

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



FEUP

**Plano Diretor da Iluminação Pública do Município
de Matosinhos**

Tiago André Fernandes Gomes

Dissertação realizada no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Major Energia

Orientador: Prof. Dr. António Carlos Sepúlveda Machado e Moura
Coorientador: Prof. Victor Paulo Barreira Ribeiro
Coorientador: Eng. Carla Ferreira

25 de Junho 2012

© Tiago André Fernandes Gomes, 2012

Resumo

A atual crise económica à qual somos sujeitos, está a catalisar as preocupações sobre os consumos excessivos e a alertar para aquilo que tem sido a má gestão dos recursos energéticos que o planeta dispõe.

É urgente uma tomada de consciência junto das massas populacionais que permita uma boa sustentabilidade energética.

O consumo energético mundial aumentou constantemente desde 1990 até aos dias correntes, em cerca de 40%, sendo que a previsão é, que para nos próximos 35 anos, a subida seja ainda maior. Em suma, neste período temporal, o consumo energético mundial irá duplicar.

Para acompanhar estes índices crescentes sem levar à rutura quer económica, quer ambiental, é imprescindível criar um método regrado de consumo.

Sendo público que um quinto da energia consumida tem por objetivo iluminar e que 3% desse mesmo consumo é destinado à iluminação pública, esse valor tem ganho agora uma outra importância.

Dada a possibilidade de uma melhor gestão graças aos avanços tecnológicos dos equipamentos, ocorreram alterações nas legislações relativas à administração dos sistemas, levando a uma mudança do próprio conceito do que é e quais são os objetivos da iluminação pública.

Em Portugal o consumo aumentou 25% nos últimos 20 anos, representando um consumo total de energia elétrica de cerca de 1,6 TWh, nada mais nada menos que 170 M€.

O presente documento pretende traçar o panorama geral do município de Matosinhos, com o objetivo de orientar, em especial, os administradores públicos locais, responsáveis pelo gerenciamento e manutenção do sistema, para uma visão económica resultante da implementação e uso de boas práticas de eficiência energética reestruturando, assim, a rede existente com a criação do plano diretor para a iluminação pública.

Abstract

The current economic crisis which we are subject to, is catalyzing the concerns about excessive consumption and is alerting to what has been mismanagement of energy resources that the planet has.

It's urgent an awareness among the masses that will allow good energy sustainability.

The world's energy consumption increased steadily from 1990 to the present day, in about 40%, and it is expected that for the next 35 years, the increase is going to be even greater. In other words, in this time period the world energy consumption will double.

To keep up with rising rates without disruption, economic or environmental issues, is essential to create a regimented method of consumption.

It's public that one fifth of the energy consumed aims to illuminate and that 3% of that consumption is for the lighting, meaning that this value has now gained another matter.

Having the possibility of a better management thanks to technological advances in equipment, there are changes in legislation relatives to the administration of systems, that are leading to a change of own concept of what is and what are the goals of public lighting.

In Portugal, consumption increased 25% over the past 20 years, representing a total consumption of electricity of about de1,6 TWh, no less than 170 million of euros.

This document aims to outline the general panorama of the city of Matosinhos, with the objective to provide guidance, in particular, to local public officials responsible for the management and maintenance of the system, to an economic vision resulting from the implementation and use of best practices in energy efficiency on the IP network by restructuring, so the existing network with the creation of the master plan for public lighting.

Agradecimentos

Ao meu orientador, Prof. Doutor. António Machado e Moura por desde há muito tempo o considerar o meu mentor em todo o meu percurso académico, o meu muito obrigado por tão imponente nome estar ligada a realização da minha tese.

Ao meu coorientador Prof. Vítor Ribeiro, responsável pela proposta deste projeto ser exemplo de humildade, simpatia, profissionalismo e amizade.

A Eng^a. Carla Ferreira, por me ajudar na concretização da minha parte pratica junto da Câmara Municipal, agradeço o empenho e a disponibilidade incansável que me prestou.

Ao Eng^o Freitas pelo profissionalismo e pelo seu dom de resolver problemas.

Ao Ruben Fernandes e ao Filipe Brandão por termos estado todos no mesmo barco, obrigado pela orientação e força que nos fez chegar a bom porto.

À minha família, única e insubstituível que me apoiou durante todo o meu período académico, sem eles chegar aqui não seria possível. Ao meu Pai, à minha irmã e à minha Avó ao meu avô especialmente a minha Mãe e ao meu Tio Manuel este curso deve-se a vós.

Um abraço especial aos amigos, Carlos Santos, Sérgio Saraiva, António Carvalho, Nuno Costa, Daniel Leite, Mário Gomes, Tiago Batista, Sérgio Miranda, Charly Videira, José Carlos e Miguel Silva autênticos pilares que suportam a minha vida!

A ela, por ser o meu porto mais seguro, por ser a fonte de inspiração e alegria, Lúcia Sousa o meu muito obrigado.

A todos os que aqui estão descritos e a todos os que de alguma forma contribuíram para a minha tese, gostaria de expressar o meu carinho e o meu maior agradecimento.

Muito Obrigado!

Tiago Gomes

Índice

Capítulo 1	1
Introdução.....	1
1.1 - Enquadramento	1
1.2 - Motivação	2
1.1 - Objetivos	3
1.2 - Organização da dissertação	3
Capítulo 2	5
Iluminação Pública.....	5
2.1-Evolução do planeamento de Iluminação pública no mundo	6
2.1.1- Evolução da iluminação pública em Portugal/Matosinhos	8
2.2- Conceitos Luminotécnicos.....	11
2.2.1- Introdução	11
2.2.2 - Grandezas Luminotécnicas	11
2.2.3 - Visão	17
2.3 - Componentes da Iluminação Pública	19
2.3.1 - Luminárias	19
2.3.2 - Características das Lâmpadas.....	21
2.3.3 - Tipos de Lâmpadas	23
2.3.4 - Lâmpadas de descarga	24
2.3.5 - LEDs.....	28
2.3.6 - Balastros	30
2.3.7 - Balastros Eletromagnéticos	30
2.3.8 - Balastros Eletrónicos.....	31
2.3.9 - Driver LED	32
Capítulo 3	33
Normas de IP/Documento de Referencia	33
3.1-Critérios a considerar em projetos de IP	36
3.1.1.Otimização	36
3.1.2- Encandeamento incomodativo (G)	36
3.1.3 - Encandeamento perturbador (TI).....	37
3.1.4 - Fator de Manutenção	37
3.2 - Níveis, Uniformidades e Classes Iluminação.....	41
3.2.1 - Nível de Iluminação	41
3.2.2 - Uniformidade da Iluminação	41
3.3 - Classes de Iluminação	42
3.3.1- Classe ME	44
3.3.3 - Classe S.....	49
3.3.4 - Classe A	50

3.3.5 - Classe ES	51
3.3.6 - Classe EV	51
3.3.7 - Classe P	52
3.4-Gestão do Processo de Manutenção de IP	54
3.4.1 - LLMF (Fator de Manutenção do Fluxo Luminoso)	54
3.4.2 - LSF (Fator de Sobrevivência da Lâmpada)	55
3.4.3 - LMF (Fator de Manutenção da Luminária)	55
3.4.4 - Fator de Manutenção	56
Capítulo 4	57
Cadastramento da rede Iluminação pública de Matosinhos	57
Capítulo 5	68
Plano Diretor da Iluminação Pública do Município de Matosinhos.....	68
5.1-Parâmetros de Implementação do Plano Diretor	69
5.2-Parâmetros das soluções Luminotécnicas	70
5.3-Diretrizes Municipais de Matosinhos.....	71
5.3.1-Classificação das vias.....	72
5.3.3-Norma de substituição	80
5.3.4-Obras em plano ou projeto:.....	87
5.3.5- Encargos monetários com IP	87
5.3.6- Plano de contingência	92
Capítulo 6	94
Caso Prático de estudos das diferentes classificações de vias.....	94
6.1 Introdução	94
6.2- Zona urbana de estudo	94
6.2.1-Vias Principais	94
6.2.2-Vias Secundárias.....	99
6.2.3-Vias Comerciais.....	104
6.2.4-Vias Pedonais	108
Capítulo 7	113
Conclusões e Trabalhos Futuros	113
7.1-Conclusão	113
7.2-Trabalhos futuros:.....	114
Referências	115
Anexos:	117

Lista de figura

Figura 1.1-Península ibérica iluminada	3
Figura 2.1-Vista do planeta iluminado	5
Figura 2.2-Evolução da iluminação pública em Los Angels.....	6
Figura 2.3-Margens do rio Rhône, Lyon [5].....	6
Figura 2.4-Paris à noite	7
Figura 2.5-Londres, proposta de IP para promover rotas pedonais	7
Figura 2.6-Fluxo Luminoso	12
Figura 2.7-Ângulo solido [9]	12
Figura 2.8-Intensidade Luminosa [8]	13
Figura 2.9-Iluminância sobre uma superfície [2]	14
Figura 2.10-Ângulos usados no cálculo da iluminância semicilíndrica [10]	15
Figura 2.11-Ângulos usados no cálculo da iluminância vertical [10].....	16
Figura 2.12-Esquemática da Luminância [3]	16
Figura 2.13-Esquemática da acuidade visual [2]	17
Figura 2.14-Sensibilidade relativa da visão fotópica e escotópica [2]	18
Figura 2.15-Visão Mesópica[4]	19
Figura 2.16-Luminária.....	20
Figura 2.17-DLOR e ULOR [2]	21
Figura 2.18-Aparência das várias temperaturas de cor em Iluminação Pública [2].....	22
Figura 2.19- Exemplos de índices de restituição de cor [8].....	23
Figura 2.20-Lâmpada de descarga.....	24
Figura 2.21-Lâmpada de vapor mercúrio [9].....	25

Figura 2.22-Lâmpada de vapor de sódio de alta pressão.	26
Figura 2.23-Lâmpada de vapor de mercúrio de iodetos metálicos [15].	27
Figura 2.24-Lâmpada de vapor de mercúrio de iodetos metálicos [15].	28
Figura 2.25-Obtenção de Luz Branca por Combinação de LED's [16].	29
Figura 2.26-Lâmpada de LEDs [17].	30
Figura 2.27-Balastro eletromagnético	31
Figura 2.28-Balastro eletrónico.	31
Figura 3.1-Classificação energética das instalações de iluminação pública [2]	34
Figura 3.2-Cálculo da área para o índice de eficiência energética [2]	35
Figura 3.3-Índice de eficiência energética das instalações de iluminação pública [3]	35
Figura 3.4-Esquemática dos parâmetros para o cálculo do TI [2]	37
Figura 3.5-Fator de Manutenção de uma instalação (FM) [2]	38
Figura 3.6--Fator de Manutenção da Luminosidade da Lâmpada (LLMF) [2]	38
Figura 3.7-Fator de Sobrevivência da Lâmpada (LSF) [2]	39
Figura 3.8-Fator de Manutenção da Luminária (LMF)[2]	39
Figura 3.9-Faixas longitudinais para o cálculo de SR [2]	40
Figura 3.10-Largura máxima das faixas para o cálculo do rácio envolvente (SR) [2]	40
Figura 3.11-Esquemática para a situação em que o cálculo do SR é feito para metade da largura da estrada [2]	40
Figura 3.12-Parede a obstruir a faixa longitudinal exterior de largura w [2]	41
Figura 3.13-Uniformidade Longitudinal	42
Figura 3.14-Exemplo da mudança de índice da classe de iluminação, numa área de conflito (rotunda), quando o critério é a luminância [19]	47
Figura 4.1-Freguesias do Município de Matosinhos	57
Figura 4.2-Freguesia de Matosinhos	58
Figura 4.3- Luminária Onyx.....	59
Figura 4.4- Luminária Z2.....	59
Figura 4.5-Luminária Mc2.....	59
Figura 4.6- Luminária Sintra	60
Figura 4.7- Luminárias Z2 e Mc2.....	60
Figura 4.8- Luminária (desconhecido)	61
Figura 4.9- Luminárias Image e Mc2	61

Figura 4.10- Luminária Image e restantes focos.....	61
Figura 4.11- Luminária Alura.....	61
Figura 4.12- Luminária CMM Soutinho	62
Figura 4.13- Luminária(s) Mc3, Onyx e Mc2	62
Figura 4.14- Luminária Cpc.....	62
Figura 4.15- Luminárias Z2 e Onyx	62
Figura 4.16- Luminárias Alura e Iva	63
Figura 4.17- Luminárias Alura e Onyx.....	63
Figura 4.18- Luminária Globo Fumado	63
Figura 4.19- Luminária Globo	63
Figura 4.20- Luminária MC.....	64
Figura 4.21- Luminária Iva.....	64
Figura 4.22- Luminária (modelo desconhecido)	64
Figura 4.23- Luminária Saturno 3s.....	64
Figura 4.24- Luminárias Foz, Globo, Mnf	65
Figura 4.25- Luminária Iguzzini	65
Figura 4.26- Luminárias Cpc e Image	65
Figura 4.27- Luminária CMM Soutinho	65
Figura 4.28- Luminária Ródio	66
Figura 4.29- Luminária Aramis	66
Figura 4.30- Luminária Philips	66
Figura 4.31- Luminária Crc	66
Figura 4.32- Luminária Focal.....	67
Figura 4.33- Luminária Snf	67
Figura 4.34- Luminárias Calypso Maxi, Calypso Mini e Image.....	67
Figura 5.1-Praça da Cidade do Salvador	68
Figura 5.2-Marginal de Matosinhos à noite	70
Figura 5.3- Logótipo da Câmara Municipal de Matosinhos	71
Figura 5.4-Câmara Municipal de Matosinhos	72
Figura 5.5-Classificação viária	73
Figura 5.6-Luminaria Teceo	82

Figura 5.7-Luminária Neos led	83
Figura 5.8-Iluminação de passage de peões.....	85
Figura 5.9-Colocação das luminárias numa passadeira	85
Figura 5.10-Imuminação em rotundas	86
Figura 5.11-Calote luminosa	87
Figura 5.12-Av. Serpa Pinto	90
Figura 5.13-Rua Avelino Casebre e Antonio Aleixo.....	90
Figura 6.1-Av.Meneres	95
Figura 6.2-Luminária existente na Av.Meneres.....	96
Figura 6.3-Esquema da Av.Meneres	97
Figura 6.4-Esquema 3D da Av.Meneres	97
Figura 6.5-Linhas isográficas da luminância	97
Figura 6.6-Linhas isográficas da iluminância.....	98
Figura 6.7-Cálculo da área para o índice de eficiência energética [2].....	98
Figura 6.8-Rua do Godinho	100
Figura 6.9-Luminária existente na rua do Godinho	101
Figura 6.10-Esquema da rua do Godinho	101
Figura 6.11-Esquema 3D da rua do Godinho	102
Figura 6.12-Linhas isográficas da luminância	102
Figura 6.13-Linhas isográficas da iluminância	103
Figura 6.14-Cálculo da área para o índice de eficiência energética[2]	103
Figura 6.15-Av.Serpa Pinto	104
Figura 6.16-Luminária existente na Av.Serpa Pinto.....	105
Figura 6.17-Esquema da Av.Serpa Pinto	106
Figura 6.18-Esquema 3D da Av.Serpa Pinto	106
Figura 6.19-Linhas isográficas da luminância	107
Figura 6.20-Linhas isográficas da iluminância	107
Figura 6.21-Cálculo da área para o índice de eficiência energética[2]	108
Figura 6.22-Rua Brito Capelo.....	109
Figura 6.23-Luminária existente na Rua Brito Capelo	110
Figura 6.24-Esquema da rua Brito Capelo	110

Figura 6.25-Esquema 3D da rua Brito Capelo	111
Figura 6.26-Linhas isográficas da luminância	111
Figura 6.27-Linhas isográficas da iluminância	112
Figura 6.28-Cálculo da área para o índice de eficiência energética [2]	112

Lista de tabelas

Tabela 3-1 - Número de horas por regime de funcionamento	39
Tabela 3-2-Parâmetros de iluminação para uma situação típica, em cada tipo de estrada [19]	43
Tabela 3-3- Parâmetros de iluminação para uma situação típica, em cada tipo de estrada [19]	44
Tabela 3-4- Método para a seleção da classe de iluminação ME [19].....	45
Tabela 3-5-Parâmetros da classe de iluminação ME da norma EN 13201-2:2003 [19]	46
Tabela 3-6- Classe da área de conflito correspondente à classe da Estrada adjacente, quando a luminância é o critério usado [19].	47
Tabela 3-7-Método para a seleção da classe de iluminação CE [19].....	48
Tabela 3-8- Parâmetros da classe de iluminação CE da norma EN 13201-2:2003 [19]	49
Tabela 3-9-Classes ME e CE com um nível de iluminação comparável [19].....	49
Tabela 3-10-Método para a seleção da classe de iluminação S [19]	50
Tabela 3-11-Parâmetros da classe de iluminação S da norma EN 13201-2:2003 [19]	50
Tabela 3-12-Parâmetros da classe de iluminação A da norma EN 13201-2:2003 [19]	51
Tabela 3-13-Parâmetros da classe de iluminação ES da norma EN 13201-2:2003 [19]	51
Tabela 3-14-Parâmetros da classe de iluminação EV da norma EN 13201-2:2003 [19].....	51
Tabela 3-15-Correspondência do nível de iluminação das diversas classes [19]	52
Tabela 3-16-Parâmetros da classe de iluminação P da norma EN 13201-2:2003[19]	52
Tabela 3-17-Método para a seleção da classe de iluminação P[2]	53
Tabela 3-18-Valores de LLMF para os vários tipos de lâmpadas [2]	55

Tabela 3-19-Valores de LLMF para os vários tipos de lâmpadas [2]	55
Tabela 3-20-Valores de LMF [2].....	56
Tabela 5-1-Classificação vias principais	75
Tabela 5-2-Classe ME2	76
Tabela 5-3-Classificação vias secundárias.....	76
Tabela 5-4-Classe ME3a	77
Tabela 5-5-Classificação vias comerciais	78
Tabela 5-6-Classe Me3b.....	79
Tabela 5-7-Classificação vias pedonais	79
Tabela 5-8-Classe P2	79
Tabela 5-9-Horario de Verão para o funcionamento da iluminação arquitetónica	84
Tabela 6-1-Perfil da Av.Meneres	95
Tabela 6-2-Características das Luminárias na Av.Meneres.....	96
Tabela 6-3-Lâmpadas da Av.Meneres	96
Tabela 6-4-Perfil rua do Godinho.....	99
Tabela 6-5-Características das luminárias da rua do Godinho.....	100
Tabela 6-6-Lâmpadas da rua do Godinho.....	101
Tabela 6-7-Perfil da Av.Serpa Pinto.....	104
Tabela 6-8-Características das luminarias da Av.Serpa Pinto	104
Tabela 6-9-Lâmpadas da Av.Serpa Pinto	105
Tabela 6-10-Perfil da rua de Brito Capelo.....	109
Tabela 6-11-Características das luminárias de Brito Capelo.....	109
Tabela 6-12-Lâmpadas de Brito Capelo.....	110

Abreviaturas e Símbolos

Lista de abreviaturas (ordenadas por ordem alfabética)

IP	Iluminação Pública
PDM	Plano Diretor Municipal
PDMIP	Plano Diretor Municipal de Iluminação Pública
IPQ	Instituto Português da Qualidade
CEN	Comité Europeu de Normalização
ISS	International Space Station
Trav	Travessa
Av	Avenida
Qren	Quadro de Referência Estratégico Nacional

Lista de símbolos

ω	Ângulo sólido
α	Ângulo
Q	Quantidade de luz
F	Fluxo luminoso
t	Intervalo de tempo
S	Área de superfície
r	Raio da esfera
E	Iluminância
I	Intensidade luminosa
H	Altura a que se encontra a luminária, em metros.
Φ	Fluxo luminoso inicial da(s) lâmpada(s) da luminária

MF	Produto do fator LLMF com o fator LMF
Sa	Área de superfície aparente
P	Potência total das luminárias mais auxiliares
\bar{L}	Luminância média da estrada
L_v	Luminância encandeante equivalente
E_k	Iluminância 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.
G	Índice de deslumbramento incomodativo
IEL	Índice específico da luminária
VRI	Valor real da instalação
E_{min}	Iluminância mínima
E_{avg}	Iluminância média
tf	Tempo de funcionamento anual da IP (h)
tr	Tempo de funcionamento anua em regime reduzido (h)
r%	Percentagem de redução da potência consumida em regime reduzido
ε	Índice de eficiência energética das instalações de iluminação pública

Capítulo 1

Introdução

1.1 - Enquadramento

No contexto energético português atual, caracterizado por uma forte dependência externa de combustíveis fósseis e por uma forte preocupação para reduzir as emissões de CO₂, é essencial procurar soluções de modo a minimizar a fatura energética e incentivar os investimentos nas energias alternativas. A política energética ocupa um papel fundamental numa sociedade moderna e deve ser desenvolvida de modo a favorecer o crescimento económico de Portugal. Neste sentido, o Governo tem vindo os últimos anos a apostar cada vez mais nas energias renováveis e definiu grandes linhas estratégicas para o sector da energia criando a Estratégia Nacional para a Energia (ENE). Esta estratégia política foi aprovada pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 29/2010, de 15 de Abril de 2010, que substitui a anterior Resolução do Conselho de Ministros n.º 169/2005, de 24 de Outubro. [1]

Em desenvolvimento do Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) e da ENE 2020, o Programa de Eficiência Energética na Administração Pública – ECO.AP (Resolução do Conselho de Ministros n.º 2/2011, de 12 de Janeiro), visa obter até 2020, nos serviços públicos e nos organismos da Administração Pública, um nível de eficiência energética na ordem dos 20% em face dos atuais valores.

Nestes objetivos enquadra-se também a utilização racional de energia e a eficiência energético-ambiental em equipamentos de iluminação pública (IP) [2].

1.2 - Motivação

1.2.1-Iluminação Pública e a sua importância

Já vai longe a época em que as candeias, penduradas em raros e privilegiados pontos, constituíam o precaríssimo meio de “iluminar” os logradouros públicos, sem nenhum fundamento técnico e longe de qualquer pretensão urbanística. Rua iluminada era, então a que não ficava totalmente às escuras nas noites em que a lua, por ausente, não se incumbia de lutar contra as trevas.

Em 1417, o “Mayor” de Londres, ordenando a colocação de lanternas em alguns pontos da cidade, parece ter feito a primeira iluminação pública. Dois séculos mais tarde, em Paris, foi ordenada a colocação de luzes nas janelas das casas dando para a rua, como meio de reduzir o crime. [3]

Muito mudou desde então, a iluminação pública assume hoje em dia um papel importante no dia-a-dia da sociedade atual. Para muitos é um dado adquirido e parte integrante do meio urbano, iluminando as ruas e espaços públicos todos os fins de tarde e noites. No entanto, para outros, nomeadamente em algumas zonas rurais, é um serviço que escasseia e onde a rede não chega a toda a parte.

Assim, a existência de rede de iluminação pública é, ainda hoje, sinónimo de desenvolvimento e urbanização. A presença de iluminação pública tem diversas vantagens, nomeadamente:

-Ao nível das estradas, o aumento de iluminação permite ao condutor ter um maior conforto e segurança na sua condução, aumentando a sua perceção sobre os obstáculos que o vão rodeando e, por outro lado, torna o tráfego mais eficiente. Assim, este serviço é um importante meio para a redução da sinistralidade das nossas estradas.

-Nas zonas urbanas, a iluminação pública permite a iluminação de ruas, praças, monumentos e edifícios, contribuindo para a redução de criminalidade e para o aumento de segurança dos transeuntes. A utilização deste tipo de iluminação levou a um prolongamento dos horários de utilização dos espaços públicos por parte dos cidadãos e, conseqüentemente, à proliferação de espaços noturnos e a um aumento do número de pessoas nas ruas durante a noite. Sair à noite torna-se um hábito mais frequente e uma nova forma de socializar, podendo realizar-se atividades variadas. [1]

A iluminação pública veio assim revolucionar os hábitos e horários das pessoas, sendo considerada por todos um parâmetro essencial para uma boa qualidade de vida e segurança, sendo capaz também de nos proporcionar imagens magníficas como esta imagem captada pela ISS.



Figura 1.1-Península ibérica iluminada

Devido à grande importância da iluminação pública e aos valores monetários que estão envolvidos nela, mais do que nunca a iluminação pública tem de ser planeada e gerida através de planos diretores municipais de IP. Atualmente não existe nenhum município nacional que detenha um, sendo o caráter pioneiro deste trabalho a maior motivação da sua realização.

1.1 - Objetivos

Nesta dissertação pretende-se criar um documento que sintetize e torne explícitos os objetivos para o Município de Matosinhos no que diz respeito à gestão da iluminação pública.

Com a criação deste Plano Diretor pretende-se levantar um cadastro da rede de Iluminação Pública do Município. Passando o principal objetivo por apontar diretrizes para as novas intervenções na cidade, sendo elas de ampliação ou de renovação, atendendo a parâmetros de qualidade técnica e estética de luz, cumprindo com as necessidades básicas de iluminar de maneira eficiente com baixo consumo energético e alear a qualidade visual de modo a promover a cidade, revelando as suas qualidades arquitetónicas e urbanísticas, simultaneamente promovendo um novo período de poder viver a cidade tanto de noite como de dia sem nunca perder de vista a redução dos encargos financeiros decorrentes dos consumos.

1.2 - Organização da dissertação

No estudo proposto foi considerado que seria importante contar com um total de seis capítulos, sendo o capítulo atual um breve enquadramento do tema no contexto atual e local.

No capítulo segundo é feita uma caracterização da iluminação pública atualmente existente no mundo, convergindo para a análise da situação portuguesa e mais especificamente em Matosinhos, bem como uma revisão dos conceitos luminotécnicos envolvidos.

No capítulo terceiro é apresentada a norma de iluminação pública pela qual nos regemos, bem como interpretação do documento de referência de IP, bem como definição das classes de iluminação.

Capítulo quarto reúne o cadastramento da rede de iluminação pública atualmente existente em Matosinhos.

O plano diretor municipal é apresentado no capítulo com o número cinco.

Para o capítulo seis está reservado o capítulo dos casos práticos para as diversas classificações de vias.

No capítulo final é feita a conclusão, deixando em aberto um espaço para trabalhos futuros.

Capítulo 2

Iluminação Pública

Facilmente se observa na figura 2.1 a iluminação urbana e o impacto do seu desenvolvimento; constata-se que os países mais evoluídos são os que têm maior quantidade de pontos de luz ilustrados na imagem. Verifica-se que a Europa em geral tem muita iluminação, os Estados Unidos são o país com a maior concentração de pontos luminosos, o Brasil tem bastantes pontos luminosos igualmente, finalmente pode ver-se a Rússia e o Japão com numerosos pontos luminosos. No lado oposto sem pontos luminosos existe o continente africano, exceto á Africa do Sul e o continente Asiático também com um número reduzido de pontos com luz, excluindo o Japão. [1]



Figura 2.1-Vista do planeta iluminado

A evolução da Iluminação Pública em Los Angeles (Figura 2.2), é o melhor dos exemplos, pois esta cidade é conhecida como a cidade com mais iluminação durante a noite em todo o planeta, sendo igualmente a que mais tem evoluído no que ao acréscimo da iluminação diz respeito. Verifica-se que entre os anos de 1908 e 1988, isto é, em 80 anos, houve uma evolução atroz. Em 1908 havia uma concentração de pontos luminosos no centro da cidade e em 1988 existia já luz em quase toda a cidade. No ano de 2002, observa-se que não existem muitos pontos onde a luz não alcança. Um aspeto importante para a existência desta quantidade de iluminação, é a iluminação dos edifícios que tem um peso significativo na iluminação exterior.

Os edifícios ficam todos iluminados à noite, por diversas razões, questões de segurança, publicidade, trabalho, empresas que trabalham por turnos e questões de estética, para realçar a arquitetura dos edifícios. [6]



Figura 2.2-Evolução da iluminação pública em Los Angeles

2.1-Evolução do planeamento de Iluminação pública no mundo

Lyon foi a primeira cidade do mundo a implementar um Plano Diretor de Iluminação Pública em 1989. O seu planeamento trata-se de prioridade política para a cidade, através de uma contínua revisão e atualidade à dinâmica urbana e tecnológica, procurando criar ambientes urbanos noturnos que contribuam com a ampla sustentabilidade da cidade, através de ações voltadas para o comércio, lazer e turismo. [5]



Figura 2.3-Margens do rio Rhône, Lyon [5]

Já Paris, reserva as suas especificidades arquitetónicas e urbanísticas no Plano Diretor de Iluminação Pública resultando da implementação do uso da luz de modo a contemplar indistintamente centro e periferia conseguindo com isto a construção de um património emocional e simbólico da cidade por meio da luz, sendo extensivo a todos e visa eliminar barreiras luminosas de ordem política. Destaca-se ainda pela constante preocupação em implementar soluções comprometidas com a sustentabilidade ambiental.



Figura 2.4-Paris à noite

Em Londres, conscientes da importância da iluminação pública como elemento simplificador da mobilidade noturna, o projeto de caminhar por Londres foi concebido com o objetivo de potencializar através da luz as principais rotas caminháveis interligadas a transportes públicos. Os projetos luminosos começaram a ter em atenção os objetivos de prolongar referências diurnas, aspetos referentes à segurança, às atrações, à identidade da cidade e orientação geográfica. Paralelamente, foi realizada uma extensa pesquisa quanto à demanda e fluxo dos percursos pedonais em conjunto com o levantamento dos índices de criminalidade existentes para a estruturação técnica das soluções adotadas.



Figura 2.5-Londres, proposta de IP para promover rotas pedonais

2.1.1- Evolução da iluminação pública em Portugal/Matosinhos

É difícil estabelecer as datas-chave das primeiras aplicações de energia elétrica mas, em Portugal, a febre teve repercussões na década de setenta do século XIX.

A primeira notícia conhecida é a de seis candeeiros de arco voltaico importados de Paris pela família real e idênticos aos que iluminavam a Praça da Ópera naquela cidade, que foram instalados na esplanada da Cidadela de Cascais, em Setembro de 1878, na comemoração do aniversário do Príncipe D. Carlos.

Em 1879 a iluminação do Chiado, em Lisboa, com lâmpadas Jablochhoff, que no ano anterior tinham sido acesas pela primeira vez em Cascais, pôs a população desta cidade em contato direto com a iluminação a luz elétrica e contribuiu para que aumentasse o fascínio e interesse por esta novidade, que os homens de ciência diziam ser mais vantajosa e barata que a do gás, tendo ainda a vantagem de não tornar o ar doentio.

Mas foi sobretudo depois de 1881 que proliferaram as experiências de iluminação elétrica, sobretudo em ocasiões festivas, como nas comemorações do tricentenário de Camões em que foram iluminados a luz elétrica a Praça e o Monumento de Luís de Camões nas noites de 8, 9 e 10 de Junho, com seis globos de Jablochhoff.

No resto do país a situação é um pouco diferente. Em 1892, é publicado no Diário do Governo o primeiro regulamento para a concessão de licenças de estabelecimento de linhas elétricas, começando então a aparecer os primeiros projetos para a iluminação total de uma cidade. Tal é o caso de Braga, em 1893, e no ano seguinte Vila Real, por iniciativa dos respetivos municípios. No entanto, as duas cidades não foram felizes nestes acontecimentos - avarias e falta de capacidade das centrais que as alimentavam levou a recuos nesta nova forma iluminante.

Em 1892, é publicado no Diário do Governo o primeiro regulamento para a concessão de licenças de estabelecimento de linhas elétricas, começando então a aparecer os primeiros projetos para a iluminação total de uma cidade.

O virar do século não traz grandes mudanças na eletrificação do país. À semelhança da última década de século XIX, a eletricidade vai-se estendendo, lentamente, por pequenas redes locais. Por iniciativa empresarial ou camarária, cidades e vilas promovem a iluminação pública via eletricidade, produzida em centrais especificamente construídas para o efeito - Guimarães e Viseu em 1901 e em 1907 respetivamente, ou comprando-a a fábricas cuja produção excedia as necessidades de consumo, que é o caso da cidade de Tomar, cujo município começa a adquirir, a partir de 1900, os excedentes da produção de eletricidade à Real Fábrica de Fiação de Tomar para iluminar a cidade.

Nas duas primeiras décadas do século XX várias outras cidades e vilas são iluminadas a eletricidade por iniciativa de empresas que, tendo optado por utilizar esta fonte de energia e

iluminação, a rentabilizaram através de contratos estabelecidos com as Câmaras. Deste facto decorre uma situação aparentemente contraditória a nível do país, pois núcleos urbanos de menores dimensões, localizados, por vezes, em regiões do interior em que o rendimento *per capita* é dos mais baixos a nível nacional, beneficiaram deste serviço público mais cedo do que outras cidades ou vilas em que se esperaria encontrar este tipo e melhoramentos urbanos. É assim que no Alentejo vários núcleos urbanos, como Elvas, Reguengos de Monsaraz, Estremoz ou Arraiolos são iluminados entre o final do século XIX e início do século XX a partir das fábricas de moagem e de outras atividades aí existentes.

Situações semelhantes registaram-se noutras regiões do país, onde pequenas povoações, como Penalva do Castelo ou Famalicão, beneficiaram da eletricidade produzida pela indústria.

A proximidade de Espanha, onde a indústria elétrica já estava mais desenvolvida, foi determinante para a introdução precoce deste tipo de iluminação em algumas vilas ou cidades da raia, como é o caso de Portalegre em que, em 1902, o fornecimento de eletricidade à cidade é assegurado pela província de Badajoz.

Em 1903 é a vez da cidade de Valença aderir à iluminação pública pela luz elétrica. A inauguração, em 16 de Outubro, desta nova forma de iluminação, constitui para os seus habitantes um motivo de regozijo. A vizinha povoação espanhola de Tui, na outra margem do rio Minho, há muito que usufruía daquele melhoramento e lastimavam que a «poética Valença, guarda da fronteira do norte, há mais tempo não possuísse iguais regalias». Sendo provável que o fornecimento da energia elétrica tenha sido também efetuado por fornecedores espanhóis.

No norte do país conhecem-se outros casos em que a introdução da iluminação elétrica se deveu à iniciativa de espanhóis, como é o caso da vila de Espinho.

Em Peso da Régua e Lamego, a iluminação pública a eletricidade inicia-se em 1907, a partir da energia produzida com as águas do rio Varosa, na central do Chocalho. Dois anos depois a cidade de Seia começa a receber energia elétrica produzida na central da Nossa Senhora do Desterro através de uma linha de 12 kV que ligava a central à vila. Pouco depois também Gouveia, que desde 1903 era iluminada pela Empresa Elétrica de Gouveia, passa a receber eletricidade desta central.

A entrada em funcionamento da central de Covas, situada no rio Coura e pertencente à Empresa Hidroelétrica do Coura, torna possível que, a partir desta data, a Vila de Caminha passe a ser iluminada a luz elétrica. Em 1914 esta empresa alarga, por contrato com a Câmara Municipal, a sua rede a Viana do Castelo.

A iluminação a luz elétrica de algumas cidades ou vilas faz-se num processo integrado com a implementação da tração a eletricidade. É o que acontece, por exemplo, com a Vila de Ovar, onde a iluminação a luz elétrica, inaugurada em 1913, se deve à iniciativa da Companhia de Iluminação e Tração de Ovar.

Em Novembro do mesmo ano, iniciam-se os primeiros trabalhos de construção de um açude no rio Vizela, cuja água passa a alimentar a central de Santa Rita, construída para fornecer energia elétrica à vila de Fafe. A iluminação a eletricidade é inaugurada às 14 horas do dia 5 de Outubro de 1914. [7]

Hoje em dia, o número de pontos de luz em Portugal ronda os 4 milhões, tendo Portugal cerca de 10 milhões de habitantes, pode-se concluir que existe 1 ponto de luz por cada 3 habitantes. Os pontos de luz e o consumo têm um acréscimo anual próximo dos 4 a 5% em Portugal. Os sistemas mais utilizados ou mais comuns em Portugal assentam na tecnologia das lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão, existindo ainda uma quota significativa, da tecnologia de lâmpadas de vapor de mercúrio, que têm vindo a ser progressivamente substituídas.

A iluminação pública em Portugal é responsável por 3% do consumo total de energia elétrica, cerca de 1,6 TWh, que se traduz num custo de 170M€. Em alguns casos, pode representar 50% das despesas dos municípios com a eletricidade. Nos últimos anos, verifica-se uma tendência para o aumento dos níveis de iluminação em cerca de 4% a 5% por ano.

Em Portugal, a gestão da iluminação pública é da responsabilidade das Câmaras Municipais no que respeita a níveis e horários de iluminação e ao tipo e número de aparelhos de iluminação e lâmpadas em serviço. Quanto à manutenção das instalações de iluminação pública (Contrato Concessão) compete à empresa distribuidora essa tarefa. A rede de iluminação pública acompanha a rede de distribuição em BT, utilizando lâmpadas conforme a zona em que está inserida. Nas zonas rurais utilizam-se as VSAP 70 e 100W, nas zonas urbanas utilizam-se VSAP 70, 100, 150 e 250W.

No caso particular do Município de Matosinhos, a rede de iluminação pública que abrange as 10 freguesias contabiliza um total de 26120 luminárias instaladas, sendo na sua maioria luminárias com mais de 10 anos já de certa forma degradadas ou ineficientes, equipadas com lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão de 250W.

2.2- Conceitos Luminotécnicos

2.2.1- Introdução

Um sistema de iluminação deve ser projetado de acordo com a tarefa a realizar, uma vez que é um fator essencial para o desempenho humano, além de contribuir para o bem-estar físico e é um fator que influencia o psicológico. Estes sistemas devem ser projetados tendo em conta alguns parâmetros que definem uma iluminação de qualidade e adequada à atividade a desenvolver.

2.2.2 - Grandezas Luminotécnicas

Em luminotecnia consideram-se, basicamente, 4 grandezas:

- Fluxo luminoso;
- Intensidade luminosa;
- Iluminação ou iluminância;
- Luminância;

Em relação a esta última grandeza, as fontes luminosas designam-se por fontes primárias e os corpos iluminados por fontes secundárias.

O conhecimento destas grandezas permite caracterizar uma instalação de iluminação, isto é, avaliá-la quanto à sua qualidade e adequação ao local assim como medir a sua eficiência. [8]

2.2.2.1 - 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 2.6 mostra a maneira como uma lâmpada emite fluxo luminoso. [9]

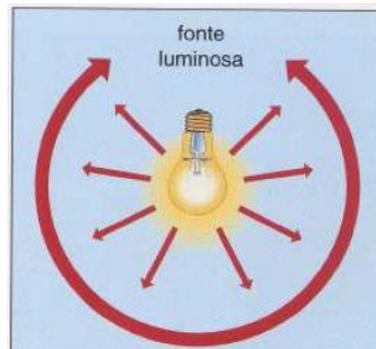


Figura 2.6-Fluxo Luminoso

O valor do fluxo luminoso permite saber a quantidade de luz emitida pela fonte num intervalo de tempo.

$$Q = F \times t \quad (2.1)$$

Em que:

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

2.2.2.2 - 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 2.7.

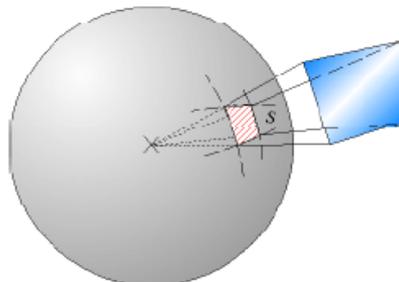


Figura 2.7-Ângulo solido [9]

Assim o ângulo sólido será dado por:

$$W = \frac{s}{r^2} \quad (2.2)$$

Em que:

- w é o ângulo sólido (sr);
- S é a área de superfície esférica (m^2);
- 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 2.11 mostra o conceito de fluxo luminoso.

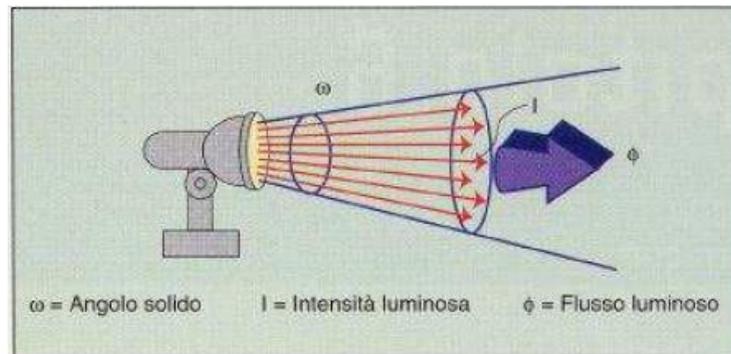


Figura 2.8-Intensidade Luminosa [8]

A intensidade luminosa é obtida pela expressão:

$$I = \frac{F}{w} \quad (2.3)$$

Em que:

- I é a intensidade luminosa (cd).

2.2.2.3 - Iluminância

Iluminância ou iluminação é o fluxo luminoso recebido por unidade de área iluminada como representado na figura 2.12. A unidade de iluminância é o lux (lx). Podemos definir um lux como a iluminância de uma superfície de $1m^2$ que recebe, uniformemente repartida, o fluxo de 1 lúmen [9].

Assim, a iluminância é dada por:

$$E = \frac{\phi}{S} \quad (2.4)$$

Em que:

- E é a iluminância (lux);
- S é área a superfície iluminada (m^2).

A iluminância é um dos fatores mais importantes a ter em conta no dimensionamento de uma instalação de iluminação, pois deve ser adequada ao local.

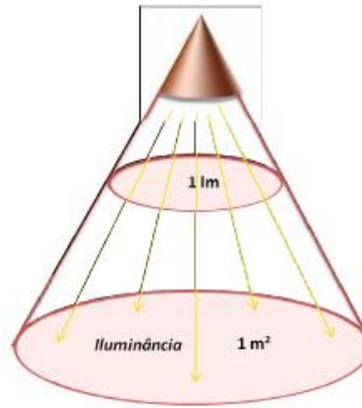


Figura 2.9-Iluminância sobre uma superfície [2]

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:

$$E = \frac{I \times \cos^3(\epsilon) \times \phi \times MF}{H^2} \quad (2.5)$$

Legenda:

E - Iluminância horizontal num ponto, em lux.

I - Intensidade luminosa na direção do ponto, em candelas (cd), normalizada por kilo 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 do fluxo da lâmpada (LLMF) com o fator de manutenção da luminária (LMF).

❖ **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:

$$E = \frac{I \times [\cos^3(\epsilon) + \cos^3(\epsilon)] \times \phi \times MF}{4 \times H^2} \quad (2.6)$$

❖ 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 fórmula:

$$E = \frac{I \times [1 + \cos(\alpha)] \times \cos^2(\epsilon) \times \text{sen}(\epsilon) \times \phi \times MF}{\pi \times (H - 1.5)^2} \quad (2.7)$$

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 2.10).

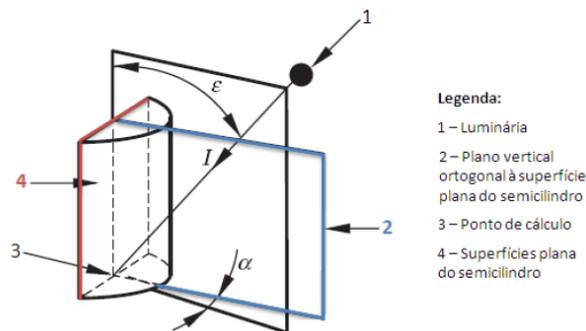


Figura 2.10-Ângulos usados no cálculo da iluminância semicilíndrica [10]

❖ 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 fórmula: [10]

$$E = \frac{I \times \cos(\alpha) \times \cos^2(\epsilon) \times \text{sen}(\epsilon) \times \phi \times MF}{(H - 1.5)^2} \quad (2.8)$$

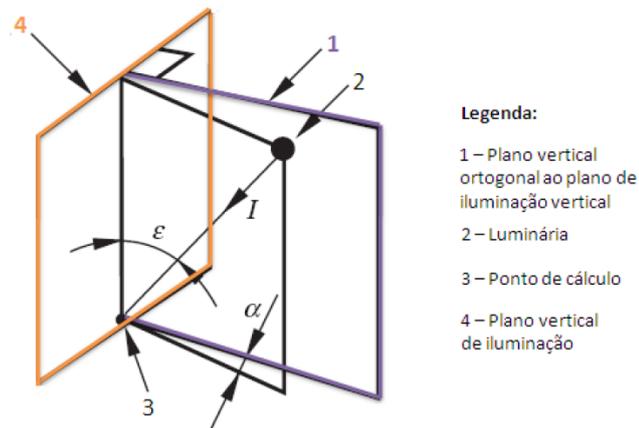


Figura 2.11-Ângulos usados no cálculo da iluminância vertical [10]

2.2.2.4 - Luminância

Luminância é o quociente entre a intensidade luminosa emitida a uma fonte luminosa ou por uma superfície refletora e sua área aparente. A unidade de luminância é o cd/m² e o seu valor é obtido pela seguinte expressão:

$$L = \frac{I}{S_a} \quad (2.9)$$

Em que:

L é a luminância (cd/m²);

S_a é a área de superfície aparente (m²).

A figura 2.15 ajuda a explicar melhor o conceito de luminância

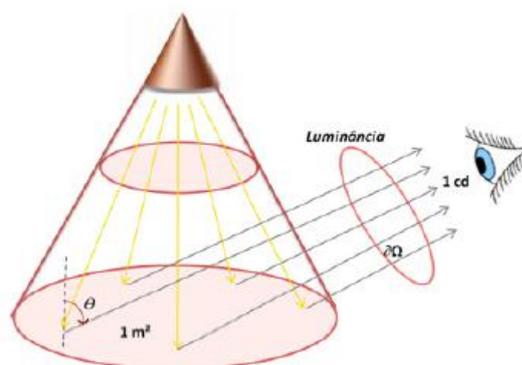


Figura 2.12-Esquematização da Luminância [3]

A distribuição da luminância no campo de visão das pessoas numa área de trabalho proporcionada pelas várias superfícies dentro da área (luminárias, janelas, teto, parede, piso

e superfície de trabalho), deve ser considerada como complemento à determinação das iluminâncias (lux) do ambiente, a fim de evitar ofuscamento [11].

2.2.3 - Visão

2.2.3.1 - Acuidade Visual

A acuidade visual relaciona-se com a capacidade de resolução espacial de dois pontos e depende da densidade dos recetores na retina e do poder de refração do sistema das lentes óticas. Por outras palavras a acuidade visual é a capacidade que o olho tem de reconhecer separadamente, com nitidez e precisão, objetos muito pequenos e próximos entre si. As distâncias na retina são referidas em termos de ângulo visual (θ). Assim, dizemos que a capacidade do olho em distinguir dois pontos está associada a um certo valor de ângulo visual. Quantitativamente, podemos dizer que a acuidade visual é o inverso do ângulo mínimo sob o qual os olhos conseguem distinguir um pormenor [3].

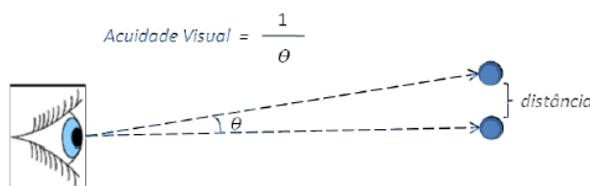


Figura 2.13-Esquematização da acuidade visual [2]

Quando, por exemplo, são realizados testes visuais com letras e números de diferentes tamanhos num consultório oftalmológico, está a ser pesquisada a acuidade visual do paciente. O olho (na região da fóvea) possui uma capacidade de focagem elevada que permite discriminar duas linhas afastadas por 0,3 mm a uma distância de 1 metro.

Existem vários fatores que irão influenciar a acuidade visual, tais como [2]:

- Adaptação - capacidade que o olho humano possui para se ajustar a diferentes níveis de intensidade luminosa, mediante os quais a pupila irá dilatar ou contrair.
- Acomodação - é o ajustamento das lentes do cristalino do olho de modo a que a imagem esteja permanentemente focada na retina.
- Contraste - é a diferença de luminância entre um objeto que se observa e o seu espaço envolvente.

- Idade - A capacidade visual de uma pessoa diminui com a idade, uma vez que, com o passar dos anos o cristalino endurece perdendo a sua elasticidade, o que torna mais complicada a tarefa de focalização das imagens dos objetos.

2.2.3.2 - Curva de Sensibilidade do Olho

Define a sensibilidade do olho ao longo do dia.

A curva define desde as condições de boa iluminação ($> 3 \text{ cd/m}^2$) que ocorrem durante o período diurno, onde a visão é mais nítida, detalhada e as cores se distinguem perfeitamente, (denominada de visão fotópica, atingindo um valor máximo aos 555nm - amarelo-esverdeado).

Quando os níveis de luminância são inferiores a $0,25 \text{ cd/m}^2$, a sensação de cor não existe e a visão é mais sensível aos tons azuis e à luz (denominada de visão escotópica, com um valor máximo aos 493nm - azul-esverdeado).

Nas situações existentes entre estes valores, a capacidade para distinguir as cores diminui em conformidade com a diminuição da quantidade da luz, variando a sensibilidade aos tons amarelados para os tons azuis (denominada de visão mesópica).

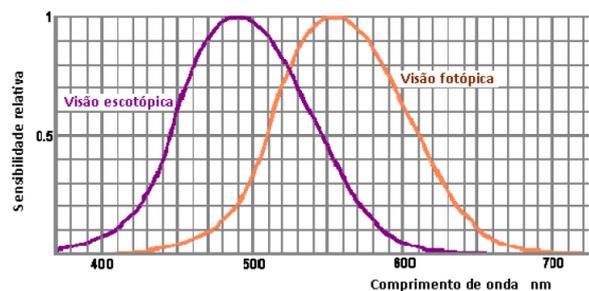


Figura 2.14-Sensibilidade relativa da visão fotópica e escotópica [2]

❖ Visão escotópica

É o termo científico para referir a visão humana no escuro, sendo que nestas condições o olho humano utiliza os bastonetes para perceber a luz. A gama de sensibilidade dos bastonetes torna o olho mais sensível à luz azul durante a noite, enquanto a luz vermelha é quase exclusivamente percebida na visão fotópica (visão diurna). A máxima eficácia é 1700 lm/W num comprimento de onda de 507 nm [2].

❖ Visão fotópica

É o termo científico para a visão colorida dos humanos, sob condições normais de luminosidade durante o dia. O olho humano usa três tipos de cones para perceber a luz em três bandas respectivas de cor. Os pigmentos dos cones têm um valor máximo de absorção em comprimentos de onda de cerca de 445 nm (azul), 540 nm (verde) e 575 nm (amarelo). As

suas gamas de sensibilidade sobrepõem-se para proporcionar uma visão contínua (mas não linear) ao longo do espectro visual. A máxima eficácia é 683 lm/W num comprimento de onda de 555 nm (amarelo). [2]

❖ Visão mesópica

Encontra-se nos extremos da visão fotópica e escotópica. Nesta situação, quer os bastonetes quer os cones estão ativos. Acontece tipicamente ao entardecer e em condições noturnas com um luar intenso, e inclui quase todas as situações de iluminação externa.

À medida que os níveis de iluminação diminuem a visão focal diminui assim como a perceção das cores. Existe, neste caso, uma deslocação da sensibilidade espectral desde o amarelo-esverdeado dos cones para o pico de comprimento de onda dos bastonetes, do azul esverdeado. [4]

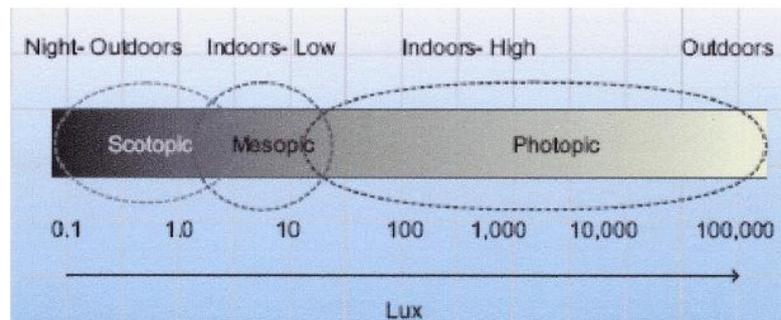


Figura 2.15-Visão Mesópica[4]

2.3 - Componentes da Iluminação Pública

2.3.1 - Luminárias

Uma luminária ou armadura tem como funções o controle da distribuição da luz emitida por uma ou mais lâmpadas, deve incluir todos os elementos necessários para a fixação e proteção das lâmpadas e para a sua ligação ao circuito de alimentação isto é, lâmpadas, balastros, refletores, arrancadores, refletores, difusores, etc..[12]

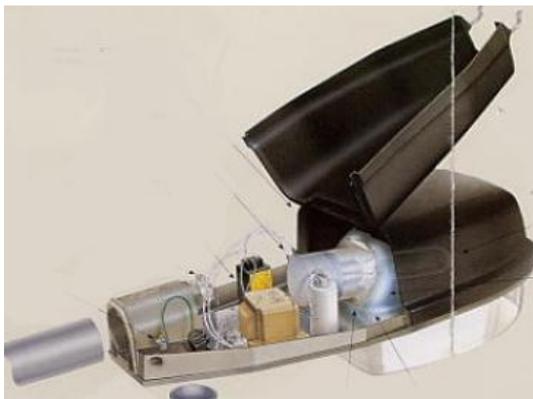


Figura 2.16-Luminária

Existem no mercado diversos modelos de armaduras, diferindo no tipo de lâmpadas que usam, na maneira como distribuem a luz e no tipo de montagem.

A iluminação produzida por uma luminária pelo modo como esta a distribuiu: [2]

- Direta: mais de 90% da luz é distribuída para baixo (downlighting);
- Indireta: mais de 90 % da luz é distribuída para cima (uplighting);
- Semidireta: entre 60 a 90% da luz é distribuída para baixo e o restante para cima;
- Difusa: percentagens semelhantes de luz são distribuídas para cima e para baixo;

Destaque: A direção e abertura de projeção são ajustadas para cada objetivo.

Outra propriedade das armaduras é o seu ângulo de cut-off, que é o ângulo formado entre a horizontal do teto e uma reta imaginária que, sendo tangente à lâmpada, passa pelo extremo do refletor.

Uma das principais características das armaduras a ter em conta pelos projetistas no momento do projeto luminotécnico é o índice de proteção da armadura, que deve ser adequado ao local onde esta será montada. O índice de proteção de uma armadura indica a forma como está protegida contra os agentes externos, tais como a humidade, a água e a poeira. Segundo o sistema IP, o índice de proteção é indicado por dois algarismos, o primeiro indicando o grau de proteção contra a penetração de corpos sólidos, e o segundo o grau de proteção contra a água.

2.3.1.1 - Rácio de saída do fluxo - Light Output Ratio (LOR)

O rácio de saída do fluxo luminoso (LOR) pode ser entendido como o quociente entre o fluxo luminoso (Φ) total de uma luminária (medido em condições práticas específicas com as suas lâmpadas e equipamento auxiliar), e a soma dos fluxos luminosos individuais dessas

mesmas lâmpadas, quando operadas fora da luminária com o mesmo equipamento auxiliar e condições práticas [2].

$$LOR = \frac{\Phi_{\text{Saída da luminária}}}{\Sigma \Phi_{\text{Fonte de luz individual}}} \quad (2.10)$$

Para a realização de um projeto de iluminação pública eficiente, convém conhecer-se dois conceitos derivados do LOR, ou seja:

- Rácio de Saída do Fluxo Luminoso Ascendente - Upward Light Output Ratio (ULOR).
- Rácio de Saída do Fluxo Luminoso Descendente - Downward Light Output Ratio (DLOR).

O ULOR de uma luminária é o rácio entre o fluxo emitido para cima pela luminária, com a soma dos fluxos luminosos individuais dessas mesmas lâmpadas quando operadas fora da luminária.

O DLOR de uma luminária é o rácio entre o fluxo emitido para baixo pela luminária, com a soma dos fluxos luminosos individuais dessas mesmas lâmpadas quando operadas fora da luminária [2].

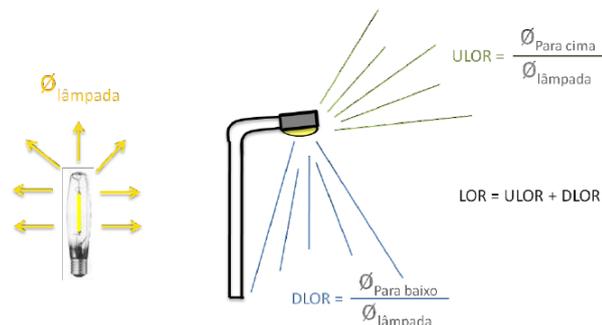


Figura 2.17-DLOR e ULOR [2]

2.3.2 - Características das Lâmpadas

Os tipos de lâmpadas usados atualmente são numerosos e podem ser usados para diversos tipos de aplicação. No entanto cada tipo de lâmpadas possui características diferentes que devem ser tidas em conta para a sua escolha.

As principais características luminotécnicas de uma lâmpada são:

Rendimento luminoso;

- Temperatura de cor;
- Restituição de cores;
- Luminância;
- Duração de vida média.

Assim, antes de efetuar um estudo sobre os tipos de lâmpadas existentes no mercado, será útil estudar estas características.

2.3.2.1 - Rendimento Luminoso

Rendimento luminoso ou eficiência luminosa é o quociente entre o fluxo luminoso absorvido pela lâmpada e a potência elétrica absorvida pela lâmpada [5]. 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 [8].

2.3.2.2 - Temperatura de Cor

É a temperatura a que é necessário aquecer um corpo negro, para que este emita radiação luminosa, com a mesma impressão de cor que a lâmpada considerada.

Mede-se em K (Kelvin).

- 2800 a 3200K: Tons quentes
- 3200 a 4500K: Luz Branca
- 4500K : Luz do dia (tons azulados)

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

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

Figura 2.18-Aparência das várias temperaturas de cor em Iluminação Pública [2]

2.3.2.3 - Restituição de Cor

A restituição de cores é uma expressão que designa, sob o aspeto da reprodução cromática, o efeito da radiação emitida por uma fonte, nos objetos que ilumina. Este efeito é comparado ao aspeto cromático dos mesmos objetos iluminados, por uma fonte de referência (luz do dia). Ou seja, o IRC indica a capacidade que uma fonte luminosa possui em restituir fielmente as cores de um objeto ou de uma superfície iluminada. Este índice varia entre 0 (nenhuma fidelidade) e 100 (máxima fidelidade). Quanto maior o IRC, melhor o equilíbrio entre as cores. Quanto maior a diferença na aparência de cor do objeto iluminado em relação ao padrão, menor será o seu IRC.

Qualidade desejada	Valor limite de IRC	Exemplos de aplicação
A apreciação das cores tão exacta quanto possível, é essencial. Excelente restituição de cores.	IRC > 90	Controle, selecção, exame, ... Laboratórios Indústria textl Tipografias Produtos agrícolas
Restituição de cores de boa qualidade. Necessidade de uma iluminação agradável.	IRC > 80	Escritórios; escolas Estabelecimentos comerciais
Restituição de cores aceitável.	IRC > 70	Escritórios; escolas Estabelecimentos comerciais
Restituição de cores medíocre, mas aceitável.	60 < IRC < 70	Indústria: armazém, mecânica.
Nenhuma exigência de restituição de cores.	IRC < 60	Indústria: fundições, armazéns de peças.

Figura 2.19- Exemplos de índices de restituição de cor [8]

A temperatura de cor apenas se refere à sua cor e não à sua composição espectral que irá influenciar a capacidade de reproduzir a cor do objeto. Assim se explica o facto de lâmpadas com a mesma temperatura de cor possuírem um índice de restituição de cor diferente.

2.3.2.4 - 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 [13].

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 [11].

2.3.3 - 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;
- LED's

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

2.3.4 - 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 2.20.

Quando uma tensão é aplicada aos eléctrodos dá-se uma descarga eléctrica produzindo excitação dos eletrões o que leva à ionização do gás, 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.

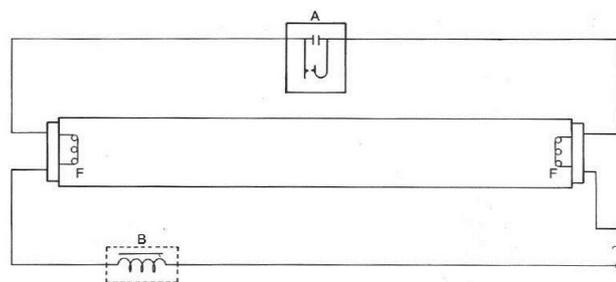


Figura 2.20-Lâmpada de descarga

Este tipo de lâmpadas divide-se em lâmpadas de descarga num gás ou vapor de metálico de alta pressão e de baixa pressão [9]. 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.

Lâmpadas de vapor de mercúrio

Esta lâmpada tem dentro do tubo de descarga vapor de mercúrio e árgon e quatro eléctrodos: dois principais e dois auxiliares. A luz desta lâmpada é caracterizada por falta de radiações vermelhas, tomando uma cor branca - azulada (este inconveniente pode ser melhorado com a junção em série de um filamento de tungsténio, originando a chamada lâmpada mista).

Tem grande aplicação na iluminação de estradas, aeroportos, grandes naves industriais e geralmente em grandes espaços exteriores.

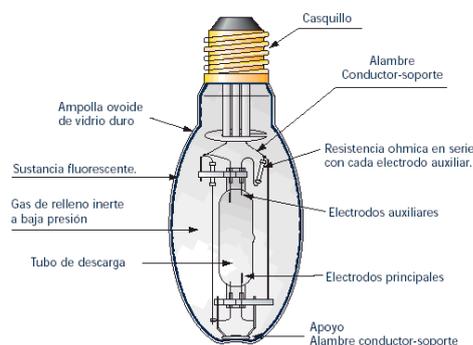


Figura 2.21-Lâmpada de vapor mercúrio [9]

Características da lâmpada [14]:

- Eficiência luminosa (média): 50 a 60 lm/w

- Vida útil (elevada): cerca de 9 000 horas.
- Índice de restituição de cor: 40 a 48 conforme o modelo.

Lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão

Tem uma elevada eficiência luminosa até 140 lm/W, longa durabilidade e, conseqüentemente, longos intervalos para reposição, são sem dúvida a garantia da mais económica fonte de luz.

Estas lâmpadas diferem pela emissão de luz branca e dourada, indicada para iluminação de locais onde a reprodução de cor não é um fator importante. Amplamente utilizadas na iluminação externa, em avenidas, autoestrada, viadutos, complexos viários etc., têm o seu uso ampliado para áreas industriais, siderúrgicas e ainda para locais específicos como aeroportos, estaleiros, portos, ferrovias, pátios e estacionamento.

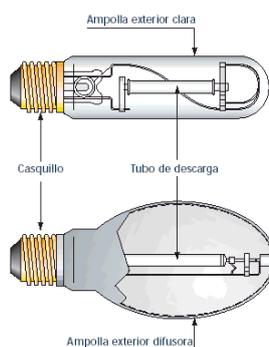


Figura 2.22-Lâmpada de vapor de sódio de alta pressão.

As principais características deste tipo de lâmpadas são:

- Rendimento Luminoso: 80 a 150 lm/W;
- Temperatura de cor: 2000 a 2500 K;
- IRC: 60 a 69; 80 para as lâmpadas de luz branca;
- Tempo de vida útil: 8000 horas. A Osram já produz lâmpadas que duram até 32000 horas.

Lâmpadas de vapor de mercúrio de iodetos metálicos

As lâmpadas de vapor de mercúrio e as lâmpadas de vapor de sódio não são apropriadas sempre que seja exigido um elevado índice de restituição de cores.

As investigações técnicas permitem concluir que pode obter-se uma boa restituição de cores quando a fonte de luz emite radiação nas três cores primárias: vermelho, verde e azul.

Então introduziu-se no tubo de descarga uma mistura de iodetos de sódio, índio e tálio. O mercúrio mantém-se no tubo de descarga mas pouco contribui para que seja obtida a radiação desejada. O resultado é uma fonte de luz com uma razoável restituição de cores.

Devido ao custo de fabricação da lâmpada o seu emprego fica limitado à iluminação exterior por projetores, nomeadamente de estádios e campos desportivos, nos casos em que seja importante obter um bom índice de restituição de cores.

Este tipo de lâmpadas pode atingir um nível de restituição de cores próximo do ideal introduzindo no gás de uma lâmpada de descarga de vapor de mercúrio de alta pressão uma mistura de cloreto e iodeto de estanho.

Esta lâmpada pode ser utilizada em todas as circunstâncias que exijam a necessidade de uma boa restituição de cores, incluindo a iluminação de interiores, no entanto o seu custo de fabrico é também elevado.

Este tipo de lâmpada tem um tempo de arranque de 4 minutos e tempo de re-arranque de 10 minutos.

As principais características deste tipo de lâmpadas são [15] :

- Rendimento Luminoso: 50 a 100 lm/W;
- Temperatura de cor: 3000 a 7000 K;
- IRC: 80 a 100;
- Tempo de vida útil: 3000 a 12000 horas.

A figura 2.29 mostra uma lâmpada de vapor de mercúrio de iodetos metálicos.



Figura 2.23-Lâmpada de vapor de mercúrio de iodetos metálicos [15].

Lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão

As lâmpadas de vapor de sódio de baixa pressão 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. Como estas lâmpadas têm uma duração de vida muito longa constituem a fonte de luz mais eficiente e económica.

A desvantagem óbvia destas lâmpadas consiste na sua restituição de cores extremamente pobre, sendo praticamente nula [9].

Estas lâmpadas têm tempo de arranque de 10 minutos e são usadas em iluminação pública.

As principais características deste tipo de lâmpadas são:

- Rendimento Luminoso: 80 a 200 lm/W;
- Temperatura de cor: 2800 K;
- IRC: 0;
- Tempo de vida útil: 5000 a 6000 horas.

Na figura 2.24 mostra uma lâmpada de vapor de sódio de baixa pressão e é visível o tipo de luz que esta emite.

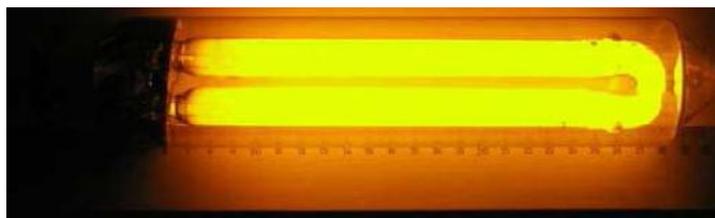


Figura 2.24-Lâmpada de vapor de mercúrio de iodetos metálicos [15].

2.3.5 - LED's

Devido ao baixo consumo de energia, robustez, longo tempo de vida útil e não conterem mercúrio, os díodos emissores de luz (LED's) representam novas oportunidades nas aplicações para iluminação. Há duas maneiras diferentes de obter luz branca com LED's. Uma das formas consiste numa combinação de fósforo excitado por uma emissão de radiação azul ou ultravioleta. A outra forma de obter luz branca com LED's é pela combinação de LED's

monocromáticos com diferentes cores como mostra a figura 2.31. Este segundo método revela-se mais eficiente e flexível, uma vez que variando os comprimentos de onda de cada LED monocromático obtêm-se diferentes resultados no que diz respeito a rendimento, fluxo luminoso e IRC [16].

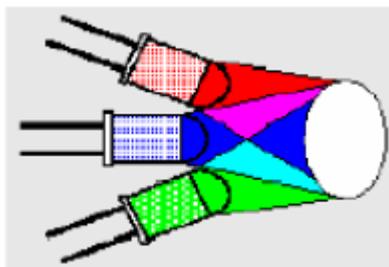


Figura 2.25-Obtenção de Luz Branca por Combinação de LED's [16].

Os LED's podem ser de baixa (0,1W), média (0,2W a 0,5W) e de alta potência (acima de 0,5W). Em geral, os de baixa e média potência são utilizados para sinalização e efeitos decorativos. Os de alta potência já podem ser aplicados em iluminação geral.

As principais vantagens dos LED's, relativamente às restantes fontes de luz são [17]:

- Maior vida útil e conseqüente baixa manutenção;
- Baixo consumo (relativamente às lâmpadas de incandescência) e uma eficiência energética (em torno de 50 lm/Watt);
- Não emitem luz ultravioleta (sendo ideais para aplicações onde este tipo de radiação é indesejada, como por exemplo, locais onde existam quadros e obras de arte);
- Não emitem radiação infravermelha, fazendo por isso que o feixe luminoso seja frio.
- Resistência a impactos e vibrações: Utiliza tecnologia de estado sólido, portanto, sem filamentos e sem vidro, aumentando a sua robustez.
- Maior segurança, já que trabalham em baixa tensão (< 33V). Proporcionam segurança para os utilizadores durante a sua instalação e utilização.

Por outro lado, as desvantagens apresentadas são [17]:

- Custo de aquisição elevado, caso a aplicação seja desadequada;
- O índice de restituição de cor (IRC) pode não ser o mais adequado;
- Necessidade de fonte de alimentação ou interface (transformador ou um "driver") que converta as características de alimentação de uma tomada comum para um padrão adequado ao funcionamento do led.

- Necessidade de dispositivos de dissipação de calor, nos leds de alta potência (a quantidade de luz emitida pelo led diminui com o aumento da temperatura).

As principais características deste tipo de lâmpadas são:

- Rendimento Luminoso: 40 a 85 lm/W;
- Temperatura de cor: 3000 a 6000 K;
- IRC: 60 a 90;
- Tempo de vida útil: 50000 horas. [17]



Figura 2.26-Lâmpada de LEDs [17].

2.3.6 - Balastros

Os balastros são equipamentos necessários para o funcionamento de lâmpadas de descarga. A função destes equipamentos passa por limitar a corrente de funcionamento, produzir a tensão de arranque e pré-aquecer os elétrodos de modo a facilitar a emissão de elétrons para iniciar a descarga.

Os balastros podem ser de dois tipos: eletromagnéticos ou eletrônicos.

2.3.7 - Balastros Eletromagnéticos

Estes balastros são constituídos por um núcleo laminado de aço silício (com baixas perdas) e bobinas de fio de cobre esmaltado, impregnados com resina de poliéster adicionado com carga mineral, tendo um grande poder de isolamento e dissipação térmica [8]. Devido à presença das bobinas tem fator de potência baixo. Assim nas instalações onde exista grande número de lâmpadas fluorescentes e se opte por este tipo de balastros é necessário o uso de equipamentos auxiliares para compensação do fator de potência.

Há vários tipos de balastros magnéticos disponíveis. Os mais usuais são apropriados para o funcionamento com arrancadores, menos vulgares são os destinados ao funcionamento com lâmpadas de arranque rápido, com elétrodos pré-aquecidos e com circuito semiressonante.

Tem um fator de potência indutivo.

Em relação às perdas os balastros magnéticos podem ser classificados em 3 Classes: B (baixas perdas), C (standard), e D (altas perdas) [18].



Figura 2.27-Balastro eletromagnético

2.3.8 - Balastros Eletrônicos

Os balastros eletrônicos são constituídos por condensadores e bobinas para alta frequência, resistências, circuitos integrados e outros componentes eletrônicos. Operam em alta frequência (de 20 kHz a 50 kHz), o que proporciona maior fluxo luminoso com menor potência de consumo, transformando assim os balastros eletrônicos em produtos economizadores de energia e com maior eficiência que os eletromagnéticos [8].

Estes balastros podem ser classificados nas seguintes classes: A1 (balastros eletrônicos com regulação), A2 (balastros eletrônicos com baixas perdas) e A3 (balastros eletrônicos standard).

A figura 2.28 mostra um balastro eletrônico.



Figura 2.28-Balastro eletrônico.

As principais vantagens dos balastros eletrônicos, relativamente aos eletromagnéticos são [18]:

- Aumento do rendimento luminoso;
- Eliminação do flicker: numa lâmpada funcionando a 50 Hz a luz extingue-se duas vezes por ciclo na passagem da corrente por zero. Isto produz o flicker, o qual provoca cansaço visual, assim como o efeito estroboscópico, com efeitos potencialmente perigosos no caso de existirem máquinas rotativas.

Com o funcionamento da lâmpada a alta frequência a emissão de luz é contínua, eliminando-se portanto o flicker;

- Eliminação do ruído audível: como os balastros eletrônicos funcionam acima da gama audível de frequências, o problema do ruído é eliminado. O familiar ruído dos balastros convencionais é provocado pelas vibrações mecânicas das chapas laminadas do seu núcleo, e possivelmente também pela bobine, vibrações estas que se propagam à armadura e à superfície na qual está fixada, ampliando ainda mais o ruído;
- Menor potência absorvida: um balastro eletrônico consome menos potência e portanto dissipa menos calor do que um balastro magnético convencional. Esta redução de potência é possível porque: a alta frequência, a lâmpada pode funcionar a uma potência mais baixa, com a mesma emissão de fluxo; as perdas num balastro eletrônico são muito menores do que as perdas num balastro magnético. Podem conseguir-se reduções de custo da energia de 20 a 25%;
- Aumento da duração de vida da lâmpada: um balastro eletrônico efetua um pré-aquecimento dos elétrodos antes de aplicar um impulso controlado de tensão, diminuindo o desgaste do material emissor de elétrons dos elétrodos. Isto aumenta a duração de vida da lâmpada;
- Controlo versátil do fluxo luminoso: existem balastros eletrônicos que permitem a regulação do fluxo luminoso. Isto permite uma poupança considerável de energia nas situações em que a iluminação está ligada a um sistema de controlo automático;
- Diminuição de peso e de tamanho;
- Não necessitam de equipamento para compensação do fator de potência.

2.3.9 - Driver LED

Entende-se por Driver de LED's todo o circuito controlador dos LED's e tem como função efetuar a conversão da energia elétrica da rede, em tensão contínua, de forma a alimentar todos os componentes eletrônicos da luminária de LED's e a controlar a corrente fornecida nos vários modos de funcionamento dos LED's. Adicionalmente, alguns drivers permitem ainda efetuar o dimming nos LED's, controlar as comunicações e implementar inclusive capacidades de inteligência artificial. Existem dois tipos de drivers de LED's:

- Corrente constante.
- Tensão constante.

Capítulo 3

Normas de IP/Documento de Referência

A norma Portuguesa de iluminação pública possui o termo de Homologação nº 362/2008, escrita e aprovada a 24-10-2008, tendo sido elaborada pelo CEN/TC 169 “Light and lighting”, cujo secretariado é assegurado pelo DIN.

Na conceção de uma rede eléctrica 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 [2].

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 _v (lux):	
Uniformidade (%):	
Temperatura de Cor (K):	
Opção por visão mesópica:	
Programação da RFL:	

Figura 3.1-Classificação energética das instalações de iluminação pública [2]

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

- Dotar os Municípios/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 Qren ou outros programas
- Convergência com o PNAEE, normas internacionais e Portaria 454.
- Classificação criteriosa das vias de acordo com o método simplificado da 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 autarquias ou concessionárias das redes, senão devem ter obrigatoriamente certificado 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:

$$\epsilon = k \times S \text{ (m}^2\text{)} \times E \text{ (lux)} / P \text{ (watts)} \quad (3.1)$$

Onde:

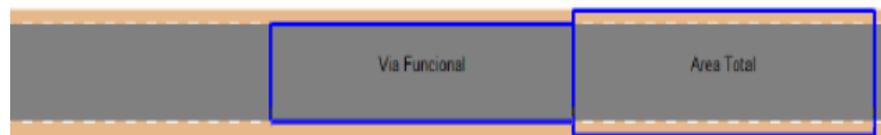


Figura 3.2-Cálculo da área para o índice de eficiência energética [2]

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.

E - Iluminância porque sem tipo de piso difícil a luminância

P - Potência total das luminárias mais auxiliares

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

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

Figura 3.3-Índice de eficiência energética das instalações de iluminação pública [3]

3.1-Critérios a considerar em projetos de IP

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.

3.1.1.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 aspecto positivo que resulta do aumento da altura dos postes é a diminuição do vandalismo, com a consequente 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.

3.1.2- Encandeamento incomodativo (G)

Corresponde à perda de faculdades de visualizar os objetos, agudeza visual, provocando simultaneamente fadiga ocular, em condições dinâmicas:

$$G = IEL + VRI \quad (3.2)$$

Legenda:

G = Índice de deslumbramento incomodativo

IEL = Índice específico da luminária

VRI = valor real da instalação

3.1.3 - Encandeamento perturbador (TI)

O incremento limite (TI) é uma medida que permite quantificar a perda de visibilidade causada pelo encandeamento das luminárias de iluminação pública. Neste caso um objeto que está no limite da visibilidade deixa de ser visível devido ao encandeamento. Caso se pretenda que o objeto seja visível nestas condições, há que aumentar o nível de contraste.

Este incremento corresponde ao TI [2].

$$TI = \frac{65}{(\bar{L})^{0,8}} \times L_v \% \quad (3.3)$$

$$L_v = 10 \sum_{k=1}^n \frac{E_k}{\theta_k^2} = \frac{E_1}{\theta_1^2} + \frac{E_2}{\theta_2^2} + \dots + \frac{E_k}{\theta_k^2} + \dots + \frac{E_n}{\theta_n^2} \quad (3.4)$$

Legenda:

\bar{L} - Luminância média da estrada (cd/m²).

L_v - Luminância encandeante (veiling luminance) equivalente (cd/m²).

E_k - Iluminância (em 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 3.4-Esquemática dos parâmetros para o cálculo do TI [2]

3.1.4 - Fator de Manutenção

O fator de manutenção (FM) - grau de conservação de uma instalação. É o rácio da iluminância num determinado momento ($E(t)$), com a iluminância inicial (E_0). [2]

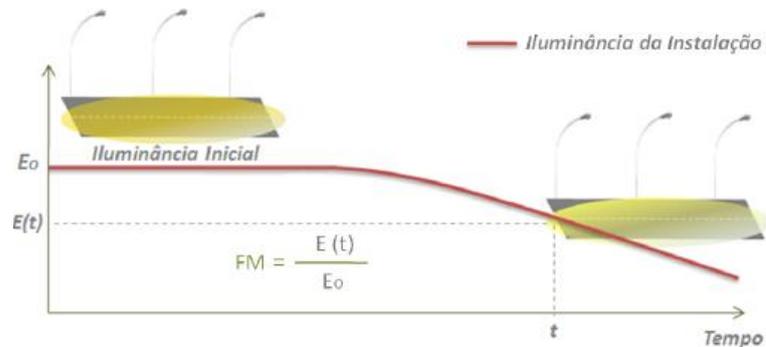


Figura 3.5-Fator de Manutenção de uma instalação (FM) [2]

O valor do fator de manutenção poderá afetar significativamente a potência da lâmpada a instalar, bem como o número de luminárias necessárias para alcançar os valores de iluminância/luminância especificados [2].

Em que:

$$FM = F_{MLL} \times F_{SL} \times F_{ML} \quad (3.5)$$

3.1.4.1 - Fator de Manutenção da Luminosidade da Lâmpada

O fator de manutenção da luminosidade da lâmpada (LLMF - Lamp Luminance Maintenance Factor) é dado pelo rácio entre o fluxo luminoso da lâmpada num dado momento da sua vida ($\phi(t)$) e o fluxo luminoso inicial (ϕ_0). [EN 12665:2002]

Ou seja[2]:

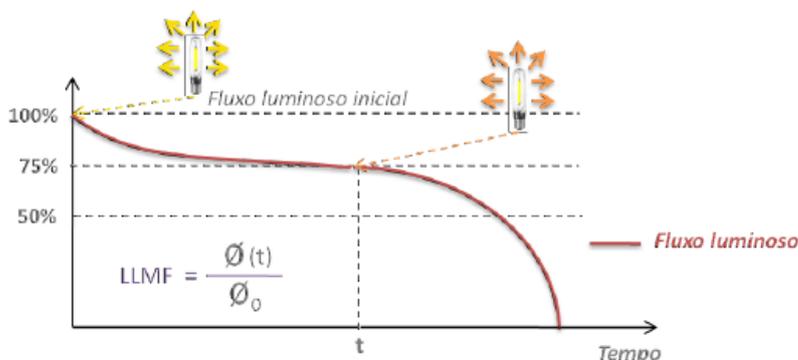


Figura 3.6--Fator de Manutenção da Luminosidade da Lâmpada (LLMF) [2]

3.1.4.2 - Fator de Sobrevivência da Lâmpada (LSF)

O fator de sobrevivência da lâmpada (LSF - *Lamp Survival Factor*) é definido pela fração do número total de lâmpadas que continuam a funcionar num dado momento e sob determinadas condições. [EN 12665:2002]

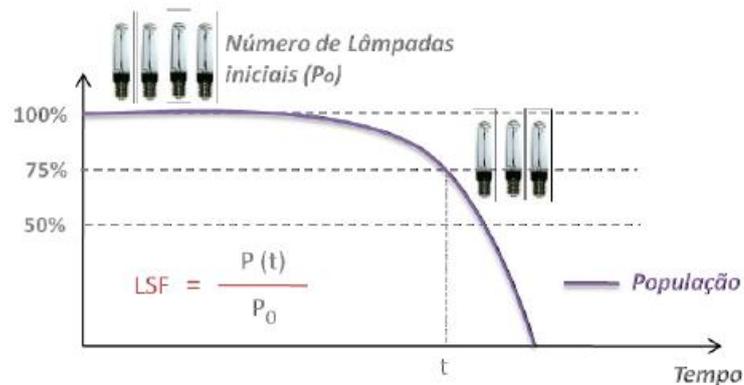


Figura 3.7-Fator de Sobrevivência da Lâmpada (LSF) [2]

O fator de sobrevivência de uma lâmpada depende bastante da quantidade de horas de funcionamento. A tabela mostra os diversos regimes de funcionamento que uma rede de IP pode ter [2].

Tabela 3-1 - Número de horas por regime de funcionamento

Regime de Funcionamento	Horas/ano
Contínuo	8760
Toda a noite (crepúsculo até amanhecer)	4380
Crepúsculo até à meia-noite (24h)	2600
Crepúsculo até as 22h (5noites/semana)	1300
4horas/semana	208

3.1.4.3 - Fator de Manutenção da Luminária (LMF)

O fator de manutenção da luminária (LMF - *Luminaire Maintenance Factor*) é o rácio do LOR de uma luminária num dado momento (LOR(t)), com o LOR dessa mesma luminária no seu início de vida (LOR₀)[3].

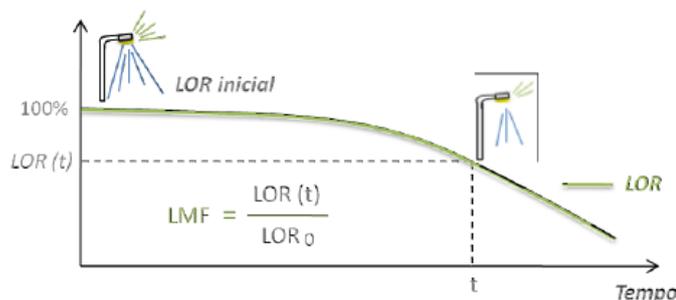


Figura 3.8-Fator de Manutenção da Luminária (LMF)[2]

3.1.4.4 - Rácio Envolvente (SR - Surround Ratio)

Um dos principais objetivos na iluminação pública 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 envolvente da estrada, ou seja, na sua vizinhança. Com efeito, uma iluminação adequada da zona envolvente à estrada possibilita ao condutor uma melhor percepção da sua situação, fazendo ajustamentos devidos de velocidade e trajetória a tempo[3].



Figura 3.9-Faixas longitudinais para o cálculo de SR [2]

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. 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.

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 [3]:

- 5 Metros

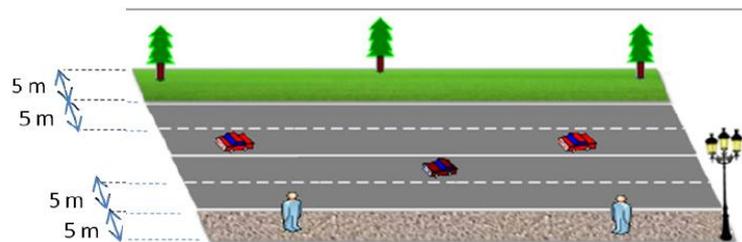


Figura 3.10-Largura máxima das faixas para o cálculo do rácio envolvente (SR) [2]

- Metade da largura da estrada

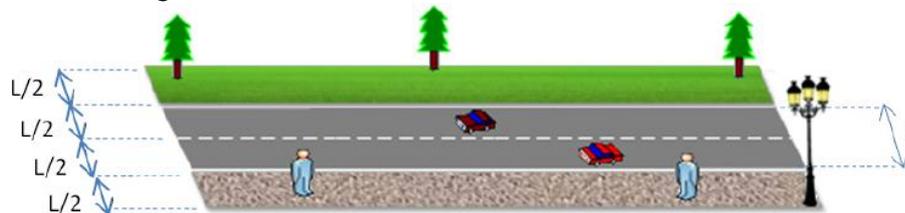


Figura 3.11-Esquematização para a situação em que o cálculo do SR é feito para metade da largura da estrada [2]

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

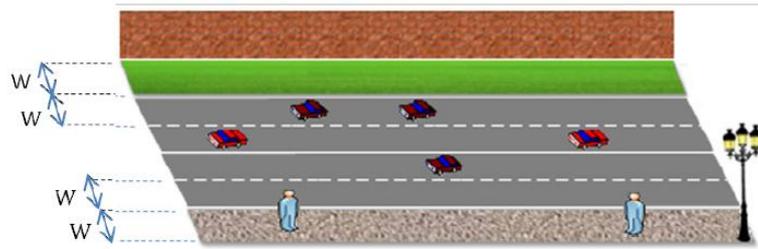


Figura 3.12-Parede a obstruir a faixa longitudinal exterior de largura w [2]

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

$$SR = \frac{\bar{E}_1 + \bar{E}_4}{\bar{E}_2 + \bar{E}_3} \quad (3.6)$$

3.2 - Níveis, Uniformidades e Classes Iluminação

3.2.1 - Nível de Iluminação

É imprescindível que o nível de iluminação do sistema de Iluminação Pública a instalar, seja o mais adequado para a zona e o tipo de utilizadores em questão. Com efeito, pessoas com idades superiores a 45 anos requerem mais 30% de nível luminoso para o reconhecimento facial, do que as pessoas com idades inferiores. O relatório técnico CEN/TR 13201-1: 2004 orienta na seleção das zonas onde as classes de iluminação, definidas na norma EN 13201-2, e os cálculos e procedimentos existentes na norma EN 13201-3 deveriam ser aplicados. Não sendo um critério de decisão de projeto, este relatório técnico fornece uma linha orientadora, para descrever as diversas situações onde é possível elaborar um projeto de IP, com base em parâmetros como:

- Geometria da área a ser considerada
- Uso dessa mesma área.
- Influência do meio envolvente.

3.2.2 - Uniformidade da Iluminação

A qualidade da iluminação proporcionada é um parâmetro fulcral nos sistemas de iluminação e que salta de imediato à vista dos utilizadores. Há que tentar iluminar uma zona ou objeto de vários ângulos, tendo sempre presente o critério da uniformidade da iluminação, ou seja, uma distribuição equivalente de luz nas superfícies horizontal e vertical nas diversas zonas.

A uniformidade geral, rácio entre o valor da luminância mais baixo (num ponto qualquer do campo de cálculo) com a luminância média

$$U_0 = \frac{L_{min}}{L_{med}} \quad (3.7)$$

A uniformidade longitudinal, quociente entre o valor mais baixo e o valor mais alto da luminância, na direção longitudinal, ao longo do centro de cada faixa de rodagem.

$$U_1 = \frac{L_{min}}{L_{max}} \quad (3.8)$$

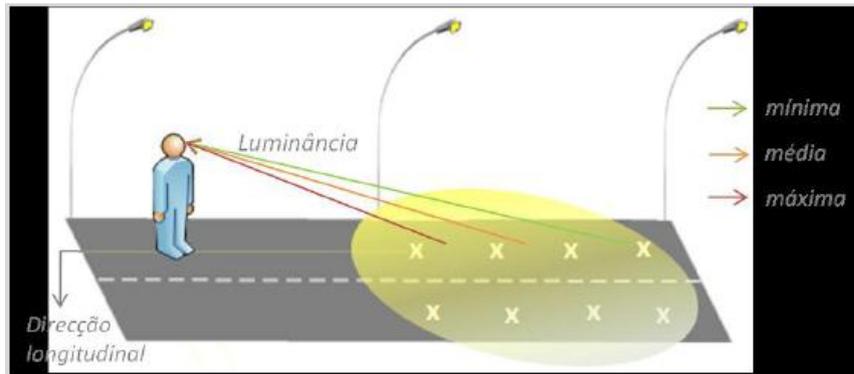


Figura 3.13-Uniformidade Longitudinal

O número de pontos na direção longitudinal (N) e o espaço entre eles terá de ser o mesmo que fora usado no cálculo da luminância média. Adicionalmente, a posição do observador terá de estar no enfiamento da linha dos pontos de cálculo.

Uniformidade extrema (U_e) - Relação entre o valor de iluminância mínima e o valor de iluminância máxima, de uma instalação de iluminação. A unidade é %.

$$U_e = \frac{E_{min}}{E_{max}} \quad (3.9)$$

Uniformidade média (U_m) - Relação entre o valor de iluminância mínima e o valor de iluminância média, de uma instalação de iluminação. A unidade é %.

$$U_m = \frac{E_{min}}{E_{max}} \quad (3.10)$$

❖ Má uniformização

O método de desligar fontes de luz num padrão alternado, com o intuito de reduzir o consumo não deverá ser considerado, uma vez que, causa uma má uniformização da iluminação. As pessoas, hoje em dia, preocupam-se com a zona onde querem viver e a qualidade de vida que dela obtêm, ou seja, o público em geral espera que as ruas sejam lugares agradáveis e seguros, quer seja durante o dia quer seja nos períodos noturnos.

A uniformização da iluminação, o nível de iluminação adequado e um bom índice de restituição de cor são parâmetros, quando otimizados, que vão ao encontro da satisfação desse desejo, potenciando inclusive a redução da criminalidade em 20%.

3.3 - Classes de Iluminação

Cada tipo de estrada a ser iluminada está associado a mais do que uma classe de iluminação. Esta será determinada, no plano diretor de iluminação pública da responsabilidade da autarquia.

Uma classe de iluminação é definida por um conjunto de requisitos fotométricos que apontam para as necessidades de visibilidade dos utilizadores dos vários tipos de ruas, estradas e áreas frequentadas. [19]

Na norma EN 13201-2 existem várias tabelas onde são atribuídos:

- Valores de luminância (cd/m²) para as classes ME.
- Valores de iluminância (lux) para as restantes classes.
- Existem ainda as subclasses que variam desde o valor 1 (requisitos mais elevados do nível de iluminação) até um valor n (nível mais baixo) que varia de classe para classe.

Para as condições existentes no nosso País, as classes a ter em conta num projeto de IP podem ser simplificadas em três categorias de estradas que irão compreender as classes de iluminação da norma EN 13201-2:2003.

Tabela 3-2-Parâmetros de iluminação para uma situação típica, em cada tipo de estrada [19]

Categorias	Descrição
<p style="text-align: center;">R (Rápido)</p>	<p>Corresponde ao tráfego motorizado de elevada velocidade, ou seja, em estradas nacionais e rurais de ligação a populações, tendo apenas requisitos de luminância (cd/m²)</p> <p>Compreende as seguintes classes definidas na norma EN13201-2:2003:</p> <p style="text-align: center;">[ME1 a ME5]</p>
<p style="text-align: center;">M (Misto)</p>	<p>Corresponde ao tráfego misto, ou seja, comporta tráfego motorizado a baixa e media velocidade bem com a existência de ciclistas e pedestres nessas áreas. Tal como na classe anterior, tem apenas requisitos de luminância (cd/m²)</p> <p>Compreende as seguintes classes definidas na norma EN13201-2:2003:</p> <p style="text-align: center;">[ME2 a ME5]</p>
<p style="text-align: center;">L (Lento)</p>	<p>Corresponde ao tráfego lento, ou seja, para zonas residências e áreas pedonais (jardins e outros espaços públicos) com requisitos somente de iluminância (lux).</p> <p>Compreende as seguintes classes definidas na norma EN13201-2:2003:</p> <p>[CE0 a CE5] [S1 a S6] [ES1 a ES9] [EV1 a EV6] [A1 a A5]</p>

Tabela 3-3- Parâmetros de iluminação para uma situação típica, em cada tipo de estrada [19]

Classe		Parâmetros de iluminação				
Tipo de estrada	Situação típica	Classe EN 13201	Lavg (cd/m ²)	Uo	UI	TI (%)
R	Transito Elevado	ME1	2	0.4	0.7	10
	Velocidade Normal e com trânsito	ME2	1.5	0.4	0.7	10
	Chuva e pouco trânsito	ME3a	1	0.4	0.7	15
	Pouco Transito	ME4a	0.75	0.4	0.6	15
M	Transito Elevado	ME2	1.5	0.4	0.7	10
	Normal	ME3a	1	0.4	0.7	15
	Pouco trânsito	ME4a	0.75	0.4	0.6	15
			Eavg(lux)	Umin	Emin	
L	Transito Elevado	CE2	20	0.4		
	Normal	CE3	15	0.4		
	Pouco Trânsito	CE4	10	0.4		
	Trânsito	S2	10		3	
	Normal	S4	5		1	
	Pouco trânsito	S6	2		0.6	

Facilmente se entende que alterando o sistema de iluminação para um nível de intensidade inferior, mas perfeitamente ajustado à zona em questão, conseguir-se-á obter uma poupança quer ao nível do consumo, quer ao nível da quantidade de luminárias necessárias.

3.3.1- Classe ME

Como já fora referido na Tabela 3.2, a classe ME aplica-se a veículos motorizados em estradas de alta e média velocidade. Para a determinação da classe ME deve-se proceder do seguinte modo:

- Atribuir, apropriadamente, um fator de peso a cada trâmite especificado na Tabela 3.4.
- 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 por vezes é necessário arredondar o valor de “Total” para o número inteiro mais próximo, ou mesmo limitar o intervalo de valores possíveis entre [0 - 5].

Tabela 3-4- Método para a seleção da classe de iluminação ME [19]

Seleção das classes de iluminação - ME			
Parâmetro	Opções	Fator de peso	Seleção
Velocidade	Alta	1	
	Moderada	0	
Volume de tráfego	Muito Elevado	1	
	Alto	0,5	
	Moderada	0	
	Baixa	-0,5	
	Muito Baixo	-1	
Composição do trânsito	Elevada percentagem de não motorizadas	1	
	Misturado	0,5	
	Apenas Motorizados	0	
Separação das Faixas	Não	1	
	Sim	0	
Densidade de cruzamentos	Alta	1	
	Moderada	0	
Veículos Estacionados	Presente	1	
	Não Presente	0	
Luminância Ambiente	Muito Alta	1	
	Alta	0,5	
	Moderada	0	
	Baixa	-0,5	
	Muito Baixa	-1	
Controlo do Trânsito	Fraco	0,5	
	Bom	0	
	Muito Bom	-0,5	
	Total		

Na Tabela 3.3, para utilização do método mais simples mas menos preciso, o índice máximo encontrado para uma classe ME é 4, no entanto, a norma EN 13201 - 2: 2003 define 6 índices possíveis, cujos parâmetros estão indicados na tabela seguinte.

Tabela 3-5-Parâmetros da classe de iluminação ME da norma EN 13201-2:2003 [19]

Classe	Luminância da superfície da estrada			Glare
	Lavg (cd/m ²)	Uo	UI	TI (%)
ME1	2	0,4	0,7	10
ME2	1,5	0,4	0,7	10
ME3a	1	0,4	0,7	15
ME3b	1	0,4	0,6	15
ME3c	1	0,4	0,5	15
ME4a	0,75	0,4	0,6	15
ME4b	0,75	0,4	0,5	15
ME5	0,5	0,35	0,4	15
ME6	0,3	0,35	0,4	15

Além dos seis índices definidos, a norma ainda faz uma ligeira distinção, nível da uniformidade longitudinal (UI), dentro das classes ME3 e ME4. Assim, se ao índice estiver associado à letra minúscula:

a - É permitido um aumento de 5% no valor do TI, quando forem usadas fontes de iluminação com baixa luminância de baixa pressão e fluorescentes tubulares luminância idêntica ou inferior.

b - 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, assim c.

Assim, caso o índice obtido no método da Tabela 3.3 seja 3 ou 4, convencionou-se a utilização dos parâmetros de iluminação da classe ME que possui a letra a associado ao índice, ou seja, ME3a e ME4a respetivamente.

- ❖ Opções Velocidade
 - Moderada ou Reduzida: [0 km/h; 70 km/h];
 - Alta: [70 km/h; 100 km/h];
 - Muito Alta: Superior a 100 km/h.
- ❖ Opções volume de tráfego
 - 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.
- ❖ Opções Luminância Ambiente
 - 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).

3.3.2 - Classe CE

A classe CE aplica-se nas áreas de conflito. Estas ocorrem quando as faixas dos veículos se intersectam ou desembocam em áreas frequentadas por pedestres, ciclistas ou outros utilizadores, como por exemplo:

- 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.

Existem dois critérios de seleção da classe de iluminação para as áreas de conflito. Assim, ou se consideram os níveis de luminância, ou então os de iluminância. [19]

Se o critério escolhido for o da luminância, as áreas de conflito devem ter no mínimo o mesmo nível de iluminação das estradas adjacentes (que dão acesso à área de conflito). O ideal mesmo é que a classe de iluminação da zona de conflito tenha um índice abaixo da classe de iluminação da estrada adjacente.

Tabela 3-6- Classe da área de conflito correspondente à classe da Estrada adjacente, quando a luminância é o critério usado [19].

Classe da Estrada Adjacente	Classe da Área de Conflito
ME1	ME1
ME2	ME1
ME3a	ME2
ME4a	ME3a
ME5	ME4a
ME6	ME5

Por exemplo, se uma estrada de classe ME2 se depara com uma zona de conflito (e.g. rotunda), esta nova zona terá de estar iluminada com os parâmetros de iluminação correspondentes à classe ME1.

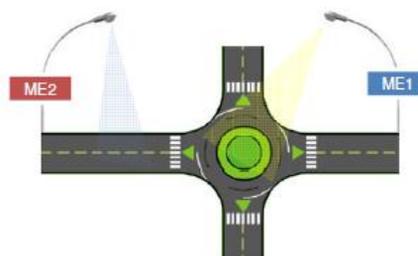


Figura 3.14-Exemplo da mudança de índice da classe de iluminação, numa área de conflito (rotunda), quando o critério é a luminância [19]

Pode-se dar o caso do critério mais adequado, para a determinação da classe de iluminação das áreas de conflito, não ser o uso da luminância. Verifica-se, por exemplo, quando:

- As distâncias de percepção visual são curtas.
- Há necessidade de distinguir bem os contornos.
- A estrada adjacente não é, ou é muito mal iluminada.

Quando assim acontece, o critério a utilizar para a parametrização dos níveis de iluminação do sistema de iluminação pública, é o uso da luminância. Dentro deste critério, encontramos dois procedimentos consoante o nível de iluminação da estrada adjacente à área de conflito.

Para determinar o índice correspondente da classe CE, ou seja:

- Atribuir, apropriadamente, um fator de peso a cada trâmite especificado na Tabela 3.7.
- Somar todos esses fatores selecionados, obtendo um valor “Total”.
- Introduzir esse valor na equação: **Índice (CE) = 6 – Total**, obtendo o índice da classe CE.

Novamente ter-se-á de ter em atenção os valores possíveis do índice, sendo que neste caso poderá ser necessário arredondar o resultado “Total” obtido ao inteiro mais próximo, ou mesmo limitá-lo ao intervalo [1-6].

Tabela 3-7-Método para a seleção da classe de iluminação CE [19]

Seleção das Classes de Iluminação -CE			
Parâmetro	Opções	Fator de Peso	Seleção
Velocidade	Alta	2	
	Moderada	1	
	Baixa	0	
Volume de Tráfego	Muito Elevado		
	Alto		
	Moderada		
	Baixo		
Composição do Trânsito	Muito Baixo		
	Elevada percentagem de não motorizadas	1	
	Misturado	0,5	
	Apenas Motorizados	0	
Separação das Faixas	Não	1	
	Sim	0	
Luminância Ambiente	Muito Alta	1	
	Alta	0,5	
	Moderada	0	
	Baixa	-0,5	
	Muito Baixa	-1	
Controlo de Transito	Fraco	0,5	
	Bom	0	
	Muito Bom	-0,5	
		Total	

Determinado o índice da classe, iluminar-se-á toda a área, considerando parâmetros de iluminação da Tabela 3.8.

Tabela 3-8- Parâmetros da classe de iluminação CE da norma EN 13201-2:2003 [19]

Classe	Iluminância horizontal	
	Eavg (lux)	U0
CE0	50	0,4
CE1	30	0,4
CE2	20	0,4
CE3	15	0,4
CE4	10	0,4
CE5	7,5	0,4

Caso o nível de iluminação da estrada adjacente cumpra os nas normas, surgem dois casos passíveis de análise:

- A estrada adjacente tem como parâmetro a iluminância.
- A estrada adjacente tem como parâmetro a luminância.

No primeiro caso, os níveis de iluminância da área de conflito não poderão ser menores do que os da estrada adjacente.

No segundo caso recorre-se à Tabela 3.9 incluída no relatório CIE 144:2001, onde é feita uma analogia, dos níveis de iluminação, entre as classes ME (cujo parâmetro é a luminância) e as classes CE (cujo parâmetro é a iluminância).

Assim, se a classe da estrada adjacente for ME2, a classe CE equivalente a utilizar é a CE2, logo a classe a utilizar na área de conflito (tendo a iluminância como parâmetro) será a CE1.

Tabela 3-9-Classes ME e CE com um nível de iluminação comparável [19]

Classe de Iluminação		ME1	ME2	ME3a	ME4a	ME5	ME6
Luminância média (cd/m ²)		2	1,5	1	0,75	0,5	0,3
Classe de iluminação	CE0	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5	
Iluminância Média (Lux)	50	30	20	15	10	7,5	

3.3.3 - Classe S

A terceira e última classe de iluminação utilizada na versão simplificada da Tabela 3.3 é a classe S. Esta classe, é peculiar apenas à classe do tipo de estrada L, mais especificamente às zonas exclusivamente pedonais. Tem como critérios:

- Iluminância média (Eavg).
- Iluminância mínima (Emin).

Mais uma vez, o processo de aferição do índice da classe de iluminação S segue a mesma lógica dos anteriores:

- Atribuir, apropriadamente, um fator de peso a cada trâmite especificado na Tabela 5.10
- Somar todos esses fatores selecionados, obtendo um valor “Total”.
- Introduzir esse valor na equação: Índice (S) = 6 - Total, obtendo o índice da classe S.

Ter em atenção que por vezes será necessária a aproximação ao inteiro mais próximo ou a limitação do valor “Total” no intervalo [0 - 5].

Finalmente, utilizar no projeto de iluminação, os valores de E_{med} e E_{min} , indicados na Tabela 3.10, correspondentes à classe S do índice determinado

Tabela 3-10-Método para a seleção da classe de iluminação S [19]

Seleção das Classes de Iluminação -S			
Parâmetro	Opções	Fator de Peso	Seleção
Velocidade	Baixo	1	
	Muito Baixo	0	
Volume de Tráfego	Muito Elevado	1	
	Alto	0,5	
	Moderada	0	
	Baixo	-0,5	
	Muito Baixo	-1	
Composição do Trânsito	Pedestre e tráfego motorizadas	0,5	
	Pedestre, ciclistas	0,5	
	Pedestres	0	
	Ciclistas	0	
Veículos estacionados	Presentes	0,5	
	Não Presentes	0	
Luminância Ambiente	Muito Alta	1	
	Alta	0,5	
	Baixa	-0,5	
	Muito Baixa	-1	
		Total	

Parâmetros da classe de iluminação S da norma EN 13201-2:2003 [19]

Classe	Iluminância Horizontal	
	Eavg (lux)	Emin (lux)
S1	15	5
S2	30	3
S3	7,5	1,5
S4	5	1
S5	3	0,6
S6	2	0,6

Zonas problemáticas em termos de atividade criminal.

Classes A, ES, EV, e quais as situações onde deverão ser tidas em conta.

3.3.4 - Classe A

Tal como a classe S, a classe A é destinada aos pedestres e aos ciclistas e aplica-se a zonas pedonais, vias próprias para bicicletas, caminhadas e outras vias que se encontrem separadas mas ao longo de uma estrada para veículos motorizados. Alguns países preferem recorrer a esta classe do que à classe S.

A diferença é que os parâmetros de iluminação utilizados já não irão ser a iluminância horizontal média e mínima, mas sim a iluminância hemisférica e a sua uniformidade geral (tabela 3.12) [19].

Tabela 3-12-Parâmetros da classe de iluminação A da norma EN 13201-2:2003 [19]

Classe	Iluminância Horizontal	
	Eavg (lux)	Emin (lux)
A1	5	0,15
A2	3	0,15
A3	2\	0,15
A4	1,5	0,15
A5	1	0,15

3.3.5 - Classe ES

A classe ES é uma classe adicional aplicada a zonas pedonais onde o risco de criminalidade é maior. A Tabela 5.13 especifica valores para a iluminância semicilíndrica de modo a criar um ambiente de maior conforto e segurança para as pessoas, potenciando a diminuição da criminalidade.

Tabela 3-13-Parâmetros da classe de iluminação ES da norma EN 13201-2:2003 [19]

Classe	Iluminância Semicilíndrica
	Emin(lux)
ES1	10
ES2	7,5
ES3	5
ES4	3
ES5	2
ES6	1,5
ES7	1
ES8	0,75
ES9	0,5

3.3.6 - Classe EV

A classe EV é igualmente uma classe adicional aplicada a zonas onde se pretenda que haja a possibilidade de reconhecimento claro em superfícies verticais. Poderá ser utilizada em zonas pedonais, bem como em locais específicos das estradas do tipo R e M, da tabela 3.3 nomeadamente em áreas que possuam placas informativas (e.g. bifurcações, rotundas, etc.). O parâmetro utilizado na classe EV é a iluminância mínima do plano vertical, cujos valores estão indicados na Tabela 3.14.

Tabela 3-14-Parâmetros da classe de iluminação EV da norma EN 13201-2:2003 [19]

Classe	Iluminância do plano vertical
	Emin(lux)
EV1	50
EV2	30
EV3	10
EV4	7,5
EV5	5
EV6	0,5

Não obstante o critério utilizado (iluminância ou luminância) é possível estabelecer uma analogia entre os níveis de iluminação das diversas classes de iluminação (Tabela 5.15). Quer a classe ES, quer a classe EV apenas serão aplicadas caso o projetista considere necessário, para a zona em questão.

Tabela 3-15-Correspondência do nível de iluminação das diversas classes [19]

	ME1	ME2	ME3a	ME4a	ME5	ME6		
CE0	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5			
			S1	S2	S3	S4	S5	S6
				A1	A2	A3	A4	A5
ES1	ES2	ES3	ES4	ES5	ES6	ES7	ES8	ES9
EV2	EV3	EV4	EV5	3(lx)	2,5(lx)	1,5(lx)	1(lx)	0,6(lx)

3.3.7 - Classe P

Iluminação de zonas Pedonais e Jardins

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 (E_h), mas também iluminância semicilíndrica (E_{sc}) e a iluminância do plano vertical (E_v)[2].

Tabela 3-16-Parâmetros da classe de iluminação P da norma EN 13201-2:2003[19]

Classes da via	E_h, avg (lux)	Requerimentos adicionais no caso de ser necessário reconhecimento facial			
		E_v, min (lux)	E_h, min (lux)	E_{sc}, min (lux)	Encadeamento perturbador
P1	15	30	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

Determinação da classe P**Tabela 3-17-Método para a seleção da classe de iluminação P[2]**

Seleção das Classes de Iluminação -P			
Parâmetro	Opções	Fator de Peso	Seleção
Velocidade	Baixo	1	
	Muito Baixo	0	
Volume de Tráfego	Muito Elevado	1	
	Alto	0,5	
	Moderada	0	
	Baixo	-0,5	
	Muito Baixo	-1	
Composição do Trânsito	Pedestre, Ciclistas e tráfego motorizadas	2	
	Pedestre e tráfego motorizadas	1	
	Pedestres, Ciclistas	1	
	Pedestres	0	
	Ciclistas	0	
Veículos estacionados	Presentes	0,5	
	Não Presentes	0	
Luminância Ambiente	Muito Alta	1	
	Alta	0,5	
	Moderada	0	
	Baixa	-0,5	
	Muito Baixa	-1	
		Total	

Para determinação da classe P, deve-se proceder do seguinte modo:

- Atribuir um fator de peso a cada trâmite especificado para efeitos de normalização
- Somar todos esses fatores selecionados, obtendo um valor "Total".
- Equação: Índice (P) = 6 - Total, obtendo o índice da classe P.

❖ **Opções para a velocidade**

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

❖ **Opções para o volume de tráfego**

- 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;

❖ **Opções para a luminância ambiente**

- 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);

3.4-Gestão do Processo de Manutenção de IP

A operação e manutenção da iluminação pública é um enorme desafio, devido ao vasto número de componentes inseridos num sistema. Todos os sistemas de iluminação irão deteriorar-se progressivamente a partir do instante inicial de funcionamento. Esta diminuição do desempenho é o resultado da:

- Acumulação de poeiras e lixo em todas as superfícies expostas das fontes de luz e/ou das luminárias.
- Diminuição do fluxo luminoso da fonte de luz.
- Fontes de luz avariadas.
- Idade dos componentes.
- Complexidade dos sistemas.

Como a diminuição da intensidade luminosa do sistema é gradual, poder-se-á não notar imediatamente o seu efeito, decaindo mesmo para valores muito baixos se nenhum tipo de manutenção for efetuado, causando sérios problemas. Uma manutenção regular é, então, extremamente importante para manter a eficiência de uma instalação, assegurando uma aparência satisfatória e segurança para os utilizadores. No entanto, este tipo de manutenção tem custos elevados.

Existem vários fatores de depreciação de uma rede de IP que reduzem o seu nível de iluminação. Estes agrupam-se em dois grupos:

- Depreciação não recuperável.
- Depreciação recuperável.

Os fatores não recuperáveis, como por exemplo o envelhecimento, são inerentes à instalação e ao seu meio ambiente, não sendo possível melhorá-los (pelo menos de modo economicamente viável) com a manutenção efetuada.

Os fatores recuperáveis podem ser melhorados através de uma manutenção de rotina. Uma vez que a manutenção de rotina se tem revelado técnica e economicamente inoportável, o projetista deverá ter o cuidado, na fase da escolha da luminária, de selecionar elevados índices do índice de proteção (IP). A escolha dos materiais, nomeadamente do difusor, também é muito importante, de modo a reduzir os efeitos de envelhecimento dos materiais.

3.4.1 - LLMF (Fator de Manutenção do Fluxo Luminoso)

O fluxo luminoso decresce ao longo do tempo. A taxa exata irá depender do tipo de fonte de luz e do balastro. As perdas devidas a este efeito podem ser reduzidas através de substituições da fonte de luz mais frequentes, efetuando, por exemplo, substituição de grupos.

A Tabela 3.18 mostra alguns exemplos típicos deste fator de manutenção, sendo que é muito importante obter dados atualizados dos fabricantes de equipamentos de IP para estimar o LLMF e o programa de manutenção a aplicar, particularmente quando se usa um novo tipo de tecnologias (nomeadamente os LED's).

Tabela 3-18-Valores de LLMF para os vários tipos de lâmpadas [2]

Fonte de luz	Tempo de Operação (mil horas)				
	4	6	8	10	12
Vapor de Sódio de alta pressão	0,98	0,97	0,94	0,91	0,90
Halogenetos metálicos	0,82	0,78	0,76	0,74	0,73
Vapor de Sódio de Baixa pressão	0,98	0,96	0,93	0,90	0,87
CFL	0,91	0,88	0,86	0,85	0,95
LED	-	-	-	-	0,95

No caso da tecnologia LED dever-se-á considerar um LLMF de 0,7 para um tempo de operação de 65 000 horas. Para 12 mil horas, o estado-da-arte indica 0,95 para os LED's.

3.4.2 - LSF (Fator de Sobrevivência da Lâmpada)

O fator de sobrevivência da lâmpada/fonte de luz (LSF) é a probabilidade das fontes de luz continuarem operacionais durante um determinado período de tempo. A taxa de sobrevivência depende do:

Tipo de fonte de luz.

- Potência.
- Frequência de comutação.
- Balastro/Driver.

A Tabela 3.19 mostra essa mesma probabilidade ao longo do tempo (até 12 000 horas), este fator é importante uma vez que as fontes de luz fundidas causam redução dos níveis de iluminância e da uniformidade de iluminação.

Tabela 3-19-Valores de LLMF para os vários tipos de lâmpadas [2]

Fonte de luz	Tempo de Operação (mil horas)				
	4	6	8	10	12
Vapor de Sódio de alta pressão	0,98	0,96	0,94	0,92	0,89
Halogenetos metálicos	0,98	0,97	0,94	0,92	0,88
Vapor de Sódio de Baixa pressão	0,92	0,86	0,80	0,76	0,62
CFL	0,98	0,94	0,90	0,78	0,50
LED	-	-	-	-	0,95

3.4.3 - LMF (Fator de Manutenção da Luminária)

Na análise da depreciação de um sistema é importante ser capaz de reconhecer o tipo e a quantidade de sujidade existente no ar, de modo a avaliar convenientemente o tipo de luminária a utilizar, bem como os requisitos de limpeza. Por exemplo, a quantidade de sujidade no centro de uma cidade industrial é bastante superior à encontrada numa vila rural. Assim como o tipo de detritos existentes, o pó seco de uma pedreira é muito diferente do lixo criado pelos insetos numa estrada rural.

É esta sujidade que se estabelece nas fontes de luz e luminárias que irá causar a maior quantidade de perda de intensidade luminosa. Esta depende da[24]:

- Natureza e densidade dos detritos.
- Design da luminária.
- Tipo de fonte de luz.
- Materiais utilizados na luminária.

- Índices de proteção.
- Sistema de autolimpeza da luminária.

Tabela 3-20-Valores de LMF [2]

	Nível de Poluição	Tempo de Operação (mil horas)		
		4	8	12
IP 55 Difusor de Plástico	Baixo	0,92	0,80	0,71
	Alto	0,87	0,71	0,61
IP 65 Difusor de Plástico	Baixo	0,95	0,84	0,76
	Alto	0,89	0,76	0,66
IP 65 Difusor de Vidro	Baixo	0,97	0,90	0,82
	Alto	0,94	0,84	0,76
IP 66 Difusor de Plástico	Baixo	0,95	0,87	0,81
	Alto	-	0,81	0,74
IP 66 Difusor de Vidro	Baixo	0,97	0,93	0,88
	Alto	-	0,88	0,83

3.4.4 - Fator de Manutenção

No cálculo dos parâmetros de iluminação de qualquer projeto de IP é necessário incluir um fator de manutenção, que tenha em conta a degradação das condições iniciais do sistema ao longo do tempo. Através do cálculo do fator de manutenção, e tendo em conta a calendarização da manutenção proposta, é possível prever a variação dos níveis de iluminância/luminância ao longo do tempo. O fator de manutenção pode ser determinado através de 5 passos [2]:

Selecionar a fonte de luz e luminária a aplicar.

Determinar o intervalo de substituições em grupo das fontes de luz, consoante a sua utilização anual.

Obter o LLMF (consultar Tabela 3.16).

Obter o LSF (consultar Tabela 3.17).

Analisar as luminárias escolhidas quanto ao índice de proteção, categoria da poluição ambiente e intervalo de limpeza, obtendo o LMF (consultar Tabela 5.18).

Calcular o fator de manutenção como o produto destes fatores:

$$FM = LLMF \times LSF \times LMF \quad (3.11)$$

Em fase de projeto, para lâmpadas de descarga e respetivas luminárias, deverão ser considerados os valores máximos conhecidos para os tempos de exposição e operação (12.000h). Para as restantes fontes de luz, e de modo a manter a uniformidade da análise, deverão ser consideradas as mesmas 12.000h.

Capítulo 4

Cadastramento da rede de Iluminação Pública de Matosinhos

Na sequência de um plano ornamental sobre a cidade de Matosinhos é essencial fazer um apanhado sobre o material que se encontra instalado ao longo do concelho, mais particularmente as luminárias presentes na rede. Este levantamento não satisfaz as alterações pontuais de substituição exercidas pela entidade que está encarregue da manutenção da rede de iluminação pública.

Sendo assim, importa referir que a divisão será feita pelas dez freguesias que Matosinhos dispõe, mais concretamente através de cada rua num total de 1403 ruas/avenidas/travessas/lugares estudados.



Figura 4.1-Freguesias do Município de Matosinhos

As luminárias instaladas ao longo do município têm a manutenção a cargo de duas entidades distintas, a EDP e a própria câmara. De seguida apresentamos as responsáveis de cada modelo encontrado no levantamento efetuado.

Os modelos de luminárias instaladas no município e que estão a cargo da manutenção da EDP são:

- | | | |
|-----------|-----------|-----------|
| ❖ Z1 | ❖ Cripton | ❖ IJB |
| ❖ Z2 | ❖ Gema | ❖ Saturno |
| ❖ Sintra | ❖ Ródio | ❖ AX1 |
| ❖ Iva | ❖ Opalo | ❖ Image |
| ❖ Paralux | ❖ Ax2 | |
| ❖ Globo | | |

Os modelos de luminárias instaladas no município e que estão a cargo da manutenção da Câmara são:

- | | | |
|-----------------|-----------|---------------|
| ❖ Os projetores | ❖ Mc | ❖ Iguzzini |
| ❖ Mc2 | ❖ Ivh | ❖ Cpc |
| ❖ Onyx | ❖ Tenesse | ❖ Siza Vieira |
| ❖ Alura | ❖ Douro | |



Figura 4.2-Freguesia de Matosinhos

Na sede do concelho a rede de Iluminação Pública apresenta a seguinte distribuição de luminárias:

Modelo	Onyx
Marca	Schröder
	

Figura 4.3- Luminária Onyx

- Av. Vila Garcia de Arosa
- 1ª de Maio
- Rua do Godinho
- Rua França Júnior
- Rua de Goa
- Rua das Misericórdias
- Praça dos Pescadores
- Rua da Silva Cunha
- Av. Eduardo Pacheco
- Av. Comercio de Leixões
- Rua Vitorino Falcão
- Rua Raul Brandão
- Av. D. Maria II

Modelo	Z2
Marca	Schröder
	

Figura 4.4- Luminária Z2

- Av. Marginal
- Rua Dr. Edison Magalhães
- Trav. da Seara
- Praceta António Carneiro
- Rua de S. Pedro
- Rua Tomas Ribeiro
- Rua Brito e Cunha

Modelo	Mc2
Marca	Schröder
	

Figura 4.5- Luminária Mc2

- Av. Comendador Ferreira de Matos
- Rua Conselheiro Costa Braga
- Rua Dr. Afonso Cordeiro
- Rua de Damão
- Rua Augusto Gomes
- A 28
- Av. Meneres
- Trav. da Cruz de Pau

- Rua Dr. José Lúcio
- Rua Afonso Faria
- Rua António Teixeira de Melo
- Av. Serpa Pinto

Modelo	Sintra
Marca	Schröder
	

Figura 4.6- Luminária Sintra

- Alameda Eugénio de Andrade
- Rua Guilherme Felgueiras
- Rua de Santiago
- Rua da Cruz de Pau
- Rua da Quinta Seca
- Rua Ribeiro dos Santos
- Rua do Estádio
- Rua de St^a Helena
- Rua Ribeiro dos Santos
- Rua do Bombeiro Voluntario
- Rua de St^o Agostinho
- Rua de St^a Luzia
- Rua de S. Marçal
- Rua João Guedes
- Rua Nossa Senhora da Guia
- Rua Nova do Estádio
- Trav. Fundo de Vila
- Rua Fundo de Vila
- Rua do Convento
- Rua António Carneiro
- Rua Firmino Oliveira Gomes
- Bairro dos Pescadores
- Rua Guilhermina Suggia
- Rua Conde São Salvador
- Rua de S. Sebastião
- Rua do Sul
- Rua Heróis de França
- Rua D. João 1^o
- Rua Ló Ferreira
- Av. Da Republica
- Rua Guilherme Felgueiras

Modelo	Z2	Desconhecida	MC2
Marca	Schröder	Schröder	Schröder
			

Figura 4.7- Luminárias Z2 e Mc2

- Rua Dr. Sousa Aroso

Modelo	Desconhecido
Marca	
	

Figura 4.8- Luminária (desconhecido)

- Av. De Afonso Henriques

Modelo	Image	Desconhecida	MC2
Marca	Schröder	Schröder	Schröder
			

Figura 4.9- Luminárias Image e Mc2

- Rua 1º de Dezembro

Modelo	Image	Desconhecida
Marca	Schröder	
		 

Figura 4.10- Luminária Image e restantes focos

- Jardim Basílio Teles

Modelo	Alura	Desconhecida	Desconhecida
Marca	Schröder	Schröder	
			

Figura 4.11- Luminária Alura

- Jardim Basílio Teles

Modelo	CMM Soutinho	Desconhecida
Marca	Serralharias	
		

Figura 4.12- Luminária CMM Soutinho

- Jardim Basílio Teles

Modelo	MC3	Onyx	MC2
Marca	Schröder	Schröder	Schröder
			

Figura 4.13- Luminária(s) Mc3, Onyx e Mc2

- Rua Mouzinho de Albuquerque

Modelo	Cpc
Marca	Philips
	

Figura 4.14- Luminária Cpc

- Rua Alvares Castelões
- Rua Roberto Ivens
- Trav. Comendador Teixeira
- Rua Comendador Camacho Teixeira

Modelo	Z2	Onyx
Marca	Schröder	Schröder
		

Figura 4.15- Luminárias Z2 e Onyx

- Rua Bernardo Santareno
- Rua Alfredo Cunha
- Rua Ló Ferreira

Modelo	Alura	Iva
Marca	Schröder	Indal
		

Figura 4.16- Luminárias Alura e Iva

- Trav. D Nuno Alvares Pereira
- Rua das Austrálias

Modelo	Alura	Onyx
Marca	Schröder	Schröder
		

Figura 4.17- Luminárias Alura e Onyx

- Trav. Vitorino Falcão
- Trav. da Vilarinha
- Rua Florbela Espanca
- Rua D. Nuno Alvares Pereira
- Av. De Afonso Henriques

Modelo	Globo Fumado
Marca	Varias marcas
	

Figura 4.18- Luminária Globo Fumado

- Bairro da Seara
- Rua António Aleixo
- Rua Avelino Casebre
- Praceta António Sérgio
- Rua de Monserrate
- Praceta de Monserrate
- Bairro de Monserrate
- Rua de Manhufe
- Rua Conde Alto Meirim

Modelo	Globo
Marca	Varias marcas
	

Figura 4.19- Luminária Globo

- Bairro da Seara

- Parque da Camara

Modelo	MC
Marca	Schröder
	

Figura 4.20- Luminária MC

- Rua de São Roque
- Trav. de São Roque

- Vila Deolinda
- Rua Real de Baixo

Modelo	Iva
Marca	Indalux
	

Figura 4.21- Luminária Iva

- Rua da Seara
- Trav. França Júnior
- Trav. dos Loureiros

- Trav. Brito Capelo
- Rua Edmundo Alves Pereira
- Rua Carlos de Carvalho

Modelo	Desconhecido
Marca	
	

Figura 4.22- Luminária (modelo desconhecido)

- Rua do Pombal
- Rua de Castelãs Vieira

- Trav. Dr. Forbes Bessa
- Largo do Ribeirinho

Modelo	Saturno 3s
Marca	Schröder
	

Figura 4.23- Luminária Saturno 3s

- Parque de Estacionamento da Piscina
- Bairro dos Pescadores
- Bairro de Carcavelos

Modelo	Foz	Globo	Mnf
Marca	Soneres	Soneres	Philips
			

Figura 4.24- Luminárias Foz, Globo, Mnf

- Adro da Igreja de Matosinhos

Modelo	Desconhecido
Marca	Iguzzini
	

Figura 4.25- Luminária Iguzzini

- Rua José Ventura
- Rua do Pombal
- Trav. Da Fonte
- Rua do Ribeirinho

Modelo	Cpc	Image
Marca	Philips	Schröder
		

Figura 4.26- Luminárias Cpc e Image

- Rua Conde Alto Meirim
- Rua Dr. Filipe Coelho
- Trav. Alvares Castelões
- Rua dos Loureiros
- Rua Forbes Bessa
- Rua do Godinho

Modelo	CMM Soutinho
Marca	Serrilharia
	

Figura 4.27- Luminária CMM Soutinho

- Envolvente á Camara
- Rua de Diu

Modelo		Ródio
Marca		Soneres
		

Figura 4.28- Luminária Ródio

- Bairro dos Pescadores Bloco N
- Rua do Mar da Cartola
- Rua do Mar Novo
- Rua Bouças de Cima
- Trav. das Bouças de Cima
- Trav. das Bouças

Modelo		Aramis
Marca		Schröder
		

Figura 4.29- Luminária Aramis

- Tribunal de Matosinhos

Modelo		
Marca		Philips
		

Figura 4.30- Luminária Philips

- Bombeiros de Leixões
- Rancho Folclórico dos Pescadores

Modelo		Crc
Marca		Philips
		

Figura 4.31- Luminária Crc

- Praceta de José Ferreira Neto

Modelo	Focal
Marca	Schröder
	

Figura 4.32- Luminária Focal

- Senhor do Padrão

Modelo	Snf
Marca	Philips
	

Figura 4.33- Luminária Snf

- Av. Marginal de Matosinhos

Modelo	Calypso Maxi	Calypso Mini	Image
Marca	Schröder	Schröder	Schröder
			

Figura 4.34- Luminárias Calypso Maxi, Calypso Mini e Image

- Rua de Brito Capelo

Capítulo 5

Plano Diretor da Iluminação Pública do Município de Matosinhos

O principal objetivo de um plano diretor de iluminação pública é apontar diretrizes para as intervenções na cidade, sendo elas de ampliação ou renovação, atendendo a parâmetros de qualidade técnica da luz, cumprindo com as necessidades básicas de iluminar de maneira eficiente com baixo consumo energético e com qualidade estética para promover a cidade, revelando as suas qualidades arquitetônicas e urbanísticas, simultaneamente promovendo o lema de poder viver a cidade.



Figura 5.1-Praça da Cidade do Salvador

5.1-Parâmetros de Implementação do Plano Diretor

Os planos diretores de iluminação pública devem ter os seus conceitos abrangentes e articulados de maneira a que complementem as diretrizes do Plano Diretor Urbanístico da cidade, sem deixar de atender às vocações culturais, arquitetónicas e urbanísticas de cada cidade.

Entre os principais critérios a serem avaliados na elaboração de PDMIP, há que referir os seguintes índices:

- Análise das zonas urbanas - nesta análise identificam-se as principais zonas urbanas da cidade com os seus respetivos usos e ocupações predominantes, juntamente com as suas características individuais. Desta forma, podem ser construídas as classificações e subclassificações para cada via;
- Mobilidade Urbana Noturna - compreende a análise dos principais traçados urbanos utilizados para o deslocamento nos seus diversos níveis: pedonal, ciclistas e veículos motorizados;
- Índices de Criminalidade - a obtenção destes dados determinam quais as vias ou regiões específicas que necessitam de maiores cuidados ao dimensionar a quantidade de pontos de iluminação e seus respetivos níveis de iluminância;
- Atrações visuais - são os monumentos, edifícios e outras estruturas que compõem a memória coletiva da cidade. A identificação destes é importante, pois podem trazer as mesmas referências diurnas para o período noturno, alargando o período em que se pode desfrutar da cidade;
- Pontos Históricos e Turísticos - estes devem ser diagnosticados, pois tratam-se de zona de uso especial capazes de gerar grande concentração de pessoas e, por isso, tratam-se de áreas de potencial económico que merecem ser evidenciadas.



Figura 5.2-Marginal de Matosinhos à noite

5.2-Parâmetros das soluções luminotécnicas

No Plano diretor de iluminação pública os parâmetros de aplicação da luz vão além da simples função correspondente à sinalização e à circulação de peões e automóveis. Os parâmetros das soluções luminotécnicas serão definidos a partir da interpretação dos resultados obtidos pelo levantamento da topologia da cidade de Matosinhos.

- Iluminância- onde podem ser definidos mínimos do nível de iluminância para cada região, via ou uso específico.
- Distribuição das Luminâncias- Neste define-se a distância entre luminárias, o tipo e altura do poste, onde o principal objetivo é garantir a uniformidade da iluminação e também garantir a compatibilidade entre as luminárias e as árvores.
- Aspetos das cores- De acordo com a atividade ou área a ser iluminada (via, parques ou praças) a temperatura e índice de reprodução de cor, têm necessidades diferentes. Em praças e parques ou áreas com grande concentração de pessoas, é importante proporcionar conforto e aparência visual, desta forma a temperatura e o índice de reprodução de cor são pontos fundamentais nos projetos.
- Modelo a seguir -Importante para a iluminação de monumentos e edifícios, onde o objetivo desta iluminação é reforçar as características artísticas e arquitetónicas, dando prioridade à tridimensionalidade destes.

- Poluição luminosa - Este tem por fim criar limites para os principais problemas da iluminação. Encandeamento, emissão luminosa não controlada, são factores que levam, como prioridade, a adoção de equipamentos com maior controlo luminoso.
- Efeitos nas atividades humanas - De acordo com a atividade existente em cada localidade podem ser estudados níveis de iluminação que, estimulem alguma atividade (económica, turística ou recreativa) ou inibam atividades criminosas (assaltos, prostituição, etc.).

5.3-Diretrizes municipais de Matosinhos para a IP

A rede elétrica de Matosinhos possui um total de 641 postos de transformação, 5 subestações, dispersos por 893 km em BTN/BTE, 438 km em de MT e 54 km em AT. Contando com 92884 clientes em BTN,560 em BTE, 214 em MT e 2 clientes de AT. A iluminação pública conta com 26120 luminárias das quais o cadastro foi apresentado no capítulo anterior, de referir que a manutenção das mesmas está a cargo, quer da EDP, quer da Câmara dependente do modelo em causa. A EDP assegura a trocas em caso de avaria dos seus modelos standard ficando as restantes a cargo da própria entidade camararia.

O horário de funcionamento da iluminação pública na sua maioria é regida por interruptores crepusculares colocados na saída de cada PT. Em caso de não existência o horário da mesma varia por ajuste de acordo com a estação do ano. No Inverno cerca de 12h quando no verão este horário é reduzido para 8 horas.

As luminárias instaladas são na sua maioria, luminárias de vapor de sódio com mais de 10 anos, apresentando a maioria potencias de 100, 150 e 250 W.



Figura 5.3- Logótipo da Câmara Municipal de Matosinhos

5.3.1-Classificação das vias

“Aquilo que vemos depende não somente da qualidade física da luz ou da cor presente, mas também do estado de nossos olhos na hora da visão e da quantidade de experiência visual da qual temos de lançar mão para nos ajudar em nosso julgamento... Aquilo que vemos depende não só da imagem que é focada na retina, mas da mente que a interpreta” Hopkinson



Figura 5.4-Câmara Municipal de Matosinhos

O presente plano diretor pretende diferenciar as vias de trânsito de acordo com as suas necessidades, separando-as em vias principais, vias secundárias, vias pedonais e vias de comércio.

Separadamente os monumentos, parques e jardins, edifícios públicos e edifícios históricos merecem também atenção devido às suas características particulares no que diz respeito à sua iluminação.

A classificação das vias foi feita tendo em conta os parâmetros das classes de iluminação apresentados no capítulo 3. De seguida é apresentado o mapa com a divisão das mesmas depois do estudo de tráfego que cada via sustenta, não só automóvel mas também de peões ou ciclistas. A separação visa adaptar a cada via índices luminosos capazes de retirar de cada lugar o seu melhor proveito mesmo em período noturno.

Classificação das Ruas:

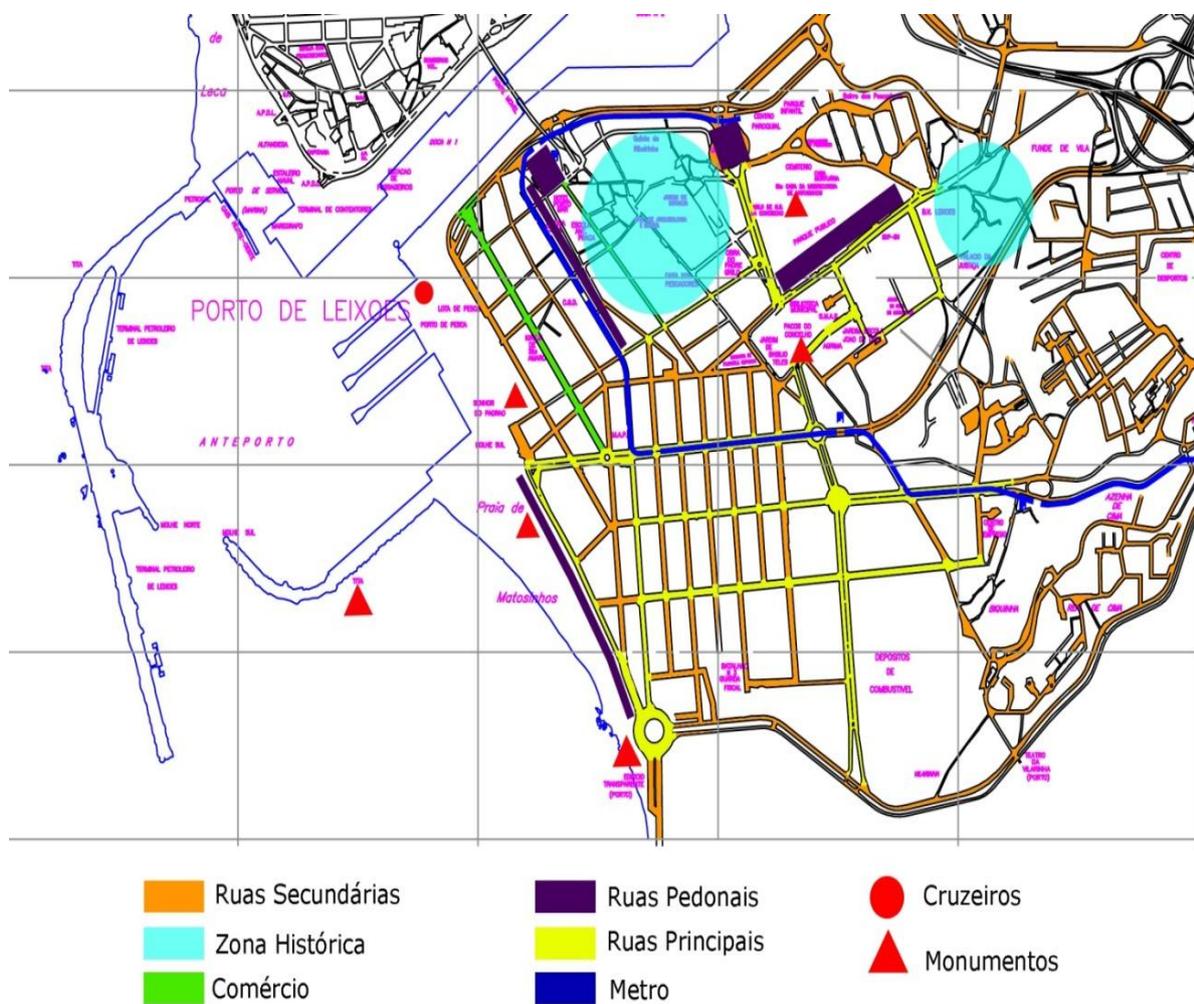


Figura 5.5-Classificação viária

O aspeto luminoso da cidade de Matosinhos, num cenário ideal, teria a divisão segundo as suas especificidades arquitetónicas e urbanísticas, usando a iluminação de modo a contemplar indistintamente as artérias principais das secundárias. A construção de um património emocional e simbólico da cidade por meio da luz é extensivo a todos e visa conseguir através de diferentes níveis de iluminância a perceção de circulação numa cidade organizada e atribuir diferentes sensações de conforto próprio do sítio específico onde se está, em concordância com o que se pretende de cada localização.

De acordo com as características da cidade, a divisão foi efetuada visando separar as ruas principais das secundárias através do seu tráfego automóvel. Tendo objetivos concretos como conseguir direcionar possíveis consumidores para junto das ruas comerciais de Serpa Pinto e da Rua de Álvaro Castelões através de um conforto luminoso capaz de incentivar o consumo ou mesmo potenciar possíveis passeios e caminhadas junto à marginal e da imponente Brito Capelo por parte de turistas e famílias do nosso município. Às zonas mais antigas da cidade, consideradas zonas históricas e onde surgiu a cidade de Matosinhos, foi dada especial importância, realçada através da iluminação arquitetónica adequada destinada a atrair potenciais visitantes para junto dos monumentos dispersos pela cidade, juntamente com a possibilidade de visitar os imponentes cruzeiros que se pretende que se tornem um local de visita obrigatória para quem visita a zona da lota ou mesmo o porto de Leixões, pois estes encontram-se diariamente ali atacadados.

Idealmente, numa viagem que sobrevoasse o Município facilmente se poderia constatar a divisão apresentada, de acordo com os seguintes valores luminotécnicos resultantes da aplicação da fórmula de cálculo generalizada para cada tipo de via, ou seja:

Vias principais:

Tabela 5-1-Classificação vias principais

Seleção das classes de iluminação - ME			
Parâmetro	Opções	Fator de peso	Seleção
Velocidade	Alta	1	
	Moderada	0	X
Volume de tráfego	Muito Elevado	1	
	Alto	0,5	X
	Moderada	0	
	Baixa	-0,5	
	Muito Baixo	-1	
Composição do trânsito	Elevada percentagem de não motorizadas	1	
	Misturado	0,5	X
	Apenas Motorizados	0	
Separação das Faixas	Não	1	X
	Sim	0	
Densidade de cruzamentos	Alta	1	X
	Moderada	0	
Veículos Estacionados	Presente	1	X
	Não Presente	0	
Luminância Ambiente	Muito Alta	1	
	Alta	0,5	
	Moderada	0	X
	Baixa	-0,5	
	Muito Baixa	-1	
Controlo do Trânsito	Fraco	0,5	
	Bom	0	X
	Muito Bom	-0,5	
Total			4

Índice (ME) = 6 – 4 = ME2

Tabela 5-2-Classe ME2

Classe EN	Lavg (cd/m ²)	Uo	UI	TI (%)
ME2	1.5	0.4	0.7	10

Vias Secundárias:

Tabela 5-3-Classificação vias secundárias

Seleção das classes de iluminação - ME			
Parâmetro	Opções	Fator de peso	Seleção
Velocidade	Alta	1	
	Moderada	0	X
Volume de tráfego	Muito Elevado	1	
	Alto	0,5	
	Moderada	0	X
	Baixa	-0,5	
	Muito Baixo	-1	
Composição do trânsito	Elevada percentagem de não motorizadas	1	
	Misturado	0,5	
	Apenas Motorizados	0	X
Separação das Faixas	Não	1	X
	Sim	0	
Densidade de cruzamentos	Alta	1	X
	Moderada	0	
Veículos Estacionados	Presente	1	X
	Não Presente	0	
Luminância Ambiente	Muito Alta	1	
	Alta	0,5	
	Moderada	0	X
	Baixa	-0,5	
	Muito Baixa	-1	
Controlo do Trânsito	Fraco	0,5	
	Bom	0	X
	Muito Bom	-0,5	
		Total	3

Índice (ME) = 6 – 3 = ME3

- a) É permitido um aumento de 5% no valor do TI, quando forem usadas fontes de iluminação com baixa luminância de baixa pressão e fluorescentes tubulares de luminância idêntica ou inferior;

Tabela 5-4-Classe ME3a

Classe EN	Lavg (cd/m ²)	Uo	UI	TI (%)
ME3a	1	0.4	0.7	15

Vias Comerciais:**Tabela 5-5-Classificação vias comerciais**

Seleção das classes de iluminação - ME			
Parâmetro	Opções	Fator de peso	Seleção
Velocidade	Alta	1	
	Moderada	0	X
Volume de tráfego	Muito Elevado	1	
	Alto	0,5	X
	Moderada	0	
	Baixa	-0,5	
	Muito Baixo	-1	
Composição do trânsito	Elevada percentagem de não motorizadas	1	
	Misturado	0,5	
	Apenas Motorizados	0	X
Separação das Faixas	Não	1	X
	Sim	0	
Densidade de cruzamentos	Alta	1	
	Moderada	0	X
Veículos Estacionados	Presente	1	X
	Não Presente	0	
Luminância Ambiente	Muito Alta	1	
	Alta	0,5	X
	Moderada	0	
	Baixa	-0,5	
	Muito Baixa	-1	
Controlo do Trânsito	Fraco	0,5	
	Bom	0	X
	Muito Bom	-0,5	
Total			3

b) 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;

Índice (ME) = 6 – 3 = Me3b

Tabela 5-6-Classe Me3b

Classe EN	Lavg (cd/m ²)	Uo	UI	TI (%)
Me3b	1	0,4	0,6	15

Vias Pedonais:

Tabela 5-7-Classificação vias pedonais

Seleção das Classes de Iluminação -P			
Parâmetro	Opções	Fator de Peso	Seleção
Velocidade	Baixo	1	x
	Muito Baixo	0	
Volume de Tráfego	Muito Elevado	1	
	Alto	0,5	x
	Moderada	0	
	Baixo	-0,5	
Composição do Trânsito	Muito Baixo	-1	
	Pedestre, Ciclistas e tráfego motorizadas	2	
	Pedestre e tráfego motorizadas	1	
	Pedestres, Ciclistas	1	x
	Pedestres	0	
Veículos estacionados	Ciclistas	0	
	Presentes	0,5	x
Luminância Ambiente	Não Presentes	0	
	Muito Alta	1	x
	Alta	0,5	
	Moderada	0	
	Baixa	-0,5	
	Muito Baixa	-1	
	Total		4

Índice (P) = 6 – 4 = P2

Tabela 5-8-Classe P2

Classes EN	Eh,avg (lux)	Ev,min(lux)	Eh,min(lux)	Esc,min(lux)	Encadeamento perturbador
P2	10,0	2,0	3,0	2,0	25

Em anexo segue um mapa idêntico ao da figura 5.5, mas com a identificação das ruas e avenidas de modo a que se possa perceber melhor a divisão efetuada.

5.3.3-Norma de substituição

Depois de conhecer a topologia das ruas tornou-se essencial numa primeira fase a identificação, não só dos pontos com maior consumo, mas também das instalações com maior potencial de poupança. Contam-se entre estas, tipicamente instalações com lâmpadas de grande potência, luminárias claramente ineficientes, danificadas ou obsoletas, instalações com níveis de iluminância excessivos ou desadequados em relação ao seu uso.

Em função do conhecimento prévio e geral da rede de IP do Concelho, tendo como prioritário propor uma intervenção que maximize a redução do consumo elétrico efetivo com o mínimo de investimento possível, propõe-se por centrar a intervenção nos grupos de luminárias com maior consumo entendendo-se como mais apropriadas as seguintes intervenções:

- Troca da placa de acessórios convencional, com balastro ferromagnético, condensador e ignitor, por uma nova placa equipada com balastro eletrónico com redução de fluxo, mantendo-se a lâmpada existente, em luminárias em bom estado, eficientes e com menos de 10 anos de idade;
 - Troca integral de luminária com mais de 10 anos ou ineficiente por luminária nova equipada com LEDS, com sistema de redução de fluxo;
 - Troca integral de luminária com mais de 10 anos ou ineficiente por luminária nova equipada com balastro eletrónico com redução de fluxo;
1. Os balastos eletrónicos são equipamentos que substituem o tradicional conjunto de balastro, ignitor e condensador associado às lâmpadas de descarga usadas atualmente. Apresentam como primeira vantagem o rendimento elevado, do qual resultam perdas menores, a maximização do tempo de vida da lâmpada, por via do melhor controlo e estabilização da alimentação da lâmpada. Outra vantagem importante é a possibilidade de incorporarem inteligência que permita a regulação autónoma do fluxo luminoso da lâmpada em horários de menor movimento nas ruas, com a conseqüente redução de consumo.
 2. As luminárias LED a instalar deverão apresentar rendimento luminoso elevado com distribuição fotométrica apropriada. Deverão evidenciar ter sido alvo de cuidadoso estudo térmico e permitirem a atualização no local do bloco de LEDS por outros mais eficientes que venham a surgir ao longo da sua vida. Terão obrigatoriamente construção integral em alumínio, IP66 e difusor em vidro no caso das luminárias para

iluminação viária, admitindo-se policarbonato estabilizado aos UV apenas no caso de luminárias de jardim.

3. No caso da troca por luminárias mais eficientes, a constante evolução da tecnologia empregue na iluminação pública aconselha o uso de luminárias com construção robusta, durável, mas ao mesmo tempo eficiente. Nesse sentido entendemos que, para eixos viários principais, é tido como ideal a instalação de aparelhos com construção em alumínio, com grau de proteção IP66 e bloco ótico selado, constituído por refletor de alta eficiência e difusor de vidro temperado de elevada transmitância ou de metacrilato estabilizado, conforme as situações em apreço. Só assim se garantirá a eficiência pretendida, bem como a constância dos resultados ao longo do seu tempo de vida

Uma vez recolhida esta informação procedeu-se à pesquisa das soluções tecnológicas passíveis de uso em cada situação particular, tendo-se escolhido criteriosamente a que melhor cumpriu os objetivos desta intervenção.

Desta escolha resultou o estudo que se apresenta, que expõe com clareza as poupanças esperadas com cada intervenção, bem como o investimento necessário para a sua implementação, calculando-se assim o tempo de retorno esperado para o investimento.

Importa referir as especificações em que assenta a proposta de alteração:

- Tarifa de energia da IP de 2011, ou seja 0,1027€/KWh;
- Tempo de funcionamento anual da IP de 4380h;
- Tempo de funcionamento em regime reduzido de 2190h (quando aplicável);
- Regime reduzido com 50% da potência (quando aplicável);

5.3.3.1-Vias de trânsito (Principal)

No caso de luminárias das vias principais com mais de 10 anos, ineficientes, equipadas com lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão, propõe-se a sua substituição integral por novas luminárias da gama Teceo que apresentam performances fotométricas otimizadas com um custo mínimo, conseguindo os níveis de iluminação e gerar poupanças de energia e reduzir a sua pegada ecológica. A Teceo 1 para até 32 LEDs,700 mA, com geração LensoFlex2®, motor fotométrico que oferece fotometria de elevado desempenho otimizada para cada aplicação específica, com consumo mínimo de energia. A Teceo está equipada com

módulos LED flexíveis com a possibilidade de utilização de sistemas de variação de fluxo (dimming). Tecnologia da Schröder ou equivalente.

- Cor: AKZO 150 cinza claro
- IP 66
- Potência 75 W



Figura 5.6-Luminaria Teceo

5.3.3.2-Vias de trânsito (secundárias)

No caso das vias classificadas como secundárias, em caso de substituição, a tecnologia escolhida são projetores Neos de 16 LED, que combinam a eficiência energética da tecnologia LED com as performances fotométricas do conceito LensoFlex. O projetor é composto por um corpo de duas peças em liga de alumínio injetado galvanizado. O difusor em vidro temperado é selado na tampa através de junta de silicone. O motor fotométrico possui um dissipador térmico que assegura uma perfeita dissipação do calor e a proteção dos componentes eletrônicos. O garfo de fixação possui um disco graduado que permite a regulação precisa da orientação no local. Tecnologia da Schröder ou equivalente.

- Cor: AKZO 900 cinzento areado
- IP 66
- Potência 40 W



Figura 5.7-Luminária Neos led

5.3.3.3-Ruas Comerciais:

No caso de luminárias viárias, com mais de 10 anos, degradadas ou ineficientes, equipadas com lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão propõe-se a sua substituição integral por novas luminárias de alta eficiência, constituída por corpo em alumínio injetado e capot em polipropileno estabilizado aos U.V., bloco ótico SealSafe, difusor em metacrilato estabilizado, equipada com lâmpada de vapor de sódio de alta pressão de 100W, de rendimento melhorado (tipo NAV-T SUPER ou SON-T Plus), e balastro eletrónico multinível, com regime programável que permita o estabelecimento de ciclo de funcionamento baseado no conceito de “ponto médio” da noite, adaptando-se à diferente duração da noite ao longo do ano, e não na simples introdução de um atraso em relação ao instante de ligação. Tendo em vista a possibilidade de integração futura em sistema de telegestão, deverá incluir uma entrada de sinal para dimming, seja em 1-10V seja em protocolo DALI. Será do tipo MC12/1317/XT/100W da Schröder ou equivalente.

- Potência 100 W
- IP66

5.3.3.4-Itinerários Pedonais:

Para as ruas de trânsito de peões e ciclistas a proposta de alteração assenta nas luminárias do modelo Maya com motor LMM, este motor permite equipar as luminárias existentes, que utilizam as fontes tradicionais de descarga, com a tecnologia LED e beneficiar assim das suas vantagens: ausência de manutenção (motor fotométrico), vida útil prolongada, economia de energia, conforto visual otimizado graças a um fluxo mais direcionado. Possui 16 LED's munidos de lentes. Estas lentes oferecem uma grande flexibilidade fotométrica. O conjunto de todos os LED's associados a lentes específicas, produz a distribuição fotométrica global da luminária. O LMM possui um dissipador térmico

que assegura uma perfeita dissipação do calor e a proteção dos componentes eletrônicos. Tecnologia da Schröder ou equivalente.

- Potência 28 W
- IP 65

5.3.3.4.1-Zonas de conflito

Parques, jardins e edifícios arquitetônicos:

No caso dos jardins e monumentos a alteração será feita de acordo com as características do próprio local. No caso dos globos e projetores, sendo tão numerosos no município, os que tiverem mais de 10 anos, e estejam ineficientes, com lâmpadas de vapor de sódio de alta pressão de 50W/70W ou de vapor de mercúrio de 80W, propõe-se a sua substituição integral por novas luminárias com corpo em alumínio injetado, com grau de proteção IP66, equipada com bloco de 16 LED's com fluxo mínimo de 122 lm/LED em cor branco neutro, equipados com lente primária + lente secundária com fotometria viária e sistema LensoFlex, montados sobre M-PCB e bloco de dissipação, devendo todo o sistema Thermix promover uma efetiva condução térmica entre a junção do LED e o exterior da luminária, através do correto dimensionamento, ligação mecânica e interfaces térmicos. Por forma a garantir a estabilidade das características de transmitância das lentes, o difusor exterior da luminária deverá ser em vidro temperado extraclaro. A alimentação dos LED's será efetuada em corrente, a 350mA, através de driver "all-in-one" com rendimento $\geq 0,9$. Serão do modelo NANOLED 16 da Schröder ou similar.

O horário de funcionamento da iluminação considerada arquitetónica funcionará com um horário tripartido como é apresentado de seguida:

Tabela 5-9-Horário para o funcionamento da iluminação arquitetónica

Por do sol até 23h	Fluxo Normal
23H até as 5H	Fluxo Reduzido
Das 5H até nascer do sol	Fluxo Normal

Passadeiras:

Nas passagens para peões deve ser colocada uma armadura de tal forma que se consiga ver perfeitamente sobre a mancha luminosa, por contraste, qualquer obstáculo que se encontre neste local crítico.

As figuras seguintes mostram a utilização de armaduras adequadas para a iluminação de passadeiras, numa estrada com 2 vias de circulação de sentido oposto. Para tal é necessária a colocação de uma luminária anterior à passagem de peões nos dois sentidos de viação. A colocação de LED's intermitentes diretamente no alcatrão precedentes à passadeira e na sinalização permitirá colmatar qualquer problema de visualização da mesma.

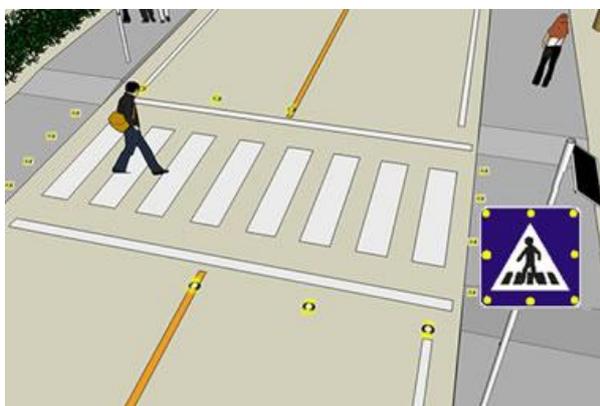


Figura 5.8-Iluminação de passage de peões

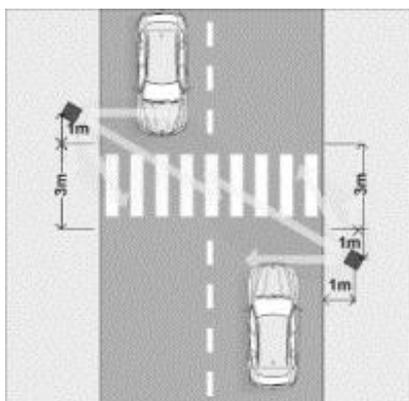


Figura 5.9-Colocação das luminárias numa passadeira

Nesta situação específica de passagem de peões serão colocados projetores Neos 3 Zebra equipados com um refletor especialmente desenvolvido para esta finalidade. Um sistema ótico que melhora a visibilidade das marcações na estrada mas que também assegura um contraste positivo entre os peões e a envolvente. Equipado com uma lâmpada de cor diferente das de iluminação da estrada, o Neos 3 Zebra aumenta substancialmente a

visibilidade para os automobilistas e para os peões. Os Neos devem ser instalados a 6m de altura com 5 ° de inclinação.

Importa referir que nesta situação de iluminação de passeadeiras todo o ULOR terá de ser eliminada interessando somente o DLOR da luminária.

Rotundas:

Se o diâmetro da rotunda for pequeno, bastará um suporte central de altura adequada com várias armaduras.

Se a parte central tiver um diâmetro importante coloca-se no seu perímetro uma armadura no alinhamento de cada via. Colocam-se também uma ou várias armaduras no perímetro exterior da rotunda de modo a permitir a identificação das vias de acesso, para um condutor colocado na rotunda. Em cada via de acesso coloca-se uma armadura para que os peões que aí atravessam sejam bem visíveis. Na parte central da rotunda poderão aplicar-se bornes luminosos, em vez de serem utilizadas armaduras do tipo cut-off, montadas em postes.

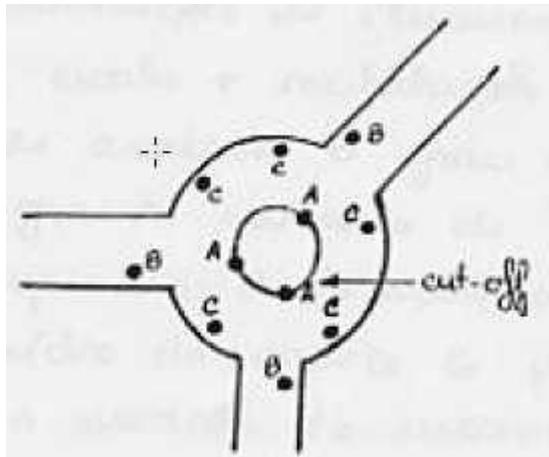


Figura 5.10-Iluminação em rotundas

Estes bornes ou calotes luminosos deverão também ser usados para sinalizar ilhotas separadoras de tráfego.

A figura seguinte mostra um exemplo de calote de sinalização luminosa.

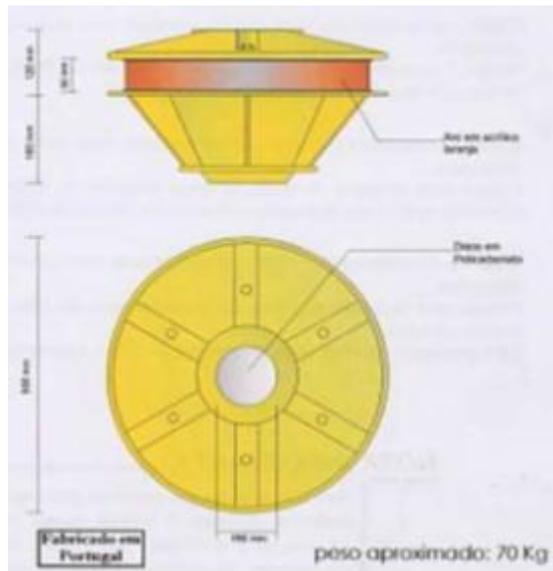


Figura 5.11-Calote luminosa

Importa referir que nesta situação de iluminação de rotundas todo o ULOR terá de ser eliminada interessando somente o DLOR da luminária.

5.3.4-Obras em plano ou projeto no Concelho:

- Novas instalações e expansão de redes:
 - Rede BT/IP em rua da Paz com travessa da Paz - Guifões
- Recuperação ou beneficiação de redes existentes
 - Remodelação rede BT/IP em praia Agudela - Lavra
 - Remodelação rede BT/IP em Rua Monte Leça - S.Cruz Bispo
 - Remodelação rede BT/IP em Rua 9 de Junho - Perafita
 - Remodelação rede BT/IP em Rua do Crasto - Perafita
 - Remodelação rede BT/IP em Rua das Austrálias - Matosinhos
- Aumento da capacidade instalada em posto de transformação
 - Aumento de potencia no PT 481 Guarda -Perafita
- Melhoria da qualidade de serviço
 - Novo PT 275 - S. Mamede Infesta
 - Montagem Telecomando no PT 009 - Perafita

5.3.5- Encargos monetários com IP

A despesa com a iluminação pública é cobrada trimestralmente, sendo a contagem lida à saída de cada posto de transformação existente, através do contador da EDP destinado a contabilizar o que se consome em exclusivo com a iluminação das vias.

Analisando a última fatura recebida, correspondente ao primeiro trimestre de 2012, relativo a um período de faturação de 10-12-2011 até 09-03-2012, já ao abrigo do novo valor do iva a 23% aplicado ao consumo medido por kWh com um preço unitário de 0,1027 € ao qual se acresce o imposto especial de sobre o consumo de eletricidade que entrou em vigor dia 1 de janeiro 2012, no valor de 0,001Euros/kWh bem como a contribuição de audiovisual de 6,75 € por PT, tudo isto traduz um preço a pagar de 555 059,94 €.

Prevendo a mesma linha de consumo nos restantes 3 trimestres de 2012 faz com que a fatura do Município de Matosinhos no ano de 2012 ultrapasse os 2 milhões de euros.

Por outro lado a câmara recebe a renda de concessão do uso da rede elétrica de IP calculada através da fórmula:

$$r_n^m = r_{n-1}^m \times (1+i_{n-1}) \times (1+tc_{n-1}^m \times p) \quad (5.1)$$

Em que:

- r_{mn} -renda de concessão referente ao município m no ano n
- r_{mn-1} -renda de concessão referente ao município m no ano n-1
- n- ano de cálculo da renda de concessão
- n-1 - ano anterior ao ano de cálculo da renda de concessão
- m - índice referente a cada um dos municípios
- i_{n-1} - variação do índice de preços no consumidor, com exclusão da habitação, publicado pelo Instituto Nacional de Estatística referente ao ano n -1
- tcm_{n-1} taxa de evolução do consumo global de energia elétrica em BT (BTE, BTN e IP) entre o ano n -2 e n -1, referente ao município m
- p - ponderador da taxa de consumo, que assume o valor 15 %

Em conformidade, foram efetuados os cálculos de acordo com a fórmula em cima enunciada, extraída do Decreto-Lei, a qual prevê que se tenha em conta a variação do índice de preços no consumidor, com exclusão da habitação, publicado pelo Instituto Nacional de Estatística e ponderado por um fator aplicativo à variação do consumo de energia em baixa tensão (BT), ambos com base nos dados relativos ao ano anterior, àquele em que ocorre o pagamento da renda. Assim, foram usados, no cálculo, os dados sobre consumos verificados nesse Município e a variação de preços nos consumos 2009-2010, resultando um i_{n-1} de 0,014 e tcm_{n-1} de 0,07473633 o que resultou numa renda de concessão em 2011 de 2.948.227,61 €.

Dos encargos de ambas as instituições existe um ajuste de contas de modo a anular os valores e a definir o valor a pagar, neste caso da EDP ao Município de Matosinhos, resultante daí a importância de uma eficiência energética de modo a rentabilizar o mais possível um maior avolumado de capital.

O atual plano diretor prevê a alteração junto dos pontos mais críticos da rede promovendo as soluções mais eficientes para cada alteração de acordo com a topologia do caso. Para encontrar a melhor solução foi usada a fórmula:

$$poupança = tarifa \times [P_{actual} \times t_f \times (1 + P_{rede}) - P_{proposta} \times (t_f - t_r + r\% \times t_r) \times (1 + P_{rede})] \quad (5.2)$$

<i>poupança</i>	Poupança anual expectável (€)
<i>tarifa</i>	Tarifa de energia IP (€/KWh)
<i>p_{actual}</i>	Potência atual consumida (kw)
<i>p_{proposta}</i>	Potência consumida após intervenção (KW)
<i>p_{rede}</i>	Perdas na rede elétrica de distribuição elétrica (%)
<i>t_f</i>	Tempo de funcionamento anual da IP (h)
<i>t_r</i>	Tempo de funcionamento anua em regime reduzido (h)
<i>r%</i>	Percentagem de redução da potência consumida em regime reduzido (h)

De modo justificativo do investimento a ter que realizar apresenta-se dois casos completamente distintos dentro município. O primeiro classificado como uma via comercial a Avenida Serpa Pinto uma das mais emblemáticas e movimentadas ruas do município, conhecido pelos seus restaurantes e o segundo exemplo, a Rua António Aleixo continuando pela Rua Avelino Casebre, duas ruas pouco movimentadas, secundárias que tem atualmente como pontos de iluminação globos.

Exemplo 1 (Avenida Serpa Pinto)

Modelo Luminária	Largura da Via (m)	Largura do Passeio (m)	Espaçamento entre Pontos de Luz (m)	Disposição dos pontos de Luz (unilateral ou bilateral)	Altura Luminária	Quantidade Luminárias	Potência Lâmpada Actual (W)	Potência Lâmpada Balastro Actual (W)	Consumo Actual (kWh/ano)	Consumo Actual (€)
MC2	12	2,3	25	unilateral	10m	36	250	270	42.574	4.372,31 €



Figura 5.12-Av. Serpa Pinto

Potência Lâmpada Proposta (W)	Potência Lâmpada Balastro Proposta (W)	Potência Lâmpada Balastro Proposta (W)	Consumo da Nova Proposta (kWh/ano)	Custo da Nova Proposta (€)	Intervenção	Preço Unitário Luminária (€)	Total (€)	Poupança (kWh/ano)	Poupança (€)	Redução CO ₂ (kgCO ₂ /ano)	Redução tep (tep/ano)	Payback Rua (anos)
150	167	100,2	21.066	2.163,48 €	ONYX2/1419/	325,00 €	11.700,00 €	21.508	2.208,83 €	10.108,5	4,62	5,30

Exemplo 2 (Rua António Aleixo/Rua Avelino Casebre)

Modelo Luminária	Largura da Via (m)	Largura do Passeio (m)	Espaçamento entre Pontos de Luz (m)	Disposição dos pontos de Luz (unilateral ou bilateral)	Altura Luminária	Quantidade Luminárias	Potência Lâmpada Actual (W)	Potência Lâmpada Balastro Actual (W)	Consumo Actual (kWh/ano)	Consumo Actual (€)
globos	8	2,5	30	unilateral	4m	21	100	116	10.670	1.095,78 €

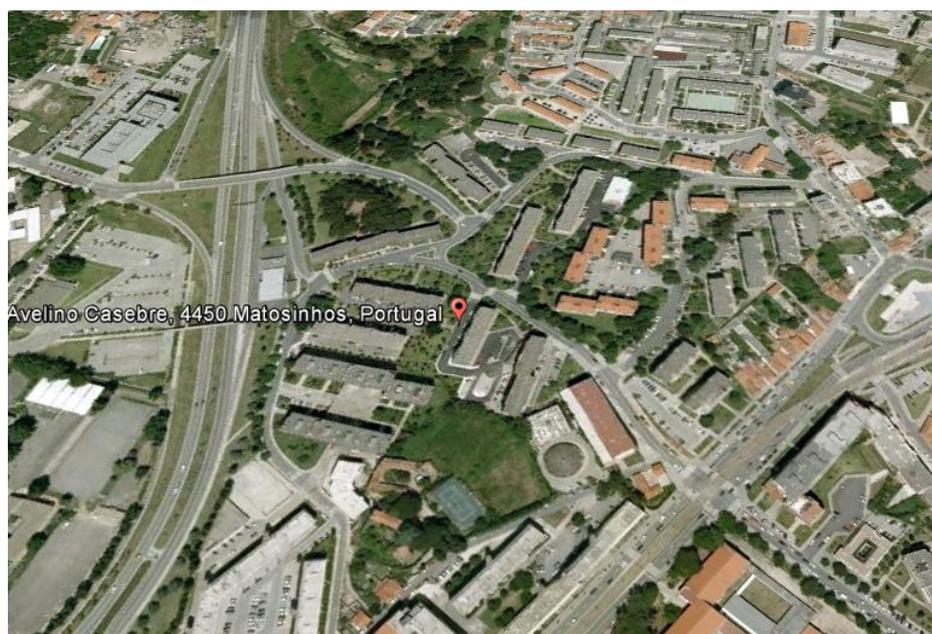


Figura 5.13-Rua Avelino Casebre e Antonio Aleixo

Potência Lâmpada Proposta (W)	Potência Lâmpada Balastro Proposta (W)	Potência Lâmpada Balastro Proposta (W)	Consumo da Nova Proposta (kWh/ano)	Custo da Nova Proposta (€)	Intervenção	Preço Unitário Luminária (€)	Total (€)	Poupança (kWh/ano)	Poupança (€)	Redução CO ₂ (kgCO ₂ /ano)	Redução tep (tep/ano)	Payback Rua (anos)
19	19	0	1.774	182,21 €	NANO LED 16	250,00 €	5.250,00 €	8.895	913,57 €	4.180,9	1,91	5,75

Estes dois exemplos, de diferentes situações e importância de vias, justificam-se com o avolumado valor na poupança, o investimento para a alteração de equipamentos, com a vantagem de redução avultada de emissões de CO₂.

Na primeira situação a troca das 36 lâmpadas de vapor de sódio com potência de 250 W, por lâmpadas mais eficientes de potência mais reduzida de 150W com balastro eletrónico garante uma redução de 2208,83 € ao fim de um ano, conseguindo assim amortizar o investimento previsto para aquela avenida de 11700,00€ ao fim de 5,3 anos. Decorrido esse período, mantemos na fatura mensal uma poupança de 50,51% relativamente à atualmente paga.

No segundo caso de intervenção exemplificado, a zona de iluminação por globos, propõe-se a alterar as 21 luminárias de 100W por bloco de 16 leds. Esta alteração representa, passar a pagar mensalmente menos 913,57 € num universo atual de 1095,78€, o que representa uma poupança de 83,40% conseguindo um “payback” de 5,75 anos.

Para além destes dois pontos de intervenção, de seguida é apresentada a lista de prioridades no que diz respeito a uma possível alteração devido a serem pontos críticos no que toca já à longevidade das instalações ou porque o seu consumo é elevado.

- Parque do Carriçal
- Marginal de Leça da Palmeira
- Eixo Padrão da Légua - Araújo
- Marginal de Leça - Boa Nova
- Marginal de Matosinhos
- Urbanização dos Caulinos
- Acesso A28 - Lavra
- Lavra Zona Central
- Lavra - Praia
- Lavra - Marginal
- Leça da Palmeira - zona central
- Leça da Palmeira - Av. Combatentes
- Leça da Palmeira - Santa Cruz do Bispo
- Santa Cruz do Bispo - Monte de São Brás
- Esposade - Custóias
- Zona das Piscinas de Custóias

- Rua Belchior Robles (8m)
- Rua Belchior Robles (4m)
- Av. Menéres
- Av. Sousa Aroso
- Rua Brito Capelo

5.3.6- Plano de contingência / Emergência

O plano de contingência foi elaborado a pedido dos autarcas locais, sendo esta solução contra todos os princípios requisitados num projeto de Iluminação Pública, pois não cumpre qualquer requisito mínimo no que diz respeito a valores mínimos de iluminação ou segurança, sendo o plano só posto em caso de rotura financeira.

Definiu-se um plano de contingência para uma situação limite, aquando de uma situação de emergência económica e só nesse caso se deve recorrer a esta solução.

A estratégia a adotar nestas situações passa por desligar ponto a ponto certas luminárias das quais resultará a menor perturbação possível para os cidadãos do município. Daí definiu-se que só poderão ser desligadas as luminárias que possuam braço duplo e as ruas que possuam iluminação dos dois lados da estrada, a desligar de modo a que os níveis de luminância não sejam muito baixos e que comprometa em demasia os níveis de segurança mínimos.

As zonas que estão nessa situação de braço duplo no separador central são as seguintes:

- Avenida Eduardo Pacheco
- Rua Sousa Aroso (Depois do cruzamento com a Rua Afonso Henriques)
- Rua Edson Magalhães
- Avenida Fernando Távora
- Rua Infante D^a. Mafalda
- Rua Cândido Reis
- Parque de estacionamento Metro-Esposende
- Parque das Pias
- Marginal Leça da Palmeira- até perafita
- Rua Belchior Robles (alternar as luminárias superiores manter as inferiores que iluminam o passeio em frente a Petrogal)
- Brito Capelo
- Vila Garcia Arosa
- Rua Heróis de França (até a rua do Godinho, seguindo até avenida da republica)
- Avenida Marignac (só possui iluminação de um dos lados, mas é uma avenida com muito pouco movimento noturno)

O plano de contingência contempla também uma redução do horário de funcionamento da iluminação arquitetónica. Atualmente, a iluminação de jardins públicos e

monumentos encontra-se a funcionar de acordo com a restante IP, quando acionado o plano de emergência o horário de funcionamento destas zonas será reduzido drasticamente, sendo previsto desligar à meia-noite.

Capítulo 6

Caso Prático de estudos das diferentes classificações de vias

6.1 Introdução

Na sequência dos capítulos iniciais, onde se abordou as metodologias para um projeto de iluminação pública, juntamente com conceitos luminotécnicos, apresenta-se agora um caso de estudo justificativo para as várias divisões das vias complementando a escolha da proposta de alteração para cada via, bem como a tecnologia eficiente usada e as luminárias escolhidas.

6.2- Zona urbana de estudo

Para cada tipo de via, foi feito um estudo comprovativo das escolhas efetuadas para as normas do PDMIP e usado método a seguir pelas outras vias com a mesma classificação.

6.2.1-Vias Principais

6.2.1.1- Caracterização do local

A avenida Meneres é classificada de via principal devido a sua grande quantidade de tráfego dentro do município, sendo uma via de sentido único com duas faixas de rodagem, contando com oito cruzamentos com ruas secundárias.

6.2.1.2- Situação atual

Para o estudo luminotécnico do local foi necessário recolher os dados relativos ao perfil da via e material existente, de modo a que fosse possível calcular os parâmetros luminotécnicos existentes, isto é, a situação atual.

Tabela 6-1-Perfil da Av.Meneres

Perfil da Via	
Comprimento	760 m
Largura	11,5 m
Largura Passeio	2,25 m

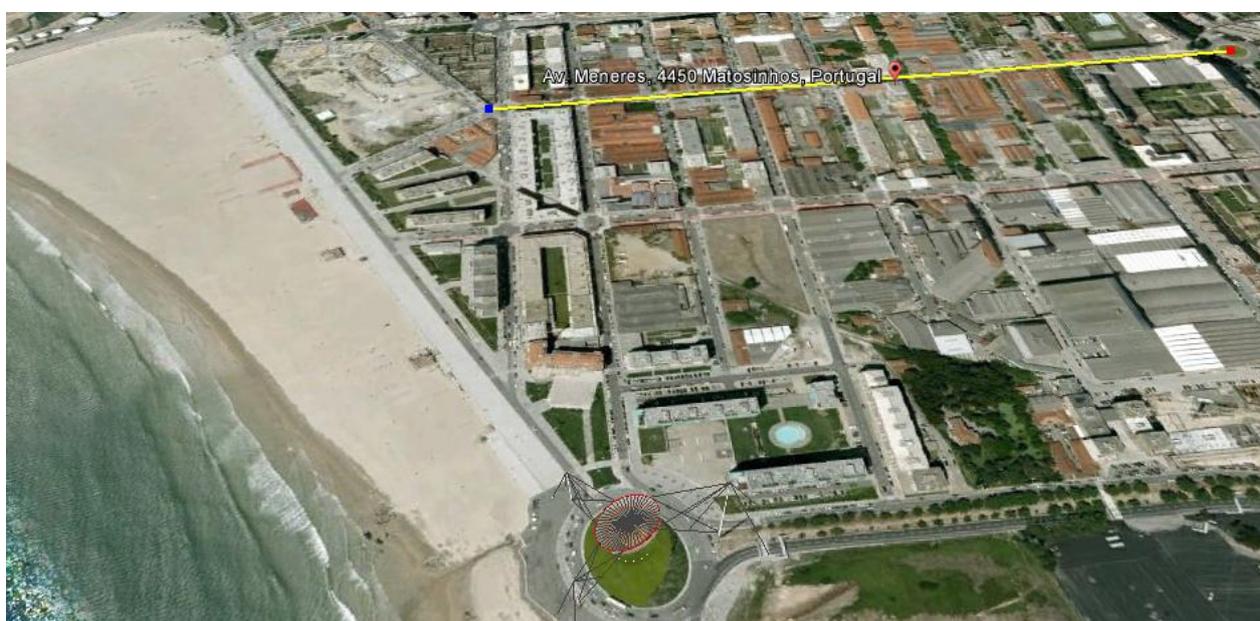


Figura 6.1-Av.Meneres

Tabela 6-2- Características das Luminárias na Av. Meneres

Características Luminárias	
Empresa	Schröder
Luminária	MC2
Altura da luminária	8m
Nª de Pontos de luz	27
Distância entre pontos de luz	30 m
Disposição	Quincôncio

**Figura 6.2- Luminária existente na Av. Meneres****Tabela 6-3- Lâmpadas da Av. Meneres**

Características da lâmpada	
Tipo de lâmpada	Potência (W)
VSAP	150

6.2.1.3 - Estudo Luminotécnico

Esquema:

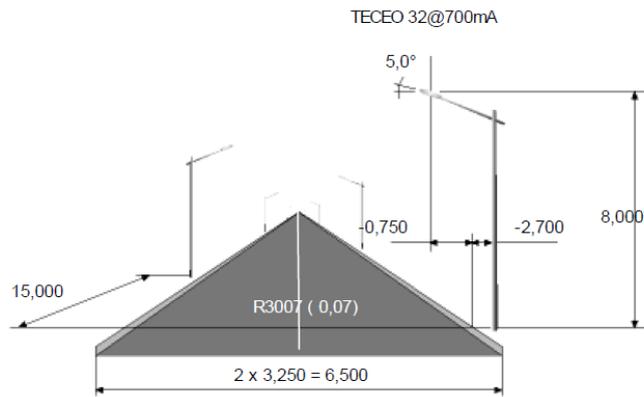


Figura 6.3-Esquema da Av.Meneres

Esquema 3D:

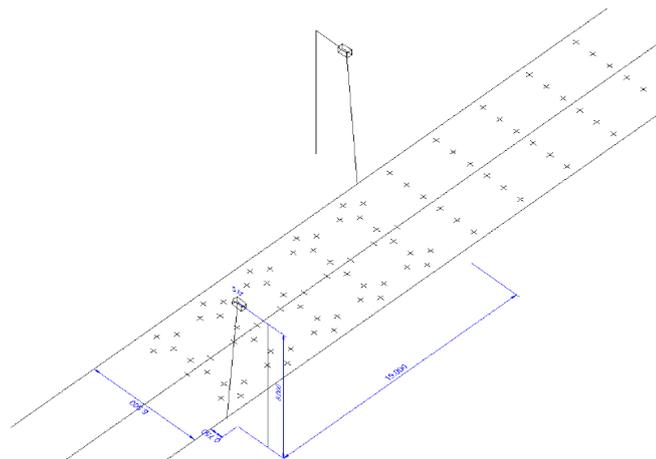


Figura 6.4-Esquema 3D da Av.Meneres

Luminância:

Min : 1,45 cd/m² Méd : 1,71 cd/m² Máx : 2,05 cd/m²

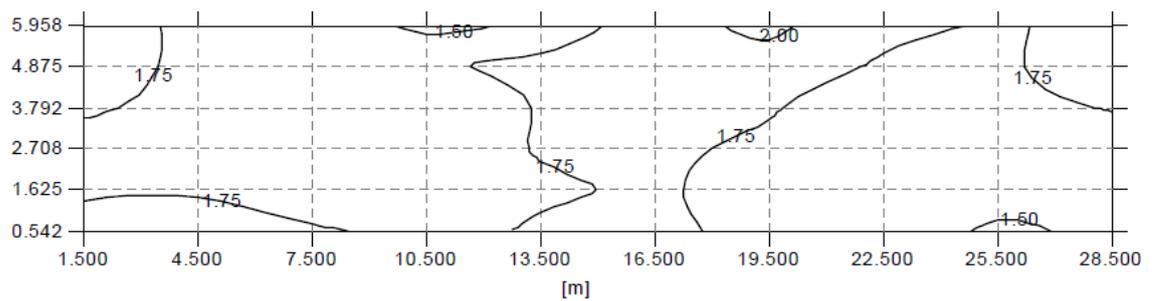


Figura 6.5-Linhas isográficas da luminância

Iluminância:

Min : 22,9 lux Méd : 25,3 lux Máx : 29,9 lux Uo : 90,3 % Ug : 76,3 %

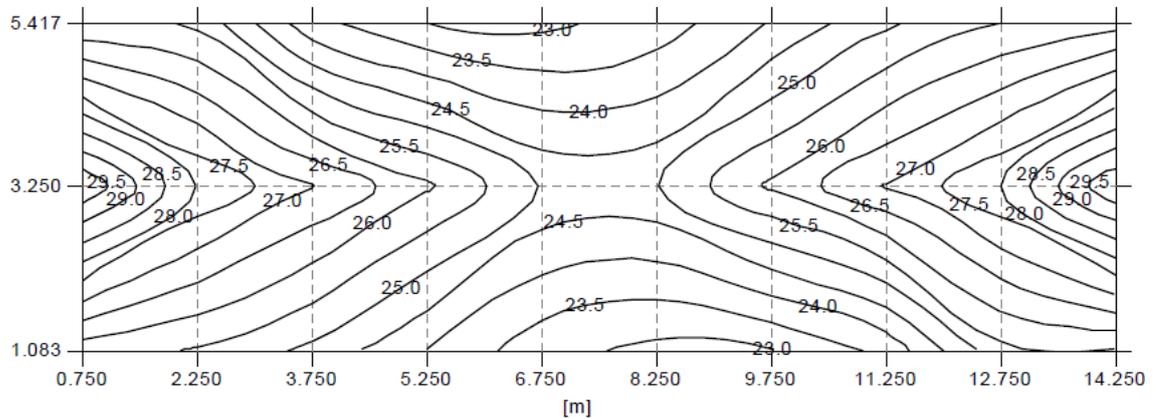


Figura 6.6-Linhas isográficas da iluminância

Uniformidade Longitudinal:

Min : 1,55 cd/m² Méd : 1,65 cd/m² Máx : 1,78 cd/m² Uo : 94,1 % Ug : 87,2 %

Devido à classificação de ME2, este modelo para as vias principais pretende-se que apresente níveis de luminância aproximadamente de 1.5 cd/m² conseguindo com esta solução uma luminância média de 1,7 cd/m², conseguindo ainda níveis de uniformidade média e longitudinais muito superiores aos níveis mínimos exigidos, mantendo as baixas emissões de CO₂ e apresentando uma solução bastante eficiente. Em anexo segue os diagramas polares das luminárias recomendadas.

6.2.1.4 - Classificação energética

$$\epsilon = k \times S \text{ (m}^2\text{)} \times E \text{ (lux)}/P \text{ (watts)} \tag{3.1}$$

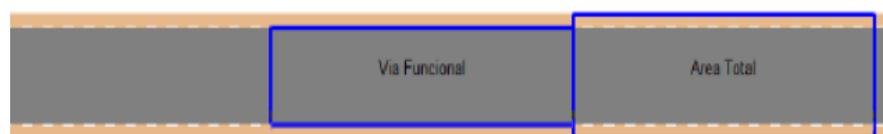


Figura 6.7-Cálculo da área para o índice de eficiência energética [2]

$$\varepsilon = 1 \times (6,5 \times 30) \times 25,3/75$$

$$\varepsilon = 65,78$$

Classificação energética: A

6.2.2-Vias Secundárias

6.2.2.1- Caracterização do local

A rua do Godinho é uma rua classificada como secundária. É uma rua bastante estreita e só será considerada para fim de cálculo luminotécnico até à interceção com a rua Serpa Pinto, pois nos últimos metros da Rua do Godinho esta é ladrilhada e o tipo de luminárias instaladas atualmente é já diferente.

6.2.2.2- Situação atual

Para o estudo luminotécnico do local foi necessário recolher os dados relativos ao perfil da via e material existente, de modo a que fosse possível calcular os parâmetros luminotécnicos existentes, isto é, a situação atual.

Tabela 6-4-Perfil rua do Godinho

Perfil da Via	
Comprimento	720 m
Largura	4,6 m
Largura Passeio	1,3 m



Figura 6.8-Rua do Godinho

Tabela 6-5-Características das luminárias da rua do Godinho

Características Luminárias	
Empresa	Philips e Schröder
Luminária	Cpc e Image
Altura da luminária	8m
N ^a de Pontos de luz	40
Distância entre pontos de luz	30 m
Disposição	Alternado



Figura 6.9-Luminária existente na rua do Godinho

Tabela 6-6-Lâmpadas da rua do Godinho

Características da lâmpada	
Tipo de lâmpada	Potência (W)
VSAP	150

6.2.2.3 - Estudo Luminotécnico

Esquema:

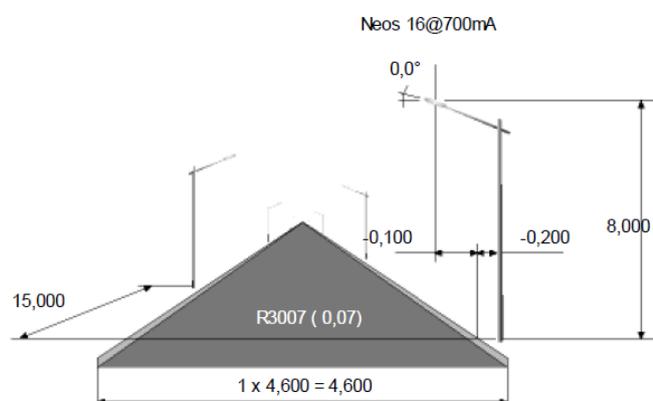


Figura 6.10-Esquema da rua do Godinho

Esquema 3D:

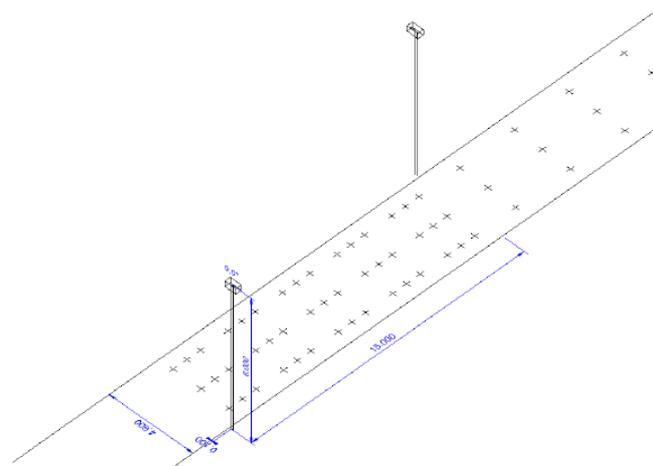


Figura 6.11-Esquema 3D da rua do Godinho

Luminância:

Min : cd/m² Méd : cd/m² Máx : cd/m² Uo : % Ug : %

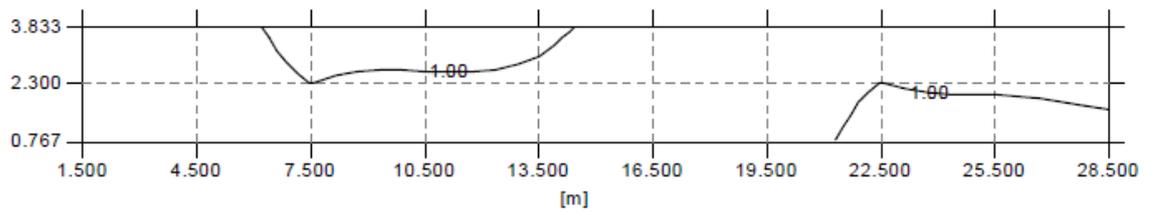


Figura 6.12-Linhas isométricas da luminância

Min : lux Méd : lux Máx : lux Uo : % Ug : %

Iluminância:

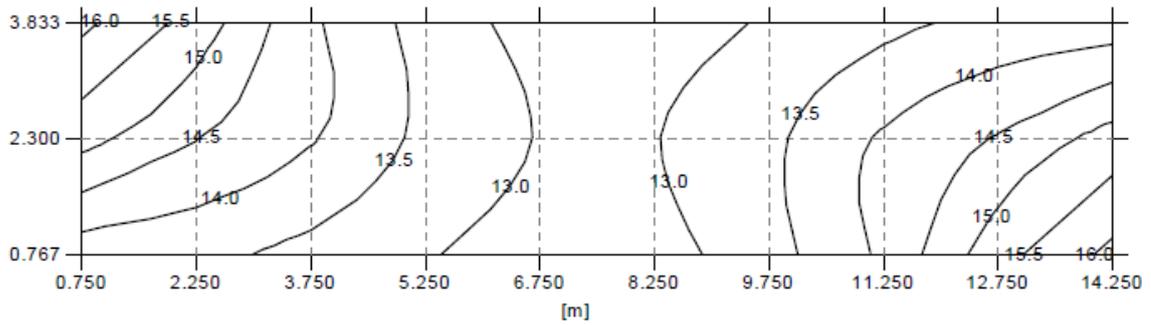


Figura 6.13-Linhas isográficas da iluminância

Uniformidade Longitudinal:

Min : 1,00 cd/m² Méd : 1,06 cd/m² Máx : 1,11 cd/m² Uo : 94,6 % Ug : 89,7 %

Devido à classificação de ME3a, este modelo para as vias principais pretende-se que apresente níveis de luminância aproximadamente de 1 cd/m² conseguindo com esta solução uma luminância média de 1,05 cd/m², conseguindo ainda níveis de uniformidade média e longitudinais muito superiores aos níveis mínimos exigidos, mantendo as baixas emissões de CO₂ e apresentando uma solução bastante eficiente. Em anexo segue os diagramas polares das luminárias recomendadas.

6.2.2.4 - Classificação energética

$$\epsilon = k \times S \text{ (m}^2\text{)} \times E \text{ (lux)} / P \text{ (watts)} \quad (3.1)$$

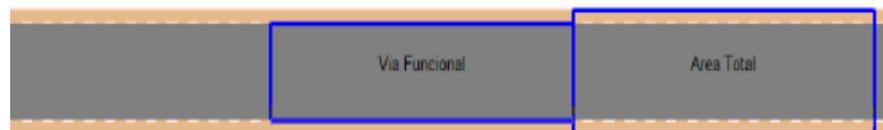


Figura 6.14-Cálculo da área para o índice de eficiência energética[2]

$$\epsilon = 1.33 \times (4,6 \times 30) \times 13,9 / 40$$

$$\epsilon = 63,78$$

Classificação energética: A

6.2.3-Vias Comerciais

6.2.3.1- Caracterização do local

A rua de Serpa Pinto é a mais conhecida rua comercial da Cidade, tem dois sentidos de trânsito acrescido de um separador central.

6.2.3.2- Situação atual

Para o estudo luminotécnico do local foi necessário recolher os dados relativos ao perfil da via e material existente, de modo a que fosse possível calcular os parâmetros luminotécnicos existentes, isto é, a situação atual.

Tabela 6-7-Perfil da Av.Serpa Pinto

Perfil da Via	
Comprimento	820 m
Largura	12 m
Largura Passeio	2,3 m



Figura 6.15-Av.Serpa Pinto

Tabela 6-8-Características das luminarias da Av.Serpa Pinto

Características Luminárias

Empresa	Schröder
Luminária	MC2
Altura da luminária	12m
Nª de Pontos de luz	36
Distância entre pontos de luz	25 m
Disposição	Unilateral
Separador central	1 m



Figura 6.16-Luminária existente na Av.Serpa Pinto

Tabela 6-9-Lâmpadas da Av.Serpa Pinto

Características da lâmpada	
Tipo de lâmpada	Potência (W)
VSAP	250

6.2.3.3 - Estudo Luminotécnico

Esquema:

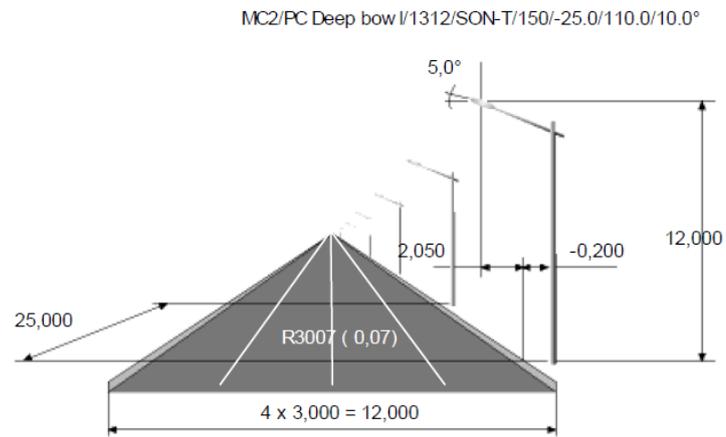


Figura 6.17-Esquema da Av.Serpa Pinto

Esquema 3D:

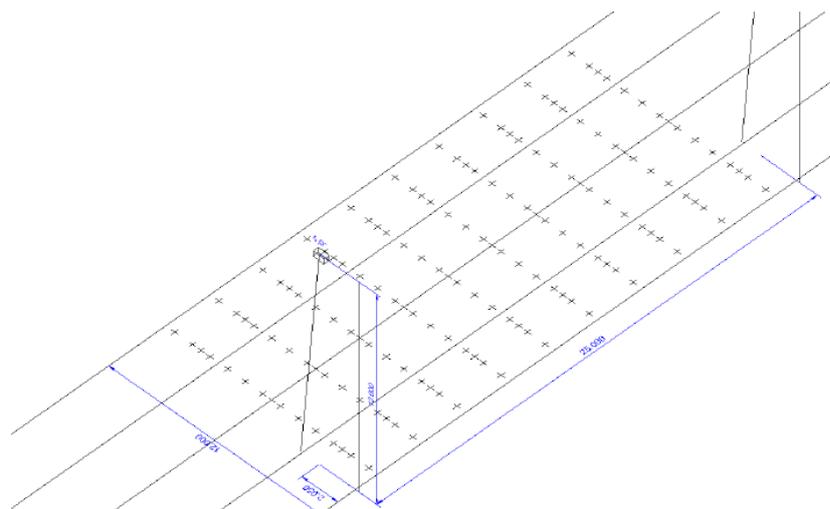


Figura 6.18-Esquema 3D da Av.Serpa Pinto

Luminância:

Min : cd/m² Méd : cd/m² Máx : cd/m² Uo : % Ug : %

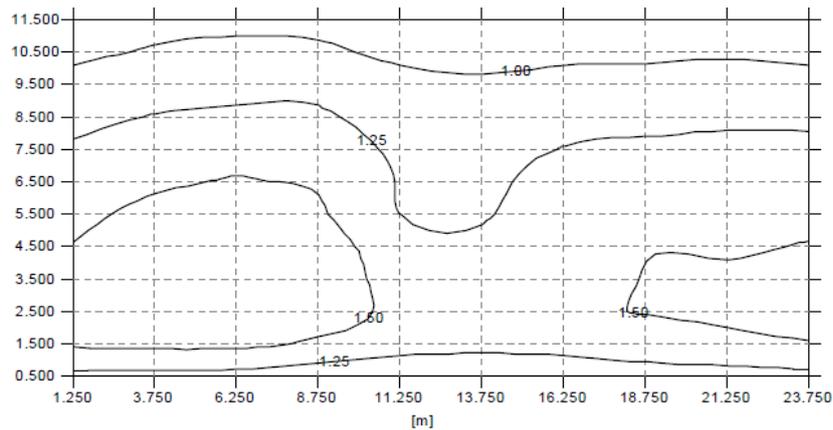


Figura 6.19-Linhas isográficas da luminância

Iluminância:

Min : lux Méd : lux Máx : lux Uo : % Ug : %

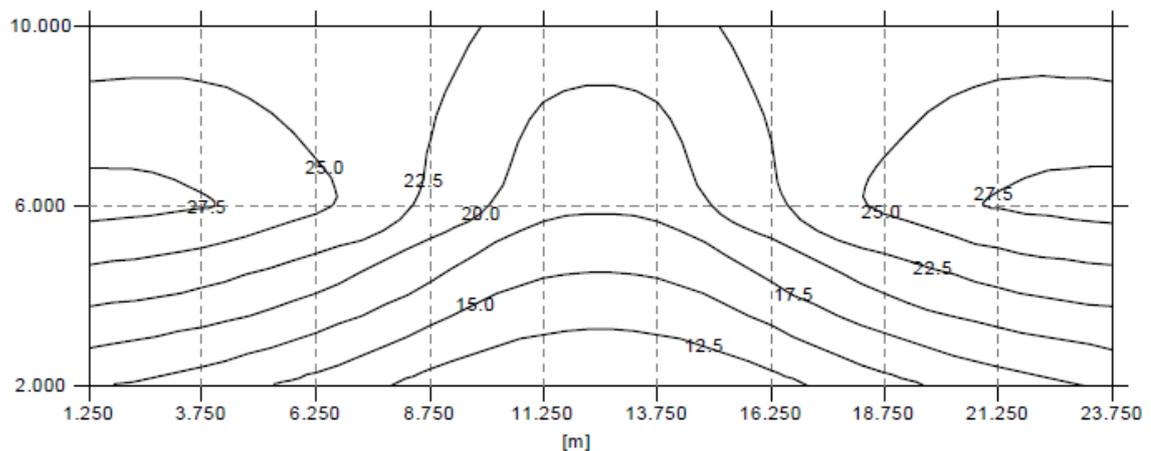


Figura 6.20-Linhas isográficas da iluminância

Uniformidade longitudinal:

Min : cd/m² Méd : cd/m² Máx : cd/m² Uo : % Ug : %

Devido à classificação de ME3a este modelo para as vias principais pretende-se que apresente níveis de luminância aproximadamente de 1 cd/m² conseguindo com esta solução uma luminância média de 1,29 cd/m², alcançando através de uma solução diferente da usada nas vias secundárias, uma temperatura de cor diferente, mas conseguindo ainda níveis de uniformidade média e longitudinais muito superiores aos níveis mínimos exigidos, mantendo

as baixas emissões de CO₂ e apresentando uma solução bastante eficiente. Em anexo segue os diagramas polares das luminárias recomendadas.

6.2.3.4 - Classificação energética

$$\varepsilon = k \times S \text{ (m}^2\text{)} \times E(\text{lux})/P(\text{watts}) \quad (3.1)$$

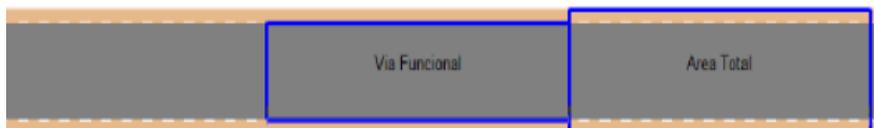


Figura 6.21-Cálculo da área para o índice de eficiência energética[2]

$$\varepsilon = 1 \times (12 \times 25) \times 20,5/100$$

$$\varepsilon = 61,5$$

Classificação energética: A

6.2.4-Vias Pedonais

6.2.4.1- Caracterização do local

A definição de uma zona pedonal requer já por si só atenção especial, mas a avenida Brito Capelo é um caso bastante particular, pois sendo uma rua em paralelo é atravessada na parte de desenvolvimento do nosso estudo, pela linha do metro, não deixando de ser a rua com maior número de pessoas a deslocarem-se a pé do município, juntamente com a marginal, junto ao mar.

6.2.4.2- Situação atual

Para o estudo luminotécnico do local foi necessário recolher os dados relativos ao perfil da via e material existente, de modo a que fosse possível calcular os parâmetros luminotécnicos existentes, isto é, a situação atual.

Tabela 6-10-Perfil da rua de Brito Capelo

Perfil da Via	
Comprimento	880 m
Largura	13 m



Figura 6.22-Rua Brito Capelo

Tabela 6-11-Características das luminárias de Brito Capelo

Características Luminárias	
Empresa	Schröder
Luminária	Image
Altura da luminária	4 m
N ^a de Pontos de luz	54
Distância entre pontos de luz	25 m
Disposição	Bilateral



Figura 6.23-Luminária existente na Rua Brito Capelo

Tabela 6-12-Lâmpadas de Brito Capelo

Características da lâmpada	
Tipo de lâmpada	Potência (W)
VSAP	150

6.2.4.3 - Estudo Luminotécnico

Esquema:

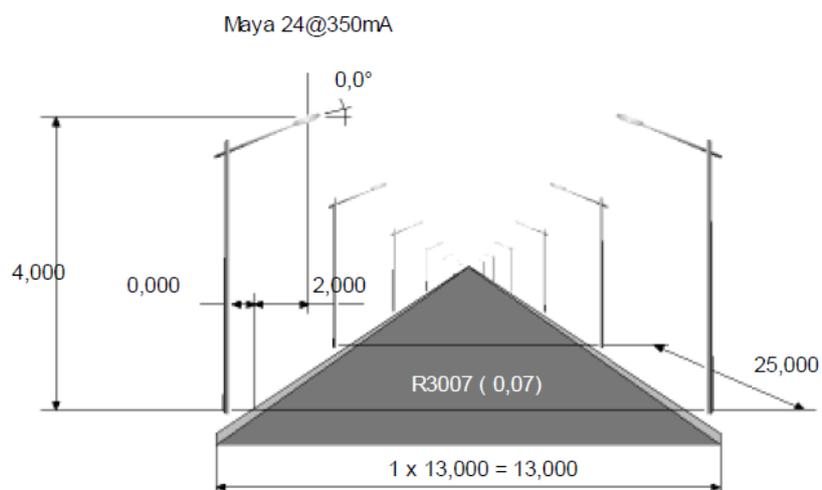


Figura 6.24-Esquema da rua Brito Capelo

Esquema 3D:

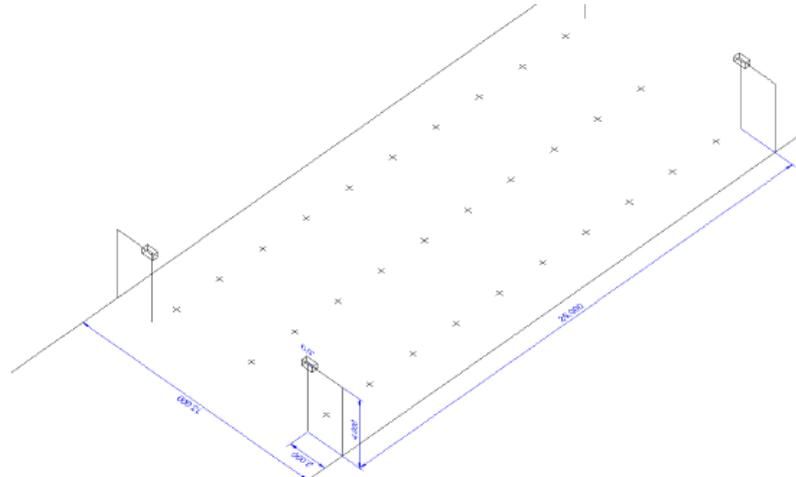


Figura 6.25-Esquema 3D da rua Brito Capelo

Min : 0,39 cd/m² Méd : 1,01 cd/m² Máx : 1,80 cd/m² Uo : 38,4 % Ug : 21,6 %

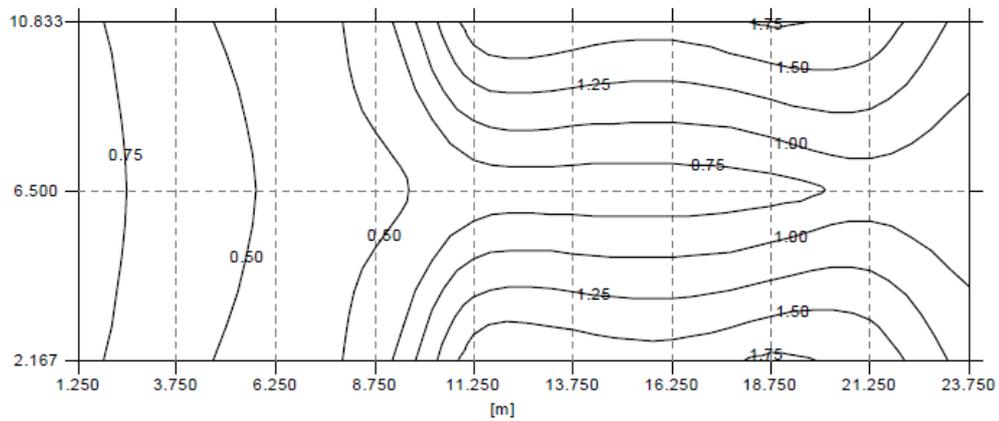


Figura 6.26-Linhas isográficas da luminância

Iluminância:

Min : 4,4 lux Méd : 13,4 lux Máx : 29,8 lux Uo : 33,0 % Ug : 14,8 %

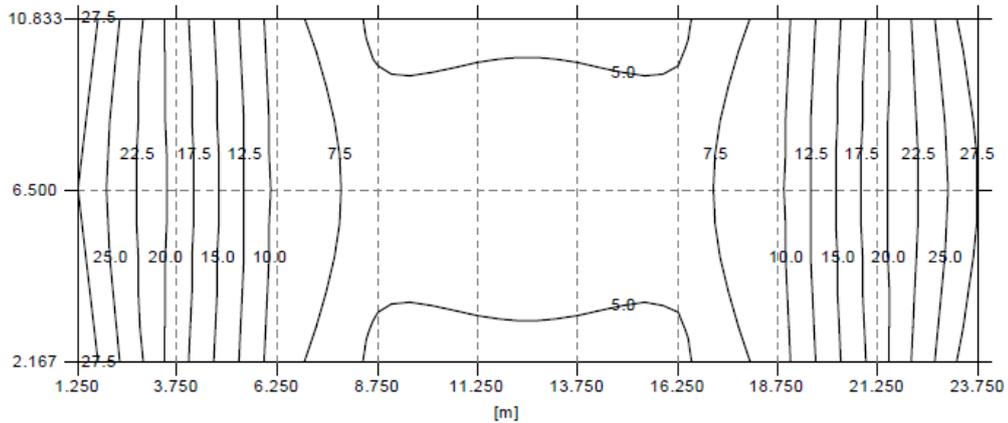


Figura 6.27-Linhas isográficas da iluminância

Uniformidades longitudinais:

Min : 0,45 cd/m² Méd : 0,65 cd/m² Máx : 0,84 cd/m² Uo : 69,7 % Ug : 53,3 %

Nas ruas vias pedonais classificadas de P2 definiu-se um luminância média mínima de 10 lux conseguindo, através da solução de troca pretendida 13,4 lux ainda mantendo elevados índices de uniformidade. Em anexo segue os diagramas polares das luminárias recomendadas.

6.2.4.4 - Classificação energética

$$\varepsilon = k \times S \text{ (m}^2\text{)} \times E(\text{lux})/P(\text{watts}) \quad (3.1)$$



Figura 6.28-Cálculo da área para o índice de eficiência energética [2]

$$\varepsilon = 1 \times (13 \times 25) \times 13,4 / (2 \times 28)$$

$$\varepsilon = 77,76$$

Classificação energética: A

Capítulo 7

Conclusões e Trabalhos Futuros

7.1-Conclusão

A gestão de fundos ligados à iluminação das cidades é nos dias correntes um numerário de relevante importância nos orçamentos camarários, de tal modo a sua gestão equilibrada e racional tornou-se fulcral para a liquidez monetária dos municípios.

Com base nesta obrigação, este trabalho desenvolvido tinha por principal meta alcançar soluções para uma melhor eficiência energética, de tal modo que as medidas implementadas se refletissem na fatura e nas reduções de CO₂.

Para tal era imperatório a criação de um plano diretor municipal para a iluminação pública. Depois de fazer o levantamento da rede e de conhecer as infraestruturas existentes, foram definidas as estratégias e normas para potenciar aquilo que definimos como o objetivo que é “Retirar da cidade o máximo proveito noturno”, construindo uma identidade luminosa ímpar em Portugal caracterizada pelas baixas potências de consumo fruto de tecnologia eficiente e de políticas económicas aqui definidas.

Neste PDMIP está definida a norma de substituição das luminárias, justificada pela classificação de cada via, ao invés de uma troca casual em caso de avaria. As ruas principais, secundárias, comerciais e itinerários pedonais possuem neste documento um tratamento distinto, sendo a sua classificação baseada em critérios de projeto no tráfego de cada uma.

Para cada classificação resultará um aspeto visual diferente de modo a que se possam distinguir através da iluminação, mantendo os índices de qualidade necessários para o bem-estar geral.

Neste trabalho foi desenvolvida uma metodologia que permite fazer um projeto luminotécnico de iluminação pública, conciliando a eficiência energética e a qualidade de iluminação, bem como a análise económica e luminotécnica das soluções obtidas.

Este plano diretor é um instrumento pouco ou nada usado no nosso país, daí o caráter pioneiro deste trabalho de investigação, que pretende ser um ponto de viragem no que à gestão autárquica diz respeito no desenvolvimento sustentado das infraestruturas de iluminação pública.

Em suma, esta dissertação tem como base iluminar a cidade e isto é, acima de tudo promover a sua segurança, potenciar locais e trazer uma boa qualidade de vida a quem a utiliza, fazendo da luz um instrumento de orientação e de mobilidade, individualizando percursos urbanos e ambientes específicos, nomeadamente através da hierarquização dos níveis de iluminação e uso de temperaturas de cor diferenciadas.

7.2-Trabalhos futuros:

Como trabalhos futuros no que ao município diz respeito, ficam os seguintes tópicos a desenvolver:

- -Unidade de comando do sistema integrado de monitoramento;
- -Fazer o cadastramento existente e atualizado das restantes 9 freguesias do município;
- - Projetar novas fontes de energia limpa capaz de alimentar a IP;

Referências

- [1] “Políticas energéticas”, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Dezembro de 2010
- [2] Documento de referência Eficiência Energética na Iluminação Pública, <http://www.lighting-living-lab.pt>. Visitado em 24/02/2012.
- [3] Pereira, Dulcídio A., *Iluminação Pública*. General Electric. Abril de 1954.
- [4] Light design e planos diretores de iluminação pública: A requalificação da cidade por meio da luz artificial, <http://www.modavestuario.com>. Visitado em 21/03/2012
- [5] Michalak, Rafael, *Iluminação Publica Planejada*. Faculdade Oswaldo Cruz, Florianópolis 2010
- [6] A. Amorim, *Novas Tecnologias na Iluminação Pública*. AREANATEjo, Tejo,2009.
- [7] Sílvia, Catarina., *Estudo da Eficiência Luminosa e energética do sistema de iluminação Pública da Cidade do Porto, Porto*: FEUP, 2007.
- [8] Teixeira, Armínio., *Grandezas Usadas Em Luminotecnia*. Porto: Feup, 2003.
- [9] Vázquez, José Ramírez., *Luminotecnia*. Barcelona: CEAC, 1999.
- [10] EDP - Distribuição, *Manual da Iluminação Pública*,2010
- [11] Rocha, Filipe Andrade da e Alves, Filipe Lopes., *Eficiência Energética em Edifícios: Luminotecnia e Transporte Vertical*. Porto : FEUP, 2007.
- [12] Teixeira, Armínio., *Grandezas Usadas Em Luminotecnia*. Porto : Feup, 2003.
- [13]Teixeira, Armínio., *Tipos de Lâmpadas*. Porto : FEUP, 2004.
- [14]*Tipos e características de lâmpadas* <http://www.prof2000.pt/users/lpa>
- [15]*Lâmpadas de Descarga em Alta Pressão*. s.l. : OSRAM, 2008.
- [16]Ying, Shang Ping, Chun-Wen, Tang e Bin-Juine, Huang., *Charaterizing LEDs for Mixture of Colored LED light sources*. Taiwan: IEEE, 2006.
- [17]Araújo, Lucínio Preza de., *A Iluminação com o LED*. Braga : s.n.
- [18]Teixeira, Armínio., *Iluminação Fluorescente - Balastros*. Porto : FEUP, 2002.
- [19] Ribeiro, Vítor. *Uniformidade e Classes Iluminação*. Porto: FEUP, 2012.
- [20]Institution of lighting engineers- *Street Lighting- Invest to Save*. S.l.: UK Lighting Board, County surveyors’ Society (CSS), 2006.
- [21] Google Earth, <http://googleearthonline.blogspot.com/>, acesso em 30/05/2012
- [22]C. C. e Eduardo Eusébio, *Gestão de Energia - Avaliação Económica de Projetos*. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, Setembro 2007.
- [23]Michalak, Rafael., *Iluminação Publica Planejada*, Faculdade Oswaldo cruz, 2010.

- [24]Associação Nacional de Municípios Portugueses, <http://www.anmp.pt/index.php>, acesso em 28/04/2012
- [25]Câmara Municipal de Matosinhos, <http://www.anmp.pt/index.php>, acesso em 10/06/12
- [26]Câmara Municipal de Águeda, *Relatório de Ponderação da discussão pública*,2011
- [27]Rosito, Luciano Haas.,*Sistemas de Gestão de Iluminação Pública*,2009
- [28]Philips, *Tabela de Preços de Lâmpadas e equipamentos*, Portugal, Abril 2010
- [29]Schröder, <http://www.schreder.com/Pages/default.aspx>, acesso em 12/06/2012

Anexos:

Anexo A:

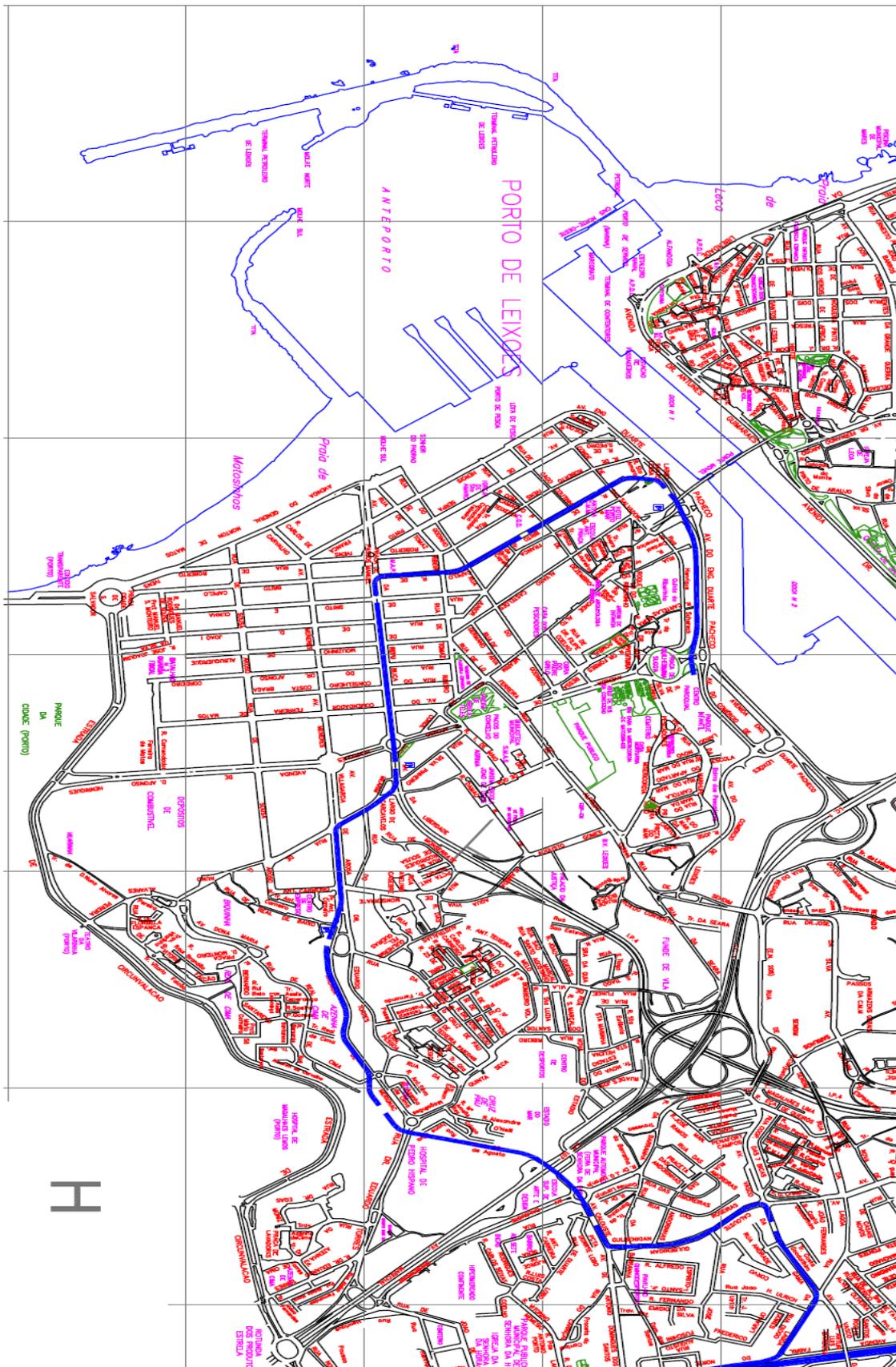


Figura A1-Mapa de Matosinhos com nome de ruas