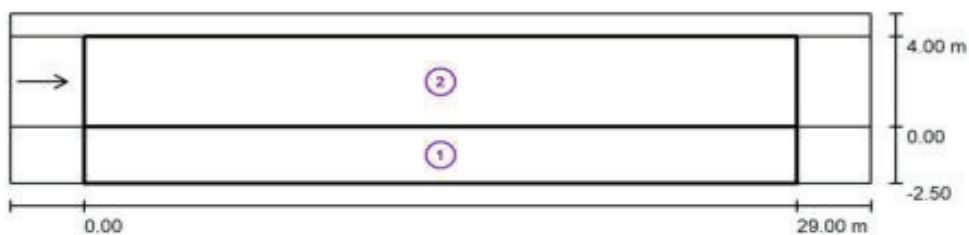
Luminária:	PHILIPS BGP620 T25 1 xLED160-4S/740 DM11	
Corrente luminosa (Luminária):	14400 lm	Valor máximo da potência luminosa
Corrente luminosa (Lâmpadas):	16000 lm	a 70°: 569 cd/klm
Potência luminosa:	100.0 W	a 80°: 157 cd/klm
Distribuição:	de um lado em cima	a 90°: 0.00 cd/klm
Distância entre postes:	29.000 m	Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.
Altura de montagem (1):	12.000 m	Sem potência luminosa acima de 90°.
Altura do ponto de luz:	11.880 m	A distribuição cumpre a classe de potência luminosa G1.
Pendor (2):	-0.550 m	A distribuição cumpre a classe de índice de ofuscamento D.6.
Inclinação do braço extensor (3):	0.0 °	
Comprimento do braço extensor (4):	1.700 m	

RAMO C (Curva) / Lista de luminárias

PHILIPS BGP620 T25 1 xLED160-4S/740 DM11
 N° do artigo:
 Corrente luminosa (Luminária): 14400 lm
 Corrente luminosa (Lâmpadas): 16000 lm
 Potência luminosa: 100.0 W
 Classificação de luminárias conforme CIE: 100
 Código de Fluxo (CIE): 38 73 96 100 90
 Lâmpada (s): 1 x LED160-4S/740 (Factor de correcção 1.000).



RAMO C (Curva) / Resultados Luminotécnicos



Factor de manutenção: 0.90

Escala 1:251

Lista de campo de avaliação

- 1 Pista de acostamento
 Comprimento: 29.000 m, Largura: 2.500 m
 Grelha: 10 x 3 Pontos
 Elementos de rua correspondentes: Pista de acostamento.
 Classe de iluminação seleccionada: CE5 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)

	E_m [lx]	U0
Valores reais segundo o cálculo:	20.25	0.88
Valores nominais segundo a classe:	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumprido/não cumprido:	✓	✓

RAMO C (Curva) / Resultados Luminotécnicos

Lista de campo de avaliação

- 2 Pista de rodagem
 Comprimento: 29.000 m, Largura: 4.000 m
 Grelha: 10 x 3 Pontos
 Elementos de rua correspondentes: Pista de rodagem.
 Pavimento: R3, q_0 : 0.070
 Classe de iluminação seleccionada: ME2 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)

	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reais segundo o cálculo:	1.69	0.83	0.93	6	0.93
Valores nominais segundo a classe:	≥ 1.50	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 10	≥ 0.50
Cumprido/não cumprido:	✓	✓	✓	✓	✓

Ramo D – (Via de desaceleração)

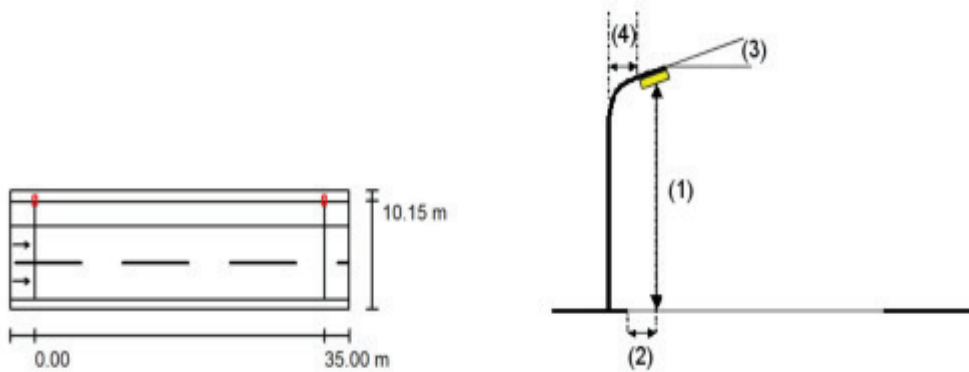
RAMO D (Via de desaceleração) / Dados de planeamento

Perfil da rua

Berma	(Largura: 1.200 m)
Pista de acostamento	(Largura: 2.500 m)
Pista de rodagem	(Largura: 7.500 m, Quantidade das faixas de rodagem: 2, Pavimento: R3, q0: 0.070)
Berma	(Largura: 1.000 m)

Factor de manutenção: 0.90

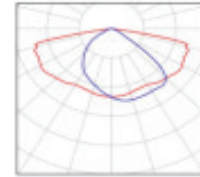
Distribuições de luminárias



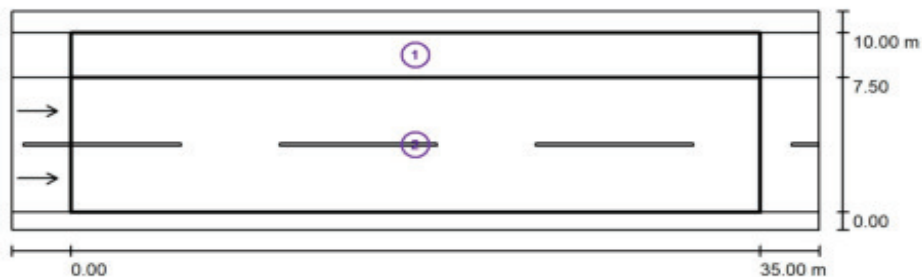
Luminária:	PHILIPS BGP627 T25 1 xLED240-4S/740 DM11	
Corrente luminosa (Luminária):	21360 lm	Valor máximo da potência luminosa
Corrente luminosa (Lâmpadas):	24000 lm	a 70°: 567 cd/klm
Potência luminosa:	152.0 W	a 80°: 156 cd/klm
Distribuição:	de um lado em cima	a 90°: 0.00 cd/klm
Distância entre postes:	35.000 m	Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente
Altura de montagem (1):	12.000 m	instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.
Altura do ponto de luz:	11.880 m	Sem potência luminosa acima de 90°.
Pendor (2):	-2.650 m	A distribuição cumpre a classe de potência
Inclinação do braço extensor (3):	0.0 °	luminosa G1.
Comprimento do braço extensor (4):	1.700 m	A distribuição cumpre a classe de índice de
		ofuscamento D.5.

RAMO D (Via de desaceleração) / Lista de luminárias

PHILIPS BGP627 T25 1 xLED240-4S/740 DM11
 N° do artigo:
 Corrente luminosa (Luminária): 21360 lm
 Corrente luminosa (Lâmpadas): 24000 lm
 Potência luminosa: 152.0 W
 Classificação de luminárias conforme CIE: 100
 Código de Fluxo (CIE): 38 73 96 100 89
 Lâmpada (s): 1 x LED240-4S/740 (Factor de correcção 1.000).



RAMO D (Via de desaceleração) / Resultados Luminotécnicos



Factor de manutenção: 0.90

Escala 1:294

Lista de campo de avaliação

- 1 Pista de acostamento
 Comprimento: 35.000 m, Largura: 2.500 m
 Grelha: 12 x 3 Pontos
 Elementos de rua correspondentes: Pista de acostamento.
 Classe de iluminação seleccionada: CE5 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)

	E_m [lx]	U0
Valores reais segundo o cálculo:	25.42	0.61
Valores nominais segundo a classe:	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumprido/não cumprido:	✓	✓

RAMO D (Via de desaceleração) / Resultados Luminotécnicos

Lista de campo de avaliação

- 2 Campo de avaliação Pista de rodagem
 Comprimento: 35.000 m, Largura: 7.500 m
 Grelha: 12 x 6 Pontos
 Elementos de rua correspondentes: Pista de rodagem.
 Pavimento: R3, $q0$: 0.070
 Classe de iluminação seleccionada: ME2 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)

	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reais segundo o cálculo:	1.50	0.57	0.81	10	0.85
Valores nominais segundo a classe:	≥ 1.50	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 10	≥ 0.50
Cumprido/não cumprido:	✓	✓	✓	✓	✓

Ramo D – (Curva)

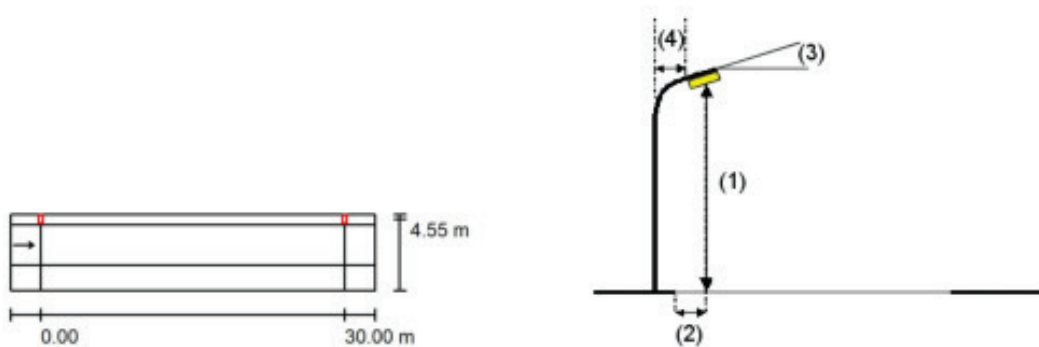
RAMO D (Curva) / Dados de planeamento

Perfil da rua

Berma	(Largura: 1.000 m)
Pista de rodagem	(Largura: 4.000 m, Quantidade das faixas de rodagem: 1, Pavimento: R3, q0: 0.070)
Pista de acostamento	(Largura: 2.500 m)

Factor de manutenção: 0.90

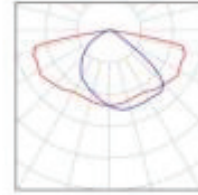
Distribuições de luminárias



Luminária:	PHILIPS BGP620 T25 1 xLED160-4S/740 DM11	
Corrente luminosa (Luminária):	14400 lm	Valor máximo da potência luminosa
Corrente luminosa (Lâmpadas):	16000 lm	a 70°: 569 cd/klm
Potência luminosa:	100.0 W	a 80°: 157 cd/klm
Distribuição:	de um lado em cima	a 90°: 0.00 cd/klm
Distância entre postes:	30.000 m	Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.
Altura de montagem (1):	12.000 m	Sem potência luminosa acima de 90°.
Altura do ponto de luz:	11.880 m	A distribuição cumpre a classe de potência luminosa G1.
Pendor (2):	-0.550 m	A distribuição cumpre a classe de índice de ofuscamento D.6.
Inclinação do braço extensor (3):	0.0 °	
Comprimento do braço extensor (4):	1.700 m	

RAMO D (Curva) / Lista de luminárias

PHILIPS BGP620 T25 1 xLED160-4S/740 DM11
 N° do artigo:
 Corrente luminosa (Luminária): 14400 lm
 Corrente luminosa (Lâmpadas): 16000 lm
 Potência luminosa: 100.0 W
 Classificação de luminárias conforme CIE: 100
 Código de Fluxo (CIE): 38 73 96 100 90
 Lâmpada (s): 1 x LED160-4S/740 (Factor de correção 1.000).



RAMO D (Curva) / Resultados Luminotécnicos



Factor de manutenção: 0.90

Escala 1:258

Lista de campo de avaliação

- 1 Pista de acostamento
 Comprimento: 30.000 m, Largura: 2.500 m
 Grelha: 10 x 3 Pontos
 Elementos de rua correspondentes: Pista de acostamento.
 Classe de iluminação seleccionada: CE5 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)

	E_m [lx]	U0
Valores reais segundo o cálculo:	19.60	0.87
Valores nominais segundo a classe:	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumprido/não cumprido:	✓	✓

RAMO D (Curva) / Resultados Luminotécnicos

Lista de campo de avaliação

- 2 Pista de rodagem
 Comprimento: 30.000 m, Largura: 4.000 m
 Grelha: 10 x 3 Pontos
 Elementos de rua correspondentes: Pista de rodagem.
 Pavimento: R3, q_0 : 0.070
 Classe de iluminação seleccionada: ME2 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)

	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reais segundo o cálculo:	1.63	0.83	0.93	6	0.93
Valores nominais segundo a classe:	≥ 1.50	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 10	≥ 0.50
Cumprido/não cumprido:	✓	✓	✓	✓	✓

Ramo D – (Acesso Junqueira)

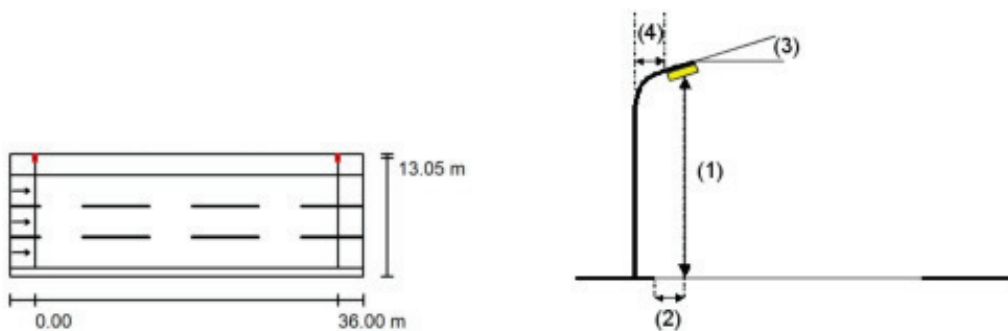
RAMO D (Acesso Junqueira) / Dados de planeamento

Perfil da rua

Pista de acostamento (Largura: 2.500 m)
Pista de rodagem (Largura: 11.000 m, Quantidade das faixas de rodagem: 3, Pavimento: R3, q0: 0.070)
Berma (Largura: 1.000 m)

Factor de manutenção: 0.90

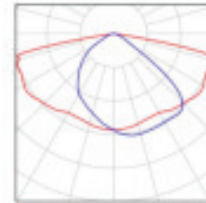
Distribuições de luminárias



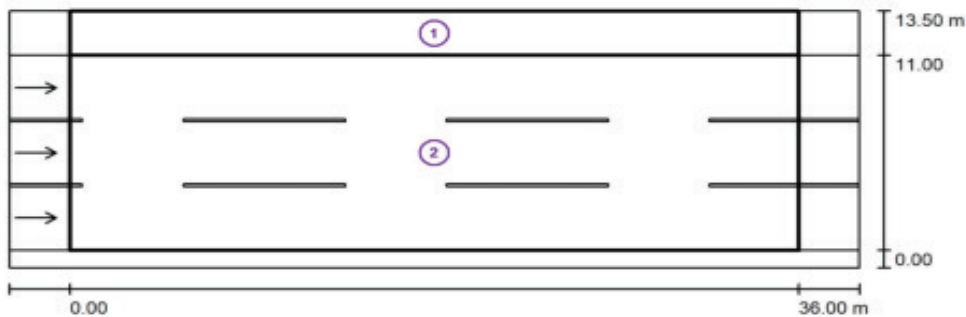
Luminária:	PHILIPS BGP620 T25 1 xLED300-4S/740 DM11	Valor máximo da potência luminosa
Corrente luminosa (Luminária):	26400 lm	a 70°: 555 cd/klm
Corrente luminosa (Lâmpadas):	30000 lm	a 80°: 153 cd/klm
Potência luminosa:	198.0 W	a 90°: 0.00 cd/klm
Distribuição:	de um lado em cima	Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.
Distância entre postes:	36.000 m	Sem potência luminosa acima de 90°.
Altura de montagem (1):	13.000 m	A distribuição cumpre a classe de potência luminosa G1.
Altura do ponto de luz:	12.880 m	A distribuição cumpre a classe de índice de ofuscamento D.5.
Pendor (2):	-2.050 m	
Inclinação do braço extensor (3):	0.0 °	
Comprimento do braço extensor (4):	1.700 m	

RAMO D (Acesso Junqueira) / Lista de luminárias

PHILIPS BGP620 T25 1 xLED300-4S/740 DM11
 N° do artigo:
 Corrente luminosa (Luminária): 26400 lm
 Corrente luminosa (Lâmpadas): 30000 lm
 Potência luminosa: 198.0 W
 Classificação de luminárias conforme CIE: 100
 Código de Fluxo (CIE): 38 73 96 100 88
 Lâmpada (s): 1 x LED300-4S/740 (Factor de correcção 1.000).



RAMO D (Acesso Junqueira) / Resultados Luminotécnicos



Factor de manutenção: 0.90

Escala 1:301

Lista de campo de avaliação

- 1 Pista de acostamento
 Comprimento: 36.000 m, Largura: 2.500 m
 Grelha: 12 x 3 Pontos
 Elementos de rua correspondentes: Pista de acostamento.
 Classe de iluminação seleccionada: CE5 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)

	E_m [lx]	U0
Valores reais segundo o cálculo:	27.29	0.62
Valores nominais segundo a classe:	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumprido/não cumprido:	✓	✓

RAMO D (Acesso Junqueira) / Resultados Luminotécnicos

Lista de campo de avaliação

- 2 Campo de avaliação Pista de rodagem
 Comprimento: 36.000 m, Largura: 11.000 m
 Grelha: 12 x 9 Pontos
 Elementos de rua correspondentes: Pista de rodagem.
 Pavimento: R3, q_0 : 0.070
 Classe de iluminação seleccionada: ME2 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)

	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reais segundo o cálculo:	1.53	0.47	0.86	10	0.74
Valores nominais segundo a classe:	≥ 1.50	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 10	≥ 0.50
Cumprido/não cumprido:	✓	✓	✓	✓	✓

Ramo E – (Curva)

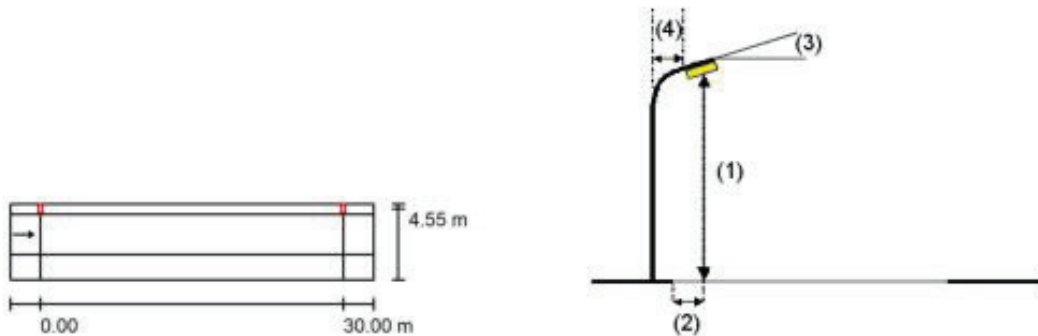
RAMO E (Curva) / Dados de planeamento

Perfil da rua

Berma	(Largura: 1.000 m)
Pista de rodagem	(Largura: 4.000 m, Quantidade das faixas de rodagem: 1, Pavimento: R3, q0: 0.070)
Pista de acostamento	(Largura: 2.500 m)

Factor de manutenção: 0.90

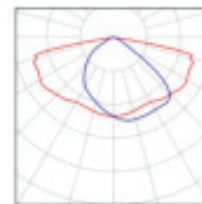
Distribuições de luminárias



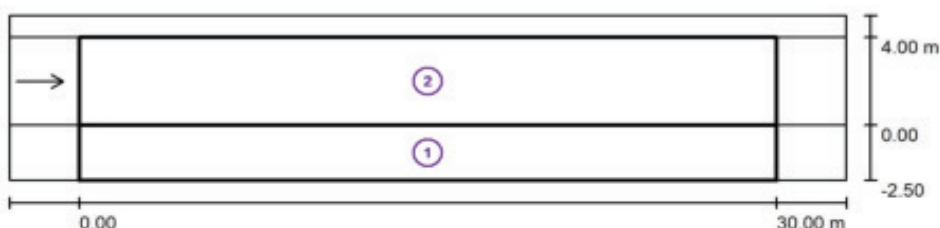
Luminária:	PHILIPS BGP620 T25 1 xLED160-4S/740 DM11	
Corrente luminosa (Luminária):	14400 lm	Valor máximo da potência luminosa
Corrente luminosa (Lâmpadas):	16000 lm	a 70°: 569 cd/klm
Potência luminosa:	100.0 W	a 80°: 157 cd/klm
Distribuição:	de um lado em cima	a 90°: 0.00 cd/klm
Distância entre postes:	30.000 m	Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.
Altura de montagem (1):	12.000 m	Sem potência luminosa acima de 90°.
Altura do ponto de luz:	11.880 m	A distribuição cumpre a classe de potência luminosa G1.
Pendor (2):	-0.550 m	A distribuição cumpre a classe de índice de ofuscamento D.6.
Inclinação do braço extensor (3):	0.0 °	
Comprimento do braço extensor (4):	1.700 m	

RAMO E (Curva) / Lista de luminárias

PHILIPS BGP620 T25 1 xLED160-4S/740 DM11
 N° do artigo:
 Corrente luminosa (Luminária): 14400 lm
 Corrente luminosa (Lâmpadas): 16000 lm
 Potência luminosa: 100.0 W
 Classificação de luminárias conforme CIE: 100
 Código de Fluxo (CIE): 38 73 96 100 90
 Lâmpada (s): 1 x LED160-4S/740 (Factor de correcção 1.000).



RAMO E (Curva) / Resultados Luminotécnicos



Factor de manutenção: 0.90

Escala 1:258

Lista de campo de avaliação

- 1 Pista de acostamento
 Comprimento: 30.000 m, Largura: 2.500 m
 Grelha: 10 x 3 Pontos
 Elementos de rua correspondentes: Pista de acostamento.
 Classe de iluminação seleccionada: CE5 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)

	E_m [lx]	U0
Valores reais segundo o cálculo:	19.60	0.87
Valores nominais segundo a classe:	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumprido/não cumprido:	✓	✓

RAMO E (Curva) / Resultados Luminotécnicos

Lista de campo de avaliação

- 2 Pista de rodagem
 Comprimento: 30.000 m, Largura: 4.000 m
 Grelha: 10 x 3 Pontos
 Elementos de rua correspondentes: Pista de rodagem.
 Pavimento: R3, q_0 : 0.070
 Classe de iluminação seleccionada: ME2 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)

	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reais segundo o cálculo:	1.63	0.83	0.93	6	0.93
Valores nominais segundo a classe:	≥ 1.50	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 10	≥ 0.50
Cumprido/não cumprido:	✓	✓	✓	✓	✓

Nó – (Acesso Vale Benfeito)

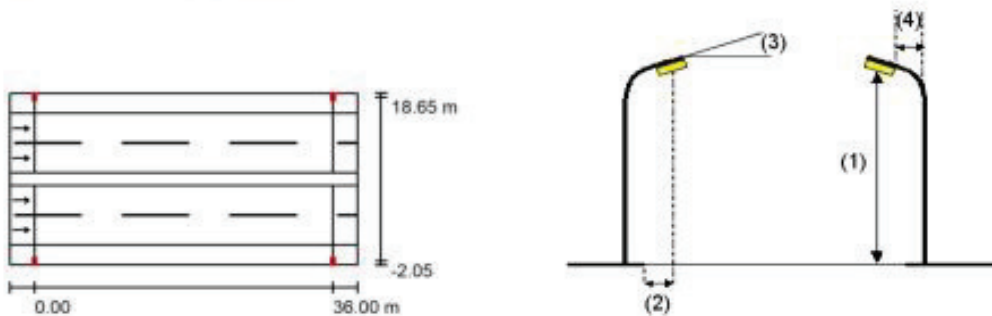
NÓ (Acesso Vale Benfeito) / Dados de planeamento

Perfil da rua

Pista de acostamento	(Largura: 2.500 m)
Pista de rodagem 1	(Largura: 7.500 m, Quantidade das faixas de rodagem: 2, Pavimento: R3, q0: 0.070)
Faixa central 1	(Largura: 1.600 m, Altura: 0.000 m)
Pista de rodagem	(Largura: 7.500 m, Quantidade das faixas de rodagem: 2, Pavimento: R3, q0: 0.070)
Pista de acostamento 1	(Largura: 2.500 m)

Factor de manutenção: 0.90

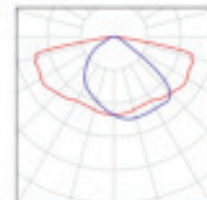
Distribuições de luminárias



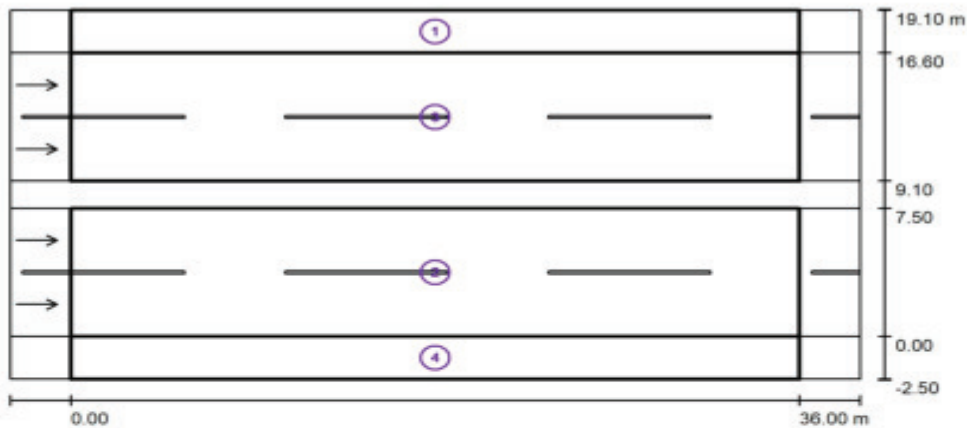
Luminária:	PHILIPS BGP627 T25 1 xLED240-4S/740 DM11	
Corrente luminosa (Luminária):	21360 lm	Valor máximo da potência luminosa
Corrente luminosa (Lâmpadas):	24000 lm	a 70°: 567 cd/klm
Potência luminosa:	152.0 W	a 80°: 156 cd/klm
Distribuição:	dos dois lados frente a frente	a 90°: 0.00 cd/klm
Distância entre postes:	36.000 m	Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.
Altura de montagem (1):	12.000 m	Sem potência luminosa acima de 90°.
Altura do ponto de luz:	11.880 m	A distribuição cumpre a classe de potência luminosa G1.
Pendor (2):	-2.050 m	A distribuição cumpre a classe de índice de ofuscamento D.5.
Inclinação do braço extensor (3):	0.0 °	
Comprimento do braço extensor (4):	1.700 m	

NÓ (Acesso Vale Benfeito) / Lista de luminárias

PHILIPS BGP627 T25 1 xLED240-4S/740 DM11
N° do artigo:
Corrente luminosa (Luminária): 21360 lm
Corrente luminosa (Lâmpadas): 24000 lm
Potência luminosa: 152.0 W
Classificação de luminárias conforme CIE: 100
Código de Fluxo (CIE): 38 73 96 100 89
Lâmpada (s): 1 x LED240-4S/740 (Factor de correcção 1.000).



NÓ (Acesso Vale Benfeito) / Resultados Luminotécnicos



Factor de manutenção: 0.90

Escala 1:301

Lista de campo de avaliação

1	Pista de acostamento Comprimento: 36.000 m, Largura: 2.500 m Grelha: 12 x 3 Pontos Elementos de rua correspondentes: Pista de acostamento. Classe de iluminação seleccionada: CE5 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)	E_m [lx] 26.66 ≥ 7.50	U0 0.60 ≥ 0.40
	Valores reais segundo o cálculo:		
	Valores nominais segundo a classe:		
	Cumprido/não cumprido:	✓	✓

NÓ (Acesso Vale Benfeito) / Resultados Luminotécnicos

Lista de campo de avaliação

2	Campo de avaliação Pista de rodagem Comprimento: 36.000 m, Largura: 7.500 m Grelha: 12 x 6 Pontos Elementos de rua correspondentes: Pista de rodagem. Pavimento: R3, q_0 : 0.070 Classe de iluminação seleccionada: ME2 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)	L_m [cd/m ²] 2.11 ≥ 1.50	U0 0.77 ≥ 0.40	UI 0.82 ≥ 0.70	TI [%] 10 ≤ 10	SR 0.92 ≥ 0.50
	Valores reais segundo o cálculo:					
	Valores nominais segundo a classe:					
	Cumprido/não cumprido:	✓	✓	✓	✓	✓
3	Campo de avaliação Pista de rodagem 1 Comprimento: 36.000 m, Largura: 7.500 m Grelha: 12 x 6 Pontos Elementos de rua correspondentes: Pista de rodagem 1. Pavimento: R3, q_0 : 0.070 Classe de iluminação seleccionada: ME2 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)	L_m [cd/m ²] 2.11 ≥ 1.50	U0 0.77 ≥ 0.40	UI 0.82 ≥ 0.70	TI [%] 10 ≤ 10	SR 0.92 ≥ 0.50
	Valores reais segundo o cálculo:					
	Valores nominais segundo a classe:					
	Cumprido/não cumprido:	✓	✓	✓	✓	✓
4	Campo de avaliação Pista de acostamento 1 Comprimento: 36.000 m, Largura: 2.500 m Grelha: 12 x 3 Pontos Elementos de rua correspondentes: Pista de acostamento 1. Classe de iluminação seleccionada: CE5 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)	E_m [lx] 26.66 ≥ 7.50	U0 0.60 ≥ 0.40			
	Valores reais segundo o cálculo:					
	Valores nominais segundo a classe:					
	Cumprido/não cumprido:	✓	✓			

SOLUÇÃO VAPOR DE SÓDIO ALTA PRESSÃO

Ramo A – (Via de desaceleração)

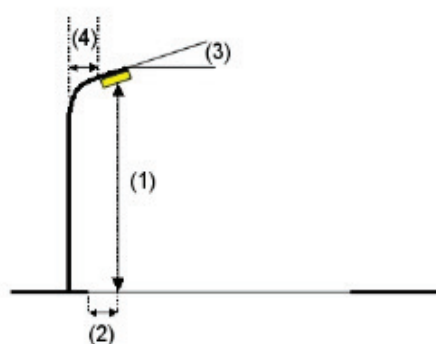
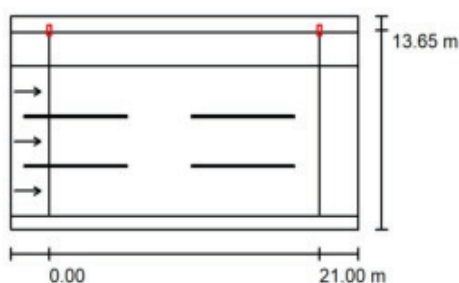
RAMO A (Via de desaceleração) / Dados de planeamento

Perfil da rua

Berma	(Largura: 1.200 m)
Pista de acostamento	(Largura: 2.500 m)
Pista de rodagem	(Largura: 11.000 m, Quantidade das faixas de rodagem: 3, Pavimento: R3, q0: 0.070)
Berma	(Largura: 1.000 m)

Factor de manutenção: 0.67

Distribuições de luminárias



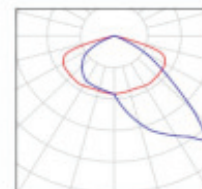
Luminária:	PHILIPS SGP340 FG 1xSON-TPP250W TP P1
Corrente luminosa (Luminária):	24236 lm
Corrente luminosa (Lâmpadas):	33200 lm
Potência luminosa:	276.0 W
Distribuição:	de um lado em cima
Distância entre postes:	21.000 m
Altura de montagem (1):	12.000 m
Altura do ponto de luz:	11.793 m
Pendor (2):	-2.650 m
Inclinação do braço extensor (3):	0.0 °
Comprimento do braço extensor (4):	1.700 m

Valor máximo da potência luminosa
a 70°: 246 cd/klm
a 80°: 6.36 cd/klm
a 90°: 0.00 cd/klm

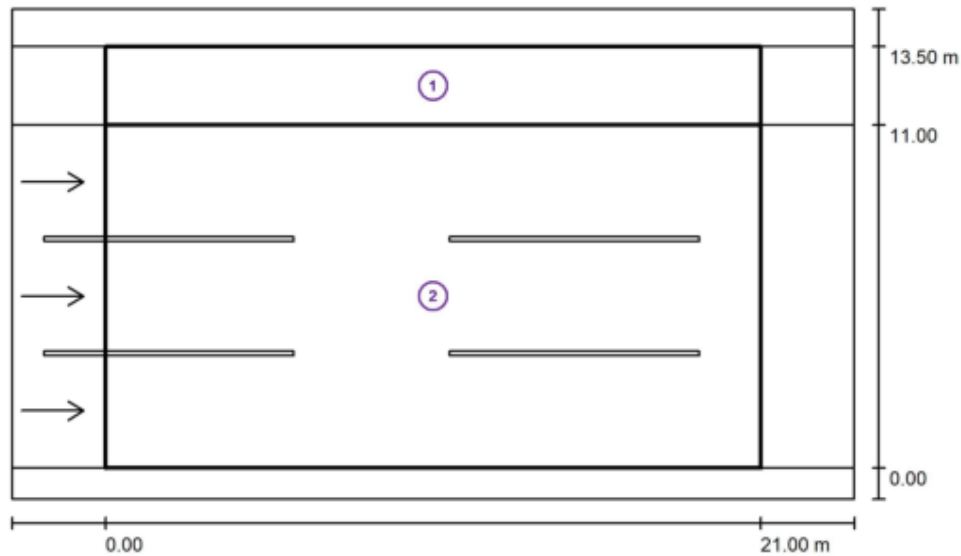
Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.
Sem potência luminosa acima de 90°.
A distribuição cumpre a classe de potência luminosa G6.
A distribuição cumpre a classe de índice de ofuscamento D.6.

RAMO A (Via de desaceleração) / Lista de luminárias

PHILIPS SGP340 FG 1xSON-TPP250W TP P1
N° do artigo:
Corrente luminosa (Luminária): 24236 lm
Corrente luminosa (Lâmpadas): 33200 lm
Potência luminosa: 276.0 W
Classificação de luminárias conforme CIE: 100
Código de Fluxo (CIE): 40 79 98 100 73
Lâmpada (s): 1 x SON-TPP250W (Factor de correcção 1.000).



RAMO A (Via de desaceleração) / Resultados Luminotécnicos



Factor de manutenção: 0.67

Escala 1:194

Lista de campo de avaliação

- 1 Pista de acostamento
 Comprimento: 21.000 m, Largura: 2.500 m
 Grelha: 10 x 3 Pontos
 Elementos de rua correspondentes: Pista de acostamento.
 Classe de iluminação seleccionada: CE5 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)

	E_m [lx]	U0
Valores reais segundo o cálculo:	29.79	0.76
Valores nominais segundo a classe:	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumprido/não cumprido:	✓	✓

RAMO A (Via de desaceleração) / Resultados Luminotécnicos

Lista de campo de avaliação

- 2 Campo de avaliação Pista de rodagem
 Comprimento: 21.000 m, Largura: 11.000 m
 Grelha: 10 x 9 Pontos
 Elementos de rua correspondentes: Pista de rodagem.
 Pavimento: R3, q_0 : 0.070
 Classe de iluminação seleccionada: ME2 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)

	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reais segundo o cálculo:	1.51	0.40	0.91	5	0.57
Valores nominais segundo a classe:	≥ 1.50	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 10	≥ 0.50
Cumprido/não cumprido:	✓	✓	✓	✓	✓

Ramo A – Curva

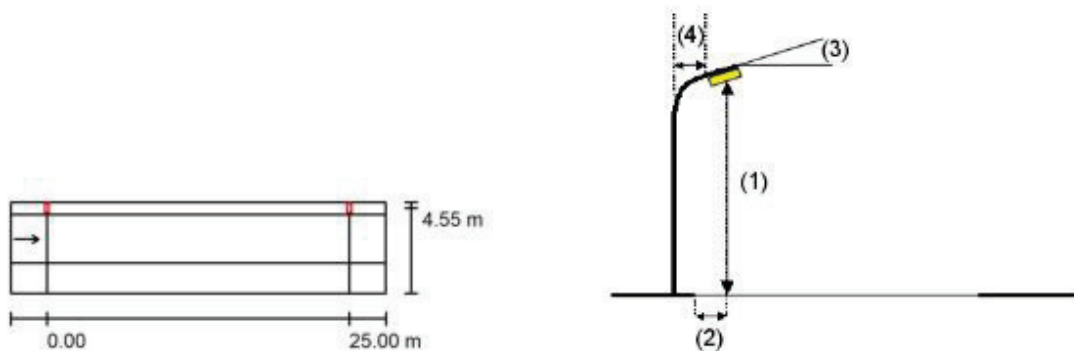
RAMO A (Curva) / Dados de planeamento

Perfil da rua

Berma	(Largura: 1.000 m)
Pista de rodagem	(Largura: 4.000 m, Quantidade das faixas de rodagem: 1, Pavimento: R3, q0: 0.070)
Pista de acostamento	(Largura: 2.500 m)

Factor de manutenção: 0.67

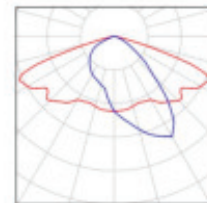
Distribuições de luminárias



Luminária:	PHILIPS SGP340 FG 1xSON-TPP150W TP P4	
Corrente luminosa (Luminária):	13650 lm	Valor máximo da potência luminosa
Corrente luminosa (Lâmpadas):	17500 lm	a 70°: 261 cd/klm
Potência luminosa:	169.0 W	a 80°: 5.10 cd/klm
Distribuição:	de um lado em cima	a 90°: 0.00 cd/klm
Distância entre postes:	25.000 m	Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente
Altura de montagem (1):	11.000 m	instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.
Altura do ponto de luz:	10.793 m	Sem potência luminosa acima de 90°.
Pendor (2):	-0.550 m	A distribuição cumpre a classe de potência
Inclinação do braço extensor (3):	0.0 °	luminosa G6.
Comprimento do braço extensor (4):	1.700 m	A distribuição cumpre a classe de índice de
		ofuscamento D.6.

RAMO A (Curva) / Lista de luminárias

PHILIPS SGP340 FG 1xSON-TPP150W TP P4
N° do artigo:
Corrente luminosa (Luminária): 13650 lm
Corrente luminosa (Lâmpadas): 17500 lm
Potência luminosa: 169.0 W
Classificação de luminárias conforme CIE: 100
Código de Fluxo (CIE): 44 81 99 100 78
Lâmpada (s): 1 x SON-TPP150W (Factor de correcção 1.000).



RAMO A (Curva) / Resultados Luminotécnicos



Factor de manutenção: 0.67

Escala 1:222

Lista de campo de avaliação

- 1 Pista de acostamento
 Comprimento: 25.000 m, Largura: 2.500 m
 Grelha: 10 x 3 Pontos
 Elementos de rua correspondentes: Pista de acostamento.
 Classe de iluminação seleccionada: CE5 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)

	E_m [lx]	U0
Valores reais segundo o cálculo:	21.46	0.80
Valores nominais segundo a classe:	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumprido/não cumprido:	✓	✓

RAMO A (Curva) / Resultados Luminotécnicos

Lista de campo de avaliação

- 2 Pista de rodagem
 Comprimento: 25.000 m, Largura: 4.000 m
 Grelha: 10 x 3 Pontos
 Elementos de rua correspondentes: Pista de rodagem.
 Pavimento: R3, $q0$: 0.070
 Classe de iluminação seleccionada: ME2 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)

	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reais segundo o cálculo:	1.55	0.81	0.88	4	0.83
Valores nominais segundo a classe:	≥ 1.50	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 10	≥ 0.50
Cumprido/não cumprido:	✓	✓	✓	✓	✓

Ramo A – (Acesso Vila Flor)

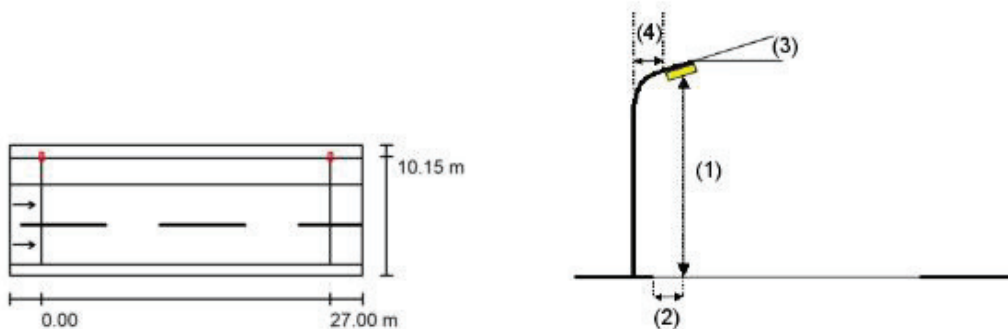
RAMO A (Acesso Vila Flor) / Dados de planeamento

Perfil da rua

Berma	(Largura: 1.200 m)
Pista de acostamento	(Largura: 2.500 m)
Pista de rodagem	(Largura: 7.500 m, Quantidade das faixas de rodagem: 2, Pavimento: R3, q0: 0.070)
Berma	(Largura: 1.000 m)

Factor de manutenção: 0.67

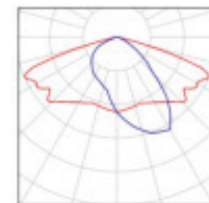
Distribuições de luminárias



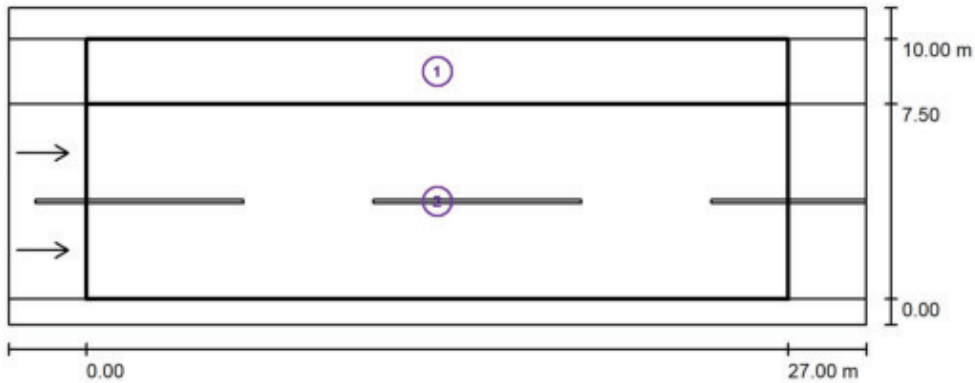
Luminária:	PHILIPS SGP340 FG 1xSON-TPP250W TP P4	
Corrente luminosa (Luminária):	25564 lm	Valor máximo da potência luminosa
Corrente luminosa (Lâmpadas):	33200 lm	a 70°: 287 cd/klm
Potência luminosa:	276.0 W	a 80°: 6.51 cd/klm
Distribuição:	de um lado em cima	a 90°: 0.00 cd/klm
Distância entre postes:	27.000 m	Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.
Altura de montagem (1):	12.000 m	Sem potência luminosa acima de 90°.
Altura do ponto de luz:	11.793 m	A distribuição cumpre a classe de potência luminosa G6.
Pendor (2):	-2.650 m	A distribuição cumpre a classe de índice de ofuscamento D.6.
Inclinação do braço extensor (3):	0.0 °	
Comprimento do braço extensor (4):	1.700 m	

RAMO A (Acesso Vila Flor) / Lista de luminárias

PHILIPS SGP340 FG 1xSON-TPP250W TP P4
N° do artigo:
Corrente luminosa (Luminária): 25564 lm
Corrente luminosa (Lâmpadas): 33200 lm
Potência luminosa: 276.0 W
Classificação de luminárias conforme CIE: 100
Código de Fluxo (CIE): 43 79 98 100 77
Lâmpada (s): 1 x SON-TPP250W (Factor de correcção 1.000).



RAMO A (Acesso Vila Flor) / Resultados Luminotécnicos



Factor de manutenção: 0.67

Escala 1:236

Lista de campo de avaliação

- 1 Pista de acostamento
 Comprimento: 27.000 m, Largura: 2.500 m
 Grelha: 10 x 3 Pontos
 Elementos de rua correspondentes: Pista de acostamento.
 Classe de iluminação seleccionada: CE5 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)

	E_m [lx]	U0
Valores reais segundo o cálculo:	36.12	0.76
Valores nominais segundo a classe:	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumprido/não cumprido:	✓	✓

RAMO A (Acesso Vila Flor) / Resultados Luminotécnicos

Lista de campo de avaliação

- 2 Campo de avaliação Pista de rodagem
 Comprimento: 27.000 m, Largura: 7.500 m
 Grelha: 10 x 6 Pontos
 Elementos de rua correspondentes: Pista de rodagem.
 Pavimento: R3, q_0 : 0.070
 Classe de iluminação seleccionada: ME2 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)

	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reais segundo o cálculo:	1.54	0.41	0.83	6	0.74
Valores nominais segundo a classe:	≥ 1.50	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 10	≥ 0.50
Cumprido/não cumprido:	✓	✓	✓	✓	✓

Ramo B – (Curva)

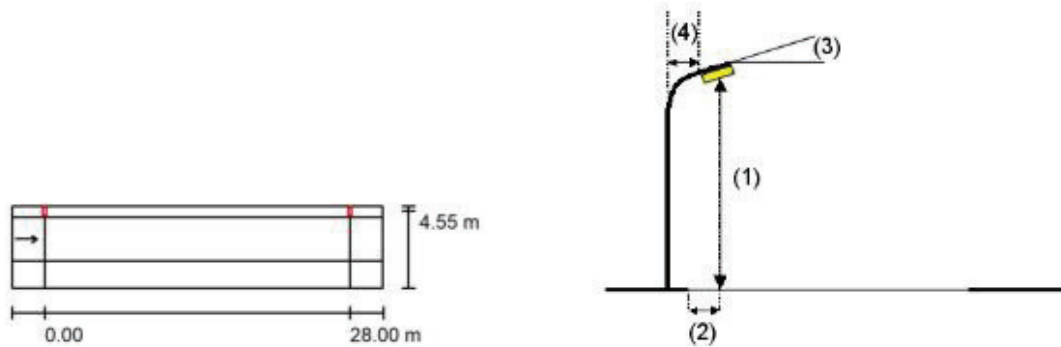
RAMO B (Curva) / Dados de planeamento

Perfil da rua

Berma	(Largura: 1.000 m)
Pista de rodagem	(Largura: 4.000 m, Quantidade das faixas de rodagem: 1, Pavimento: R3, q0: 0.070)
Pista de acostamento	(Largura: 2.500 m)

Factor de manutenção: 0.67

Distribuições de luminárias



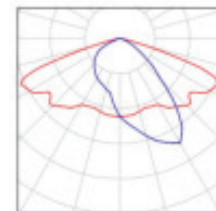
Luminária:	PHILIPS SGP340 FG 1xSON-TPP150W TP P4
Corrente luminosa (Luminária):	13650 lm
Corrente luminosa (Lâmpadas):	17500 lm
Potência luminosa:	169.0 W
Distribuição:	de um lado em cima
Distância entre postes:	28.000 m
Altura de montagem (1):	10.000 m
Altura do ponto de luz:	9.793 m
Pendor (2):	-0.550 m
Inclinação do braço extensor (3):	0.0 °
Comprimento do braço extensor (4):	1.700 m

Valor máximo da potência luminosa
a 70°: 261 cd/klm
a 80°: 5.10 cd/klm
a 90°: 0.00 cd/klm

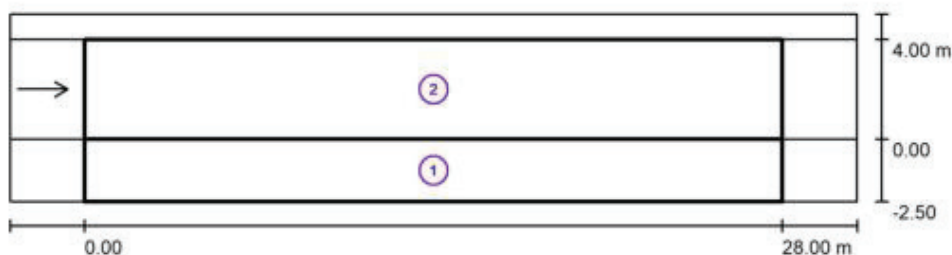
Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores, Sem potência luminosa acima de 90°. A distribuição cumpre a classe de potência luminosa G6. A distribuição cumpre a classe de índice de ofuscamento D.6.

RAMO B (Curva) / Lista de luminárias

PHILIPS SGP340 FG 1xSON-TPP150W TP P4
N° do artigo:
Corrente luminosa (Luminária): 13650 lm
Corrente luminosa (Lâmpadas): 17500 lm
Potência luminosa: 169.0 W
Classificação de luminárias conforme CIE: 100
Código de Fluxo (CIE): 44 81 99 100 78
Lâmpada (s): 1 x SON-TPP150W (Factor de correcção 1.000).



RAMO B (Curva) / Resultados Luminotécnicos



Factor de manutenção: 0.67

Escala 1:244

Lista de campo de avaliação

- 1 Pista de acostamento
 Comprimento: 28.000 m, Largura: 2.500 m
 Grelha: 10 x 3 Pontos
 Elementos de rua correspondentes: Pista de acostamento.
 Classe de iluminação seleccionada: CE5 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)

	E_m [lx]	U0
Valores reais segundo o cálculo:	19.55	0.69
Valores nominais segundo a classe:	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumprido/não cumprido:	✓	✓

RAMO B (Curva) / Resultados Luminotécnicos

Lista de campo de avaliação

- 2 Pista de rodagem
 Comprimento: 28.000 m, Largura: 4.000 m
 Grelha: 10 x 3 Pontos
 Elementos de rua correspondentes: Pista de rodagem.
 Pavimento: R3, q_0 : 0.070
 Classe de iluminação seleccionada: ME2 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)

	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reais segundo o cálculo:	1.50	0.77	0.84	5	0.80
Valores nominais segundo a classe:	≥ 1.50	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 10	≥ 0.50
Cumprido/não cumprido:	✓	✓	✓	✓	✓

Ramo C – (Curva)

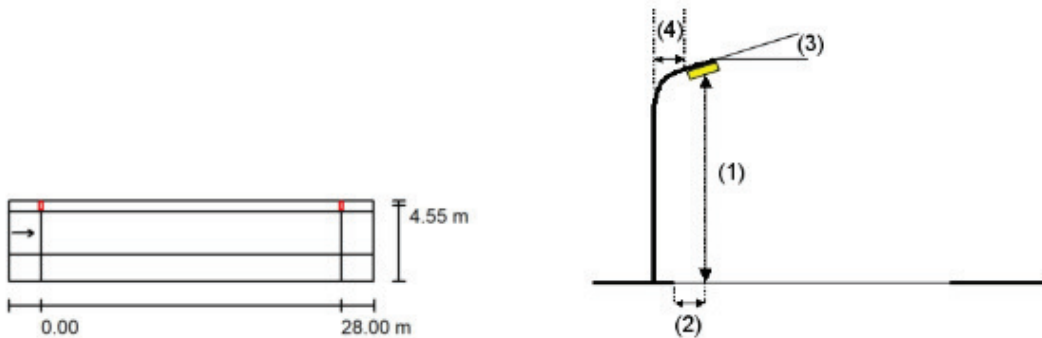
RAMO C (Curva) / Dados de planeamento

Perfil da rua

Berma	(Largura: 1.000 m)
Pista de rodagem	(Largura: 4.000 m, Quantidade das faixas de rodagem: 1, Pavimento: R3, q0: 0.070)
Pista de acostamento	(Largura: 2.500 m)

Factor de manutenção: 0.67

Distribuições de luminárias



Luminária:	PHILIPS SGP340 FG 1xSON-TPP150W TP P4
Corrente luminosa (Luminária):	13650 lm
Corrente luminosa (Lâmpadas):	17500 lm
Potência luminosa:	169.0 W
Distribuição:	de um lado em cima
Distância entre postes:	28.000 m
Altura de montagem (1):	10.000 m
Altura do ponto de luz:	9.793 m
Pendor (2):	-0.550 m
Inclinação do braço extensor (3):	0.0 °
Comprimento do braço extensor (4):	1.700 m

Valor máximo da potência luminosa	
a 70°:	261 cd/klm
a 80°:	5.10 cd/klm
a 90°:	0.00 cd/klm

Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.

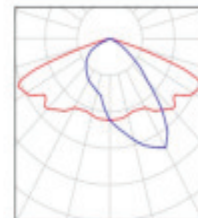
Sem potência luminosa acima de 90°.

A distribuição cumpre a classe de potência luminosa G6.

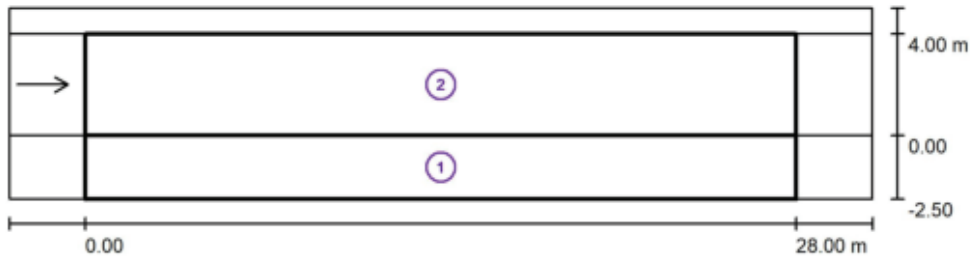
A distribuição cumpre a classe de índice de ofuscamento D.6.

RAMO C (Curva) / Lista de luminárias

PHILIPS SGP340 FG 1xSON-TPP150W TP P4
N° do artigo:
Corrente luminosa (Luminária): 13650 lm
Corrente luminosa (Lâmpadas): 17500 lm
Potência luminosa: 169.0 W
Classificação de luminárias conforme CIE: 100
Código de Fluxo (CIE): 44 81 99 100 78
Lâmpada (s): 1 x SON-TPP150W (Factor de correcção 1.000).



RAMO C (Curva) / Resultados Luminotécnicos



Factor de manutenção: 0.67

Escala 1:244

Lista de campo de avaliação

- 1 Pista de acostamento
 Comprimento: 28.000 m, Largura: 2.500 m
 Grelha: 10 x 3 Pontos
 Elementos de rua correspondentes: Pista de acostamento.
 Classe de iluminação seleccionada: CE5 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)

	E_m [lx]	U0
Valores reais segundo o cálculo:	19.55	0.69
Valores nominais segundo a classe:	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumprido/não cumprido:	✓	✓

RAMO C (Curva) / Resultados Luminotécnicos

Lista de campo de avaliação

- 2 Pista de rodagem
 Comprimento: 28.000 m, Largura: 4.000 m
 Grelha: 10 x 3 Pontos
 Elementos de rua correspondentes: Pista de rodagem.
 Pavimento: R3, q_0 : 0.070
 Classe de iluminação seleccionada: ME2 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)

	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reais segundo o cálculo:	1.50	0.77	0.84	5	0.80
Valores nominais segundo a classe:	≥ 1.50	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 10	≥ 0.50
Cumprido/não cumprido:	✓	✓	✓	✓	✓

Ramo D – (Via de desaceleração)

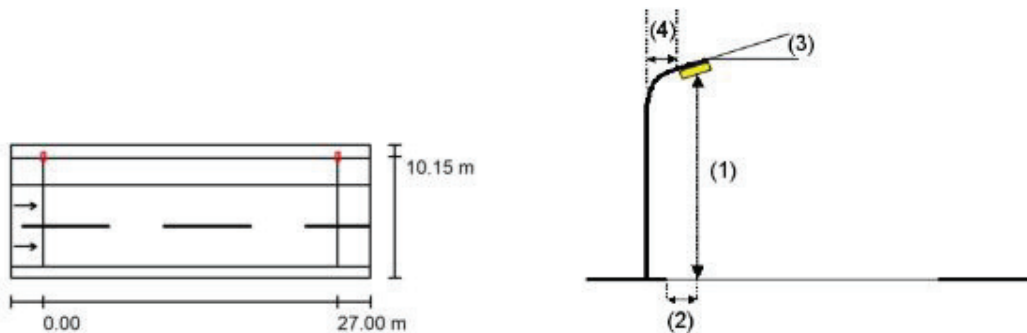
RAMO D (Via de desaceleração) / Dados de planeamento

Perfil da rua

Berma	(Largura: 1.200 m)
Pista de acostamento	(Largura: 2.500 m)
Pista de rodagem	(Largura: 7.500 m, Quantidade das faixas de rodagem: 2, Pavimento: R3, q0: 0.070)
Berma	(Largura: 1.000 m)

Factor de manutenção: 0.67

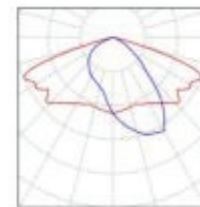
Distribuições de luminárias



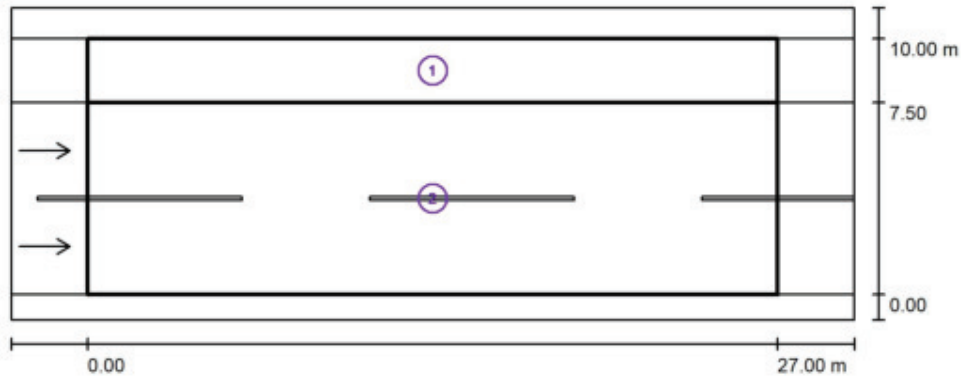
Luminária:	PHILIPS SGP340 FG 1xSON-TPP250W TP P4	Valor máximo da potência luminosa
Corrente luminosa (Luminária):	25564 lm	a 70°: 287 cd/klm
Corrente luminosa (Lâmpadas):	33200 lm	a 80°: 6.51 cd/klm
Potência luminosa:	276.0 W	a 90°: 0.00 cd/klm
Distribuição:	de um lado em cima	Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.
Distância entre postes:	27.000 m	Sem potência luminosa acima de 90°.
Altura de montagem (1):	12.000 m	A distribuição cumpre a classe de potência luminosa G6.
Altura do ponto de luz:	11.793 m	A distribuição cumpre a classe de índice de ofuscamento D.6.
Pendor (2):	-2.650 m	
Inclinação do braço extensor (3):	0.0 °	
Comprimento do braço extensor (4):	1.700 m	

RAMO D (Via de desaceleração) / Lista de luminárias

PHILIPS SGP340 FG 1xSON-TPP250W TP P4
N° do artigo:
Corrente luminosa (Luminária): 25564 lm
Corrente luminosa (Lâmpadas): 33200 lm
Potência luminosa: 276.0 W
Classificação de luminárias conforme CIE: 100
Código de Fluxo (CIE): 43 79 98 100 77
Lâmpada (s): 1 x SON-TPP250W (Factor de correcção 1.000).



RAMO D (Via de desaceleração) / Resultados Luminotécnicos



Factor de manutenção: 0.67

Escala 1:236

Lista de campo de avaliação

- 1 Pista de acostamento
 Comprimento: 27.000 m, Largura: 2.500 m
 Grelha: 10 x 3 Pontos
 Elementos de rua correspondentes: Pista de acostamento.
 Classe de iluminação seleccionada: CE5 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)

	E_m [lx]	U0
Valores reais segundo o cálculo:	36.12	0.76
Valores nominais segundo a classe:	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumprido/não cumprido:	✓	✓

RAMO D (Via de desaceleração) / Resultados Luminotécnicos

Lista de campo de avaliação

- 2 Campo de avaliação Pista de rodagem
 Comprimento: 27.000 m, Largura: 7.500 m
 Grelha: 10 x 6 Pontos
 Elementos de rua correspondentes: Pista de rodagem.
 Pavimento: R3, $q0$: 0.070
 Classe de iluminação seleccionada: ME2 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)

	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reais segundo o cálculo:	1.54	0.41	0.83	6	0.74
Valores nominais segundo a classe:	≥ 1.50	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 10	≥ 0.50
Cumprido/não cumprido:	✓	✓	✓	✓	✓

Ramo D – (Curva)

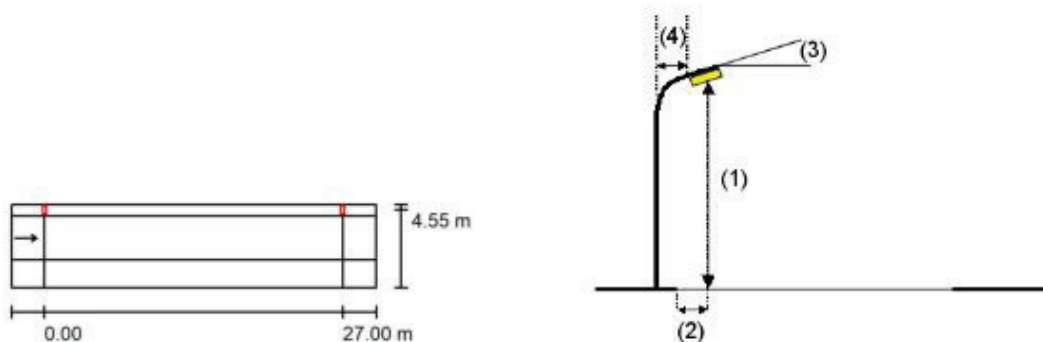
RAMO D (Curva) / Dados de planeamento

Perfil da rua

Berma	(Largura: 1.000 m)
Pista de rodagem	(Largura: 4.000 m, Quantidade das faixas de rodagem: 1, Pavimento: R3, q0: 0.070)
Pista de acostamento	(Largura: 2.500 m)

Factor de manutenção: 0.67

Distribuições de luminárias



Luminária:	PHILIPS SGP340 FG 1xSON-TPP150W TP P4
Corrente luminosa (Luminária):	13650 lm
Corrente luminosa (Lâmpadas):	17500 lm
Potência luminosa:	169.0 W
Distribuição:	de um lado em cima
Distância entre postes:	27.000 m
Altura de montagem (1):	10.000 m
Altura do ponto de luz:	9.793 m
Pendor (2):	-0.550 m
Inclinação do braço extensor (3):	0.0 °
Comprimento do braço extensor (4):	1.700 m

Valor máximo da potência luminosa
a 70°: 261 cd/klm
a 80°: 5.10 cd/klm
a 90°: 0.00 cd/klm

Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.

Sem potência luminosa acima de 90°.

A distribuição cumpre a classe de potência luminosa G6.

A distribuição cumpre a classe de índice de ofuscamento D.6.

RAMO D (Curva) / Lista de luminárias

PHILIPS SGP340 FG 1xSON-TPP150W TP P4

N° do artigo:

Corrente luminosa (Luminária): 13650 lm

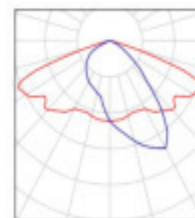
Corrente luminosa (Lâmpadas): 17500 lm

Potência luminosa: 169.0 W

Classificação de luminárias conforme CIE: 100

Código de Fluxo (CIE): 44 81 99 100 78

Lâmpada (s): 1 x SON-TPP150W (Factor de correcção 1.000).



RAMO D (Curva) / Resultados Luminotécnicos



Factor de manutenção: 0.67

Escala 1:236

Lista de campo de avaliação

- 1 Pista de acostamento
 Comprimento: 27.000 m, Largura: 2.500 m
 Grelha: 10 x 3 Pontos
 Elementos de rua correspondentes: Pista de acostamento.
 Classe de iluminação seleccionada: CE5 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)

	E_m [lx]	U0
Valores reais segundo o cálculo:	20.25	0.71
Valores nominais segundo a classe:	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumprido/não cumprido:	✓	✓

RAMO D (Curva) / Resultados Luminotécnicos

Lista de campo de avaliação

- 2 Pista de rodagem
 Comprimento: 27.000 m, Largura: 4.000 m
 Grelha: 10 x 3 Pontos
 Elementos de rua correspondentes: Pista de rodagem.
 Pavimento: R3, q_0 : 0.070
 Classe de iluminação seleccionada: ME2 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)

	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reais segundo o cálculo:	1.55	0.76	0.84	5	0.80
Valores nominais segundo a classe:	≥ 1.50	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 10	≥ 0.50
Cumprido/não cumprido:	✓	✓	✓	✓	✓

Ramo D – (Acesso Junqueira)

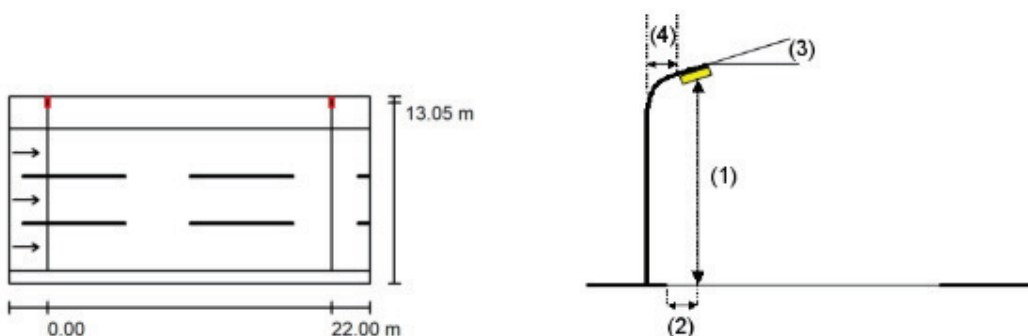
RAMO D (Acesso Junqueira) / Dados de planeamento

Perfil da rua

Pista de acostamento	(Largura: 2.500 m)
Pista de rodagem	(Largura: 11.000 m, Quantidade das faixas de rodagem: 3, Pavimento: R3, q0: 0.070)
Berma	(Largura: 1.000 m)

Factor de manutenção: 0.67

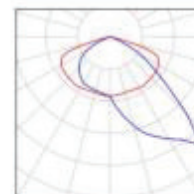
Distribuições de luminárias



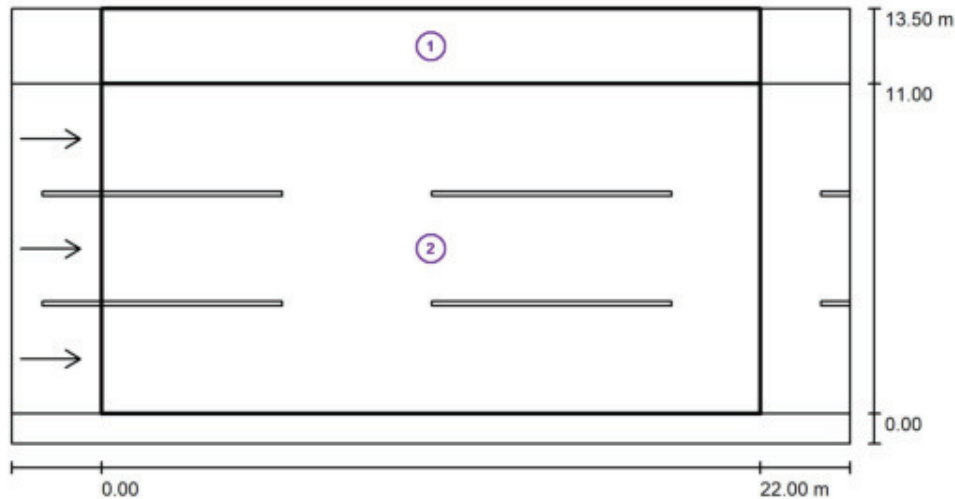
Luminária:	PHILIPS SGP340 FG 1xSON-TPP250W TP P1	
Corrente luminosa (Luminária):	24236 lm	Valor máximo da potência luminosa
Corrente luminosa (Lâmpadas):	33200 lm	a 70°: 246 cd/klm
Potência luminosa:	276.0 W	a 80°: 6.36 cd/klm
Distribuição:	de um lado em cima	a 90°: 0.00 cd/klm
Distância entre postes:	22.000 m	Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente
Altura de montagem (1):	12.000 m	instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.
Altura do ponto de luz:	11.793 m	Sem potência luminosa acima de 90°.
Pendor (2):	-2.050 m	A distribuição cumpre a classe de potência
Inclinação do braço extensor (3):	0.0 °	luminosa G6.
Comprimento do braço extensor (4):	1.700 m	A distribuição cumpre a classe de índice de
		ofuscamento D.6.

RAMO D (Acesso Junqueira) / Lista de luminárias

PHILIPS SGP340 FG 1xSON-TPP250W TP P1
N° do artigo:
Corrente luminosa (Luminária): 24236 lm
Corrente luminosa (Lâmpadas): 33200 lm
Potência luminosa: 276.0 W
Classificação de luminárias conforme CIE: 100
Código de Fluxo (CIE): 40 79 98 100 73
Lâmpada (s): 1 x SON-TPP250W (Factor de correcção 1.000).



RAMO D (Acesso Junqueira) / Resultados Luminotécnicos



Factor de manutenção: 0.67

Escala 1:201

Lista de campo de avaliação

- 1 Pista de acostamento
 Comprimento: 22.000 m, Largura: 2.500 m
 Grelha: 10 x 3 Pontos
 Elementos de rua correspondentes: Pista de acostamento.
 Classe de iluminação seleccionada: CE5 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)

	E_m [lx]	U0
Valores reais segundo o cálculo:	26.25	0.75
Valores nominais segundo a classe:	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumprido/não cumprido:	✓	✓

RAMO D (Acesso Junqueira) / Resultados Luminotécnicos

Lista de campo de avaliação

- 2 Campo de avaliação Pista de rodagem
 Comprimento: 22.000 m, Largura: 11.000 m
 Grelha: 10 x 9 Pontos
 Elementos de rua correspondentes: Pista de rodagem.
 Pavimento: R3, q_0 : 0.070
 Classe de iluminação seleccionada: ME2 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)

	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reais segundo o cálculo:	1.50	0.43	0.91	5	0.55
Valores nominais segundo a classe:	≥ 1.50	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 10	≥ 0.50
Cumprido/não cumprido:	✓	✓	✓	✓	✓

Ramo E – (Curva)

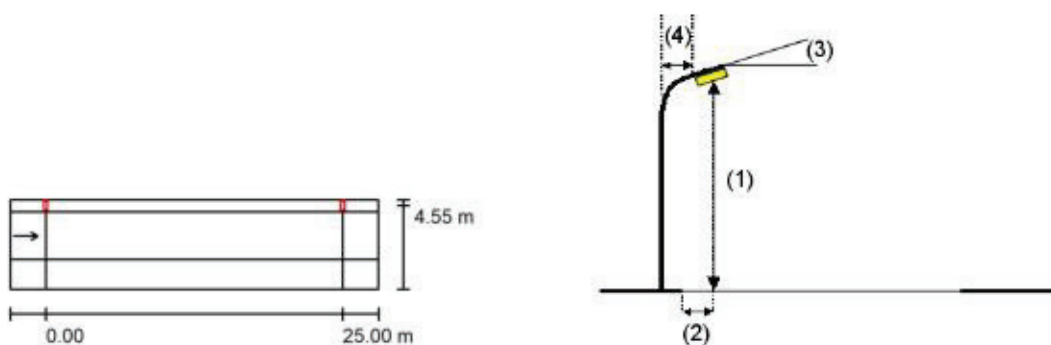
RAMO E (Curva) / Dados de planeamento

Perfil da rua

Berna	(Largura: 1.000 m)
Pista de rodagem	(Largura: 4.000 m, Quantidade das faixas de rodagem: 1, Pavimento: R3, q0: 0.070)
Pista de acostamento	(Largura: 2.500 m)

Factor de manutenção: 0.67

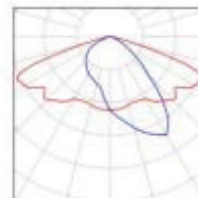
Distribuições de luminárias



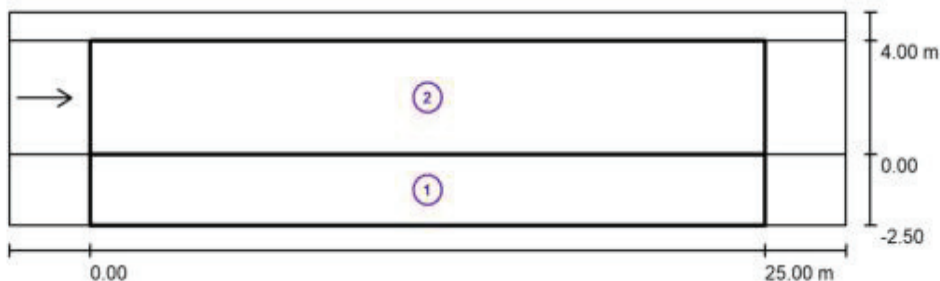
Luminária:	PHILIPS SGP340 FG 1xSON-TPP150W TP P4	
Corrente luminosa (Luminária):	13650 lm	Valor máximo da potência luminosa
Corrente luminosa (Lâmpadas):	17500 lm	a 70°: 261 cd/klm
Potência luminosa:	169.0 W	a 80°: 5.10 cd/klm
Distribuição:	de um lado em cima	a 90°: 0.00 cd/klm
Distância entre postes:	25.000 m	Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente
Altura de montagem (1):	11.000 m	instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.
Altura do ponto de luz:	10.793 m	Sem potência luminosa acima de 90°.
Pendor (2):	-0.550 m	A distribuição cumpre a classe de potência
Inclinação do braço extensor (3):	0.0 °	luminosa G6.
Comprimento do braço extensor (4):	1.700 m	A distribuição cumpre a classe de índice de
		ofuscamento D.6.

RAMO E (Curva) / Lista de luminárias

PHILIPS SGP340 FG 1xSON-TPP150W TP P4
N° do artigo:
Corrente luminosa (Luminária): 13650 lm
Corrente luminosa (Lâmpadas): 17500 lm
Potência luminosa: 169.0 W
Classificação de luminárias conforme CIE: 100
Código de Fluxo (CIE): 44 81 99 100 78
Lâmpada (s): 1 x SON-TPP150W (Factor de correcção 1.000).



RAMO E (Curva) / Resultados Luminotécnicos



Factor de manutenção: 0.67

Escala 1:222

Lista de campo de avaliação

- 1 Pista de acostamento
 Comprimento: 25.000 m, Largura: 2.500 m
 Grelha: 10 x 3 Pontos
 Elementos de rua correspondentes: Pista de acostamento.
 Classe de iluminação seleccionada: CE5 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)

	E_m [lx]	U0
Valores reais segundo o cálculo:	21.46	0.80
Valores nominais segundo a classe:	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumprido/não cumprido:	✓	✓

RAMO E (Curva) / Resultados Luminotécnicos

Lista de campo de avaliação

- 2 Pista de rodagem
 Comprimento: 25.000 m, Largura: 4.000 m
 Grelha: 10 x 3 Pontos
 Elementos de rua correspondentes: Pista de rodagem.
 Pavimento: R3, q_0 : 0.070
 Classe de iluminação seleccionada: ME2 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)

	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reais segundo o cálculo:	1.55	0.81	0.88	4	0.83
Valores nominais segundo a classe:	≥ 1.50	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 10	≥ 0.50
Cumprido/não cumprido:	✓	✓	✓	✓	✓

Nó – (Acesso Vale Benfeito)

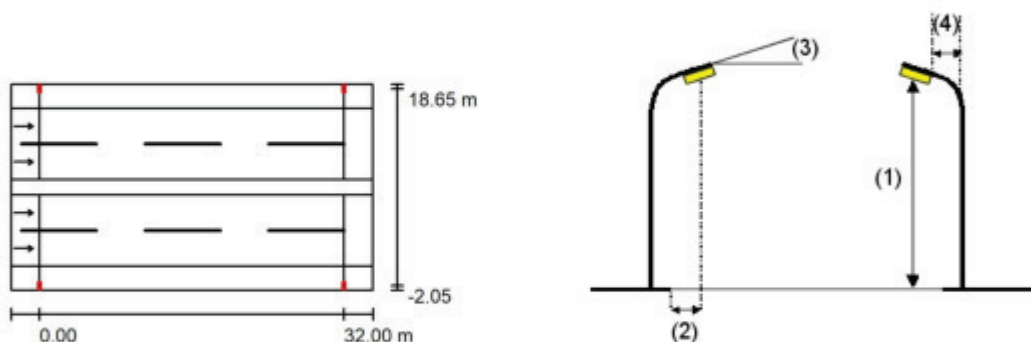
NÓ (Acesso Vale Benfeito) / Dados de planeamento

Perfil da rua

Pista de acostamento	(Largura: 2.500 m)
Pista de rodagem 1	(Largura: 7.500 m, Quantidade das faixas de rodagem: 2, Pavimento: R3, q0: 0.070)
Faixa central 1	(Largura: 1.600 m, Altura: 0.000 m)
Pista de rodagem	(Largura: 7.500 m, Quantidade das faixas de rodagem: 2, Pavimento: R3, q0: 0.070)
Pista de acostamento 1	(Largura: 2.500 m)

Factor de manutenção: 0.67

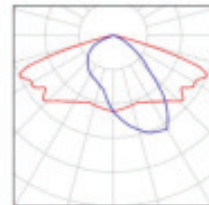
Distribuições de luminárias



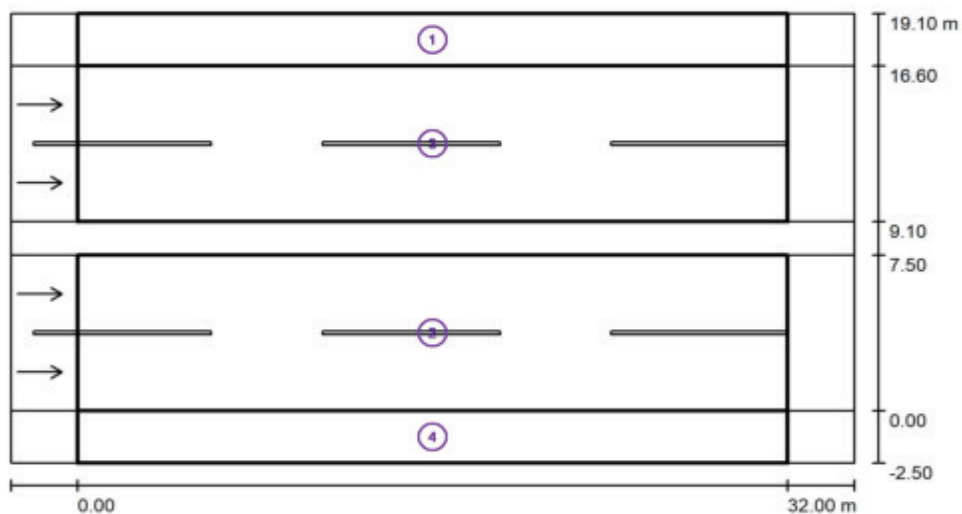
Luminária:	PHILIPS SGP340 FG 1xSON-TPP250W TP P4	Valor máximo da potência luminosa
Corrente luminosa (Luminária):	25564 lm	a 70°: 287 cd/klm
Corrente luminosa (Lâmpadas):	33200 lm	a 80°: 6.51 cd/klm
Potência luminosa:	276.0 W	a 90°: 0.00 cd/klm
Distribuição:	dos dois lados frente a frente	Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.
Distância entre postes:	32.000 m	Sem potência luminosa acima de 90°.
Altura de montagem (1):	12.000 m	A distribuição cumpre a classe de potência luminosa G6.
Altura do ponto de luz:	11.793 m	A distribuição cumpre a classe de índice de ofuscamento D.6.
Pendor (2):	-2.050 m	
Inclinação do braço extensor (3):	0.0 °	
Comprimento do braço extensor (4):	1.700 m	

NÓ (Acesso Vale Benfeito) / Lista de luminárias

PHILIPS SGP340 FG 1xSON-TPP250W TP P4
 N° do artigo:
 Corrente luminosa (Luminária): 25564 lm
 Corrente luminosa (Lâmpadas): 33200 lm
 Potência luminosa: 276.0 W
 Classificação de luminárias conforme CIE: 100
 Código de Fluxo (CIE): 43 79 98 100 77
 Lâmpada (s): 1 x SON-TPP250W (Factor de correção 1.000).



NÓ (Acesso Vale Benfeito) / Resultados Luminotécnicos



Factor de manutenção: 0.67

Escala 1:272

Lista de campo de avaliação

- 1 Pista de acostamento
 Comprimento: 32.000 m, Largura: 2.500 m
 Grelha: 11 x 3 Pontos
 Elementos de rua correspondentes: Pista de acostamento.
 Classe de iluminação seleccionada: CE5 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)

	E_m [lx]	U0
Valores reais segundo o cálculo:	30.83	0.60
Valores nominais segundo a classe:	≥ 7.50	≥ 0.40
Cumprido/não cumprido:	✓	✓

NÓ (Acesso Vale Benfelo) / Resultados Luminotécnicos

Lista de campo de avaliação

2 Campo de avaliação Pista de rodagem					
Comprimento: 32.000 m, Largura: 7.500 m					
Grelha: 11 x 6 Pontos					
Elementos de rua correspondentes: Pista de rodagem.					
Pavimento: R3, q0: 0.070					
Classe de iluminação seleccionada: ME2 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)					
	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reais segundo o cálculo:	1.65	0.59	0.85	6	0.86
Valores nominais segundo a classe:	≥ 1.50	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 10	≥ 0.50
Cumprido/não cumprido:	✓	✓	✓	✓	✓
3 Campo de avaliação Pista de rodagem 1					
Comprimento: 32.000 m, Largura: 7.500 m					
Grelha: 11 x 6 Pontos					
Elementos de rua correspondentes: Pista de rodagem 1.					
Pavimento: R3, q0: 0.070					
Classe de iluminação seleccionada: ME2 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)					
	L_m [cd/m ²]	U0	UI	TI [%]	SR
Valores reais segundo o cálculo:	1.65	0.59	0.85	6	0.86
Valores nominais segundo a classe:	≥ 1.50	≥ 0.40	≥ 0.70	≤ 10	≥ 0.50
Cumprido/não cumprido:	✓	✓	✓	✓	✓
4 Campo de avaliação Pista de acostamento 1					
Comprimento: 32.000 m, Largura: 2.500 m					
Grelha: 11 x 3 Pontos					
Elementos de rua correspondentes: Pista de acostamento 1.					
Classe de iluminação seleccionada: CE5 (Todas as exigências fotométricas foram cumpridas.)					
		E_m [lx]		U0	
Valores reais segundo o cálculo:		30.83		0.60	
Valores nominais segundo a classe:		≥ 7.50		≥ 0.40	
Cumprido/não cumprido:		✓		✓	