

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

DOCUMENTO DE REFERÊNCIA

PARTE II - PROJETO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA - ESPECIFICAÇÕES

2ª EDIÇÃO - 2018





ÍNDICE

1. CLASSIFICAÇÃO DA VIA E NÍVEIS MÍNIMOS DE REFERÊNCIA	
1.1 Metodologia de projecto	4
1.2 Classes de Iluminação M	5
1.3 Classes de Iluminação P	7
1.4 Classes de Iluminação C	9
1.5 Iluminação de passeadeiras	10
2. SELEÇÃO DE CLASSES EM DIFERENTES PERÍODOS NOTURNOS	12
3. POLUIÇÃO LUMINOSA	13
3.1 Impactos da Poluição Luminosa	13
3.2 Recomendações para zonas consideradas críticas	13
4. TEMPERATURA DE COR	14
5. VISÃO MESÓTICA	14
6. RENDIMENTO DE UTILIZAÇÃO DA INSTALAÇÃO	15
6.1 Fator de Manutenção da Luminosidade da Lâmpada (FMLL)	15
6.2 Fator de Sobrevivência da Lâmpada/fonte de luz (FSL)	16
6.3 Fator de Manutenção da Luminária (FML)	16
6.4 Fator de Manutenção Global (FM)	17
6.5 Potência do Sistema	17
7. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UMA INSTALAÇÃO	18
7.1 Indicadores de Eficiência Energética	18
8. PROJECTO E OBRA	20
8.1 Documentação a incluir na Fase de Projeto	20
8.2 Avaliação de custos	20
9. DOCUMENTAÇÃO A ENTREGAR APÓS A CONCLUSÃO DA OBRA	22
10. MEDIÇÃO PARA VALIDAÇÃO	23
11. CASO DE ESTUDO	24
12. BIBLIOGRAFIA	24

1. CLASSIFICAÇÃO DA VIA E NÍVEIS MÍNIMOS DE REFERÊNCIA

Para a classificação das instalações haverá quatro tipos de classificação:

- Classes de iluminação M
- Classes de iluminação C
- Classes de iluminação P
- Iluminação de Passadeiras

Uma classe de iluminação é definida por um conjunto de requisitos fotométricos que visam as necessidades visuais dos utilizadores, em certos tipos de vias rodoviárias e meio ambiente.

As necessidades podem variar em diferentes períodos durante a noite e também em diferentes estações do ano, portanto, as classes podem variar durante esses períodos.

Para estabelecer os níveis de iluminação dentro de uma determinada classe ou zona deverá ser utilizado o método simplificado preconizado na CIE 115:2010, reduzindo o número de parâmetros necessários e obviando às interpretações diversificadas a que a aplicação direta da norma EN 13201 poderia conduzir.

As passagens de peões serão objeto de metodologia especialmente criada para o efeito, com base na experiência e recomendações internacionais.

1.1. METODOLOGIA DE PROJETO

Antes de começar, aborde o responsável/coordenador da parte do cliente, identifique os seus interesses e preocupações, procure saber se há alguma classificação de via pré-determinada, senão, peça que lhe faculte parâmetros para determinar o tipo de via e a respetiva classe de iluminação das expectativas para o local, bem como a disponibilidade ou o tipo de rede elétrica.

Estude o projeto, região ou local a iluminar incluindo as estradas, os cruzamentos, etc. e identifique as seguintes características:

- Identifique passagens inferiores, túneis, zonas ajardinadas, vias de aceleração, vias de saída, vias de serviço, zonas

de estacionamento, passeios, ciclovias, curvas abruptas, zonas de conflito, número de faixas de rodagem, etc;

- Identifique passagens de peões;
- Identifique estruturas, paredes, cercas, valas, linhas de água, lagos ou rios;
- Identifique quaisquer hospitais, áreas residenciais, aeroportos, observatórios, industriais, comerciais, rede natura ou qualquer outro local crítico próximo;
- Identifique as cotas das diferentes zonas a iluminar, rampas, viaduto, passagens inferiores, etc. no projeto;
- Determine a largura dos diferentes pavimentos/segmentos do local a iluminar;
- Visite o local do projeto para ter uma sensação da área;
- Determine se o projeto é uma extensão de uma área com padrões existentes e/ou tipos de pontos de luz existentes que precisam ser combinados;
- Identifique possíveis limitações à manutenção da instalação para a ideia de disposição que tem para o local;
- Identifique as zonas possíveis para a instalação dos pontos de luz, tendo a preocupação de que os mesmos não venham a constituir uma barreira arquitetónica para os possíveis tipos de utilizadores, por exemplo, utilizadores em cadeiras de rodas, carrinhos de bebés, etc;
- Identifique se existem árvores próximas. Qual o tipo, a envergadura futura, o tipo de copa, se existe plano de poda, etc;
- Identifique a classificação apropriada do pavimento (R1, R2, R3 ou R4).

Nos pontos seguintes serão definidas as metodologias para a seleção das classes de iluminação.

1.2. CLASSES DE ILUMINAÇÃO M

As classes M destinam-se a vias para tráfego motorizado, como autoestradas, vias de circulação periféricas aos tecidos urbanos, vias de acesso, estradas secundárias, estradas municipais, de traçado simples e, as vias dentro do perímetro urbano de tráfego misto, onde interagem peões, veículos não motorizados e motorizados, no entanto, com predominância de veículos motorizados.

Estarão excluídas desta classe todas as áreas que constituam zonas de conflito.

Estas classes baseiam-se no cálculo de luminâncias na superfície de via e incluem valor de luminância média na via, uniformidade geral, uniformidade longitudinal, valor de encadeamento incapacitante TI (incremento limiar) e relação de entorno (EIR) para pisos secos.

Os pisos molhados são situações excepcionais e raras no nosso país, mas para casos muito particulares de vias com pisos predominantemente molhados devem prevalecer os valores indicados na norma EN 13201-2:2015, isto é, em tudo iguais aos valores do piso seco exceto a uniformidade geral, cujo o valor é 0,15 para todas as classes.

NOTAS:

Nos casos em que seja impossível o cálculo de luminâncias porque o traçado da via não permite, colocar o observador a 60 metros de distância ou porque as luminâncias calculadas poderão ser, na prática, fortemente alteradas pela contribuição de montras, muppis, áreas muito iluminadas adjacentes à via, etc., deverão ser classificadas como zonas de conflito.

O projetista deverá ter em consideração que os níveis de luminância apontados para a classe M se baseiam em indivíduos de 23 anos de idade.

O projetista deverá ter sempre presente que a iluminação também serve de orientação visual e, deste modo, deve, sempre que possível, ter isso em conta na disposição dos pontos de luz e evitar disposições que possam causar confusão ao condutor. Por exemplo, os pontos de luz numa curva devem ser colocados pelo lado exterior.

Para as classes M, os níveis médios calculados não deverão ultrapassar 120% nem ser inferiores a 95% dos níveis de referência da tabela em baixo.

Classe da Via	Luminância da superfície da via em condições secas			Deslumbramento Perturbador	Iluminação Envolve
	Luminância média Lm (cd/m ²)	Uniformidade Global U0	Uniformidade Longitudinal U1	Incremento limiar TI (%)	Relação Entorno EIR
M1	2,00	0,40	0,70	10	0,35
M2	1,50	0,40	0,70	10	0,35
M3	1,00	0,40	0,60	15	0,30
M4	0,75	0,40	0,60	15	0,30
M5	0,50	0,35	0,40	15	0,30
M6	0,30	0,35	0,40	15	0,30

1.2.1. DETERMINAÇÃO DA CLASSE M

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

Parâmetro	Opções	Factor de Peso
Velocidade	Muito alta	1
	Alta	0,5
	Moderada ou reduzida	0
Volume de Tráfego	Muito elevado	1
	Alto	0,5
	Moderado	0
	Baixo	-0,5
Composição do Tráfego	Muito baixo	-1
	Elevada percentagem de não motorizados	2
	Misturado	1
Separação das Faixas	Apenas motorizado	0
	Não	1
Densidade de Cruzamentos	Sim	0
	Alta	1
Veículos Estacionados	Moderada	0
	Presente	1
Luminância Ambiente	Não presente	0
	Alta	1
	Moderada	0
Controlo do Tráfego	Baixa	-1
	Fraco	0,5
Controlo do Tráfego	Moderado ou Bom	0

Para a determinação da classe M, e de acordo com a metodologia seguida pela CIE 115:2010, deve proceder-se do seguinte modo:

1. Atribuir, apropriadamente, um fator de peso a cada trâmite especificado (já atribuído na tabela para efeitos de normalização);
2. Somar todos esses fatores selecionados, obtendo um valor "Total";
3. Introduzir esse valor na equação: Índice (M) = 6 - Total, obtendo o índice da classe M.

De notar que poderá ser necessário arredondar o valor "Total" para o número inteiro mais baixo, ou mesmo limitar o intervalo de valores possíveis entre [0 - 6].

Para determinação das opções para a velocidade deverá ser utilizada, como referência, a seguinte tabela:

Velocidade	Índice de valores (km/h)
Moderada ou reduzida	[0;70]
Alta	[70;100]
Muito alta	Superior a 100

Para determinação das opções para o volume de tráfego deverão ser utilizados, como referência, os seguintes valores de IMD (diurno e noturno):

Volume de tráfego	Índice de valores (por dia)
Muito baixo	inferior a 4.000
Baixo	4.000 a 15.000
Moderado	15.000 a 25.000
Alto	25.000 a 40.000
Muito alto	superior a 40.000

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

Luminância Ambiente	Índice de valores (por dia)
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 (ex.: estacionamento)

Caberá ao projetista, em situações especiais (por exemplo, determinação do volume de tráfego), realizar a avaliação em alinhamento com o RMIP (Regulamento Municipal de Iluminação Pública) ou PDIP (Plano Director de Iluminação Pública) da responsabilidade da autarquia/cliente.

1.3. CLASSES DE ILUMINAÇÃO P

As classes de iluminação P destinam-se a zonas exclusivas para peões e/ou ciclovias, com tráfego misto predominantemente pedonal ou com veículos não motorizados, e a todas as vias em que a velocidade de circulação de veículos motorizados seja inferior a 50Kms/h.

Exemplos de zonas/vias de classes P são:

- Passeios ou ciclovias;
- Parques e jardins;
- Zonas residenciais bem delimitadas ou de tráfego motorizado quase exclusivo dos residentes, e vias sem saída;
- Zonas históricas com vias exclusivamente de peões ou com acesso limitado a tráfego motorizado.

Importante lembrar, que as necessidades visuais dos utilizadores das classes P, principalmente peões e ciclistas, diferem bastante das necessidades visuais de um condutor de um veículo automóvel.

Estes utilizadores movem-se a velocidades mais baixas, em espaços delimitados ou confinados às suas zonas residenciais, com múltiplos ângulos de visão, não têm um tejadilho que os proteja do impacto do ponto de luz mais próximo e deslocam-se em áreas onde o ponto de luz está a baixa altura, entre 3 a 5 metros.

Este tipo de utilizadores espera que a iluminação cumpra os seguintes objetivos:

- Segurança para não tropeçar / cair enquanto circula;
- Segurança para não ser atingido por veículos ou bicicletas;
- Aumento da perceção de segurança pessoal e possibilidade de antecipação de um ato agressivo;
- Redução de luz intrusiva nas suas residências;
- Melhoria na aparência do bairro /área;
- Redução do encandeamento incapacitante e que limite o desconforto visual;
- A utilização de fontes de luz com uma restituição de cores ≥ 70 .

Experiências e inquéritos a este tipo de utilizadores revelam uma tendência para:

- Preocupação com a aparência durante o dia do ponto de luz instalado;
- Consideram o encandeamento provocado pela luminária um fator importante para a aceitação da solução;
- Preferem luminárias que produzam luz atenuada no solo e sem grandes brilhos;
- Preferem fontes de luz de tonalidade branco quente ou temperaturas de cor $\leq 3000K$;
- Revelam uma preocupação crescente com soluções que respeitem os ecossistemas existentes na área.

Os critérios de qualidade para avaliação das classes P baseiam-se no cálculo de luminância horizontal, a uniformidade geral e o controlo de encandeamento direto.

Neste último ponto, dada a inexistência de uma métrica internacional fiável para este tipo de utilizadores, por razões anteriormente referidas é, no entanto, importante evitar luminárias de brilhos intensos ou com óticas que não privilegiem o conforto visual.

Para o aumento do reconhecimento facial é necessário não descurar a iluminância vertical e semicilíndrica. O projetista não deve descurar, no caso de vias pedonais estreitas, classes P, zonas comerciais ou históricas ladeadas por edifícios, a contribuição das reflexões nas paredes e da iluminação direta de montras/janelas para a iluminância horizontal/vertical.

Os níveis de iluminação apontados na tabela são valores mínimos e em algumas situações, pelo carácter artístico que a solução possa vir a ter, os valores podem sofrer um incremento até 1,5 vezes o valor mínimo estipulado para a classe.

Não deve ser descurada a contribuição de um maior IRC para o reconhecimento facial.

NOTA:

Este documento não incorpora as classes HS SC e EV por as mesmas serem aplicáveis para casos muito específicos, e neste sentido, fica a cargo do decisor a opção da sua aplicação. Contudo, a sua validação no terreno torna-se bastante difícil e complexa. A classificação e a metodologia de determinação das mesmas podem ser encontradas na EN 13201-2:2015.

1.3.1. DETERMINAÇÃO DA CLASSE P

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

Classe	Iluminância horizontal		Requisitos adicionais para reconhecimento facial	
	E^a [mínimo mantido] lx	E_{\min} [mantido] lx	E_{vmin} [mantido] lx	$E_{sc,min}$ [mantido] lx
P1	15,0	3,0	5,0	5,0
P2	10,0	2,0	3,0	2,0
P3	7,5	1,5	2,5	1,5
P4	5,0	1,0	1,5	1,0
P5	3,0	0,6	1,0	0,6
P6	2,0	0,4	0,6	0,2

a) para assegurar a uniformidade, o valor real da iluminância média mantida não deve exceder 1,5 vezes o valor E mínimo indicado para a classe

Para a determinação da classe P, e de acordo com a metodologia seguida pela CIE115:2010, deve proceder-se do seguinte modo:

1. Atribuir, apropriadamente, um fator de peso a cada trâmite especificado. (já atribuído na tabela para efeitos de normalização);
2. Somar todos esses fatores selecionados, obtendo um valor "Total";
3. Introduzir esse valor na equação: Índice (M) = 6 – Total, obtendo o índice da classe P.

De notar que poderá ser necessário arredondar o valor de "Total" para o número inteiro mais baixo, ou mesmo limitar o intervalo de valores possíveis entre [0 - 6].

Parâmetro	Opções	Factor de Peso
Velocidade	Reduzida	1
	Muito reduzida (caminhar)	0
	Muito elevado	1
Volume de Tráfego	Alto	0,5
	Moderado	0
	Baixo	-0,5
Composição do Trânsito	Muito baixo	-1
	Pedestres, ciclistas e tráfego motorizado	2
	Pedestres, e tráfego motorizado	1
Veículos Estacionados	Pedestres e ciclistas	1
	Apenas pedestres	0
	Apenas ciclistas	0
Luminância Ambiente	Presente	1
	Não presente	0
	Alta	1
Reconhecimento facial	Moderada	0
	Baixa	-1
Reconhecimento facial	Necessário	0,5
	Moderado ou Bom	0

1.4. CLASSES DE ILUMINAÇÃO C

As zonas de conflito ocorrem quando vias de circulação automóvel se intersectam ou desembocam em áreas frequentadas por pedestres, ciclistas ou outros utilizadores, sendo exemplo:

- Cruzamentos;
- Rotundas;
- Alteração da geometria da via, que resulte em redução do número ou largura de faixas;
- Pontos negros/ locais de elevada taxa de acidentes.

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

- 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.

O critério de qualidade a seguir para as zonas de conflito deve ser o das luminâncias, no entanto, haverá casos em que, pela distância e visão ser inferior a 60 metros e na presença de muitos e diferentes observadores, resulta impossível o cálculo de luminâncias e, nestes casos deve aplicar-se o critério de iluminâncias.

Classe da Estrada Adjacente	Classe da Área de conflito
M1	M1+30%
M2	M1
M3	M2
M4	M3
M5	M4
M6	M5

Classe da zona de Conflito	Íluminância média da superfície E em lx	Uniformidade da iluminância U_0 (E)
C1	30	0,4
C2	20	0,4
C3	15	0,4
C4	10	0,4
C5	7,5	0,4

A zona de conflito deverá ter uma classificação da via com uma classe imediatamente superior à via de maior classe que converge para essa mesma zona, exceto se essa via convergente já for de classe M1. Nesse caso, a zona de conflito deverá ter um acréscimo de 30%, devendo ser utilizada a seguinte tabela:

Em zonas de conflito, como rotundas ou entroncamentos, cujas vias convergentes não são iluminadas, deve-se seguir o mesmo critério utilizado para se determinar as classes M, com base nas recomendações CIE 115/2015.

NOTA:

Os valores indicados para as zonas de conflito são valores mínimos e não devem ser inferiores a 0,95, nem superiores a 1,2 dos valores mínimos indicados para a classe determinada. No caso das uniformidades, os valores não poderão ser inferiores aos valores mínimos.

Por decisão do dono de obra, estes valores poderão ultrapassar até 1,5 vezes a classe mais elevada, por razões de humanização dos espaços, por reforço da atratividade da zona comercial, etc.

Devido ao maior número de observadores, direções distintas, diferentes orientações de luminárias e com distâncias de visão inferiores a 60 metros, resulta impossível calcular o TI pela fórmula usada para as Classes M e, para estes casos, a EN13201: 2015 aponta uma outra fórmula baseada na Lei de Lambert.

1.5. ILUMINAÇÃO DE PASSADEIRAS

São zonas criadas para permitir o atravessamento das vias por parte dos peões, onde durante a noite há um risco elevado de colisão entre veículos motorizados e os peões.

Esta classe é para ser utilizada em zonas de classe M, zonas de conflito ou classe P com tráfego motorizado.

Para permitir o atravessamento em segurança dos peões nestas zonas durante a noite, é necessário dotar a passadeira com um nível de iluminação que seja visível a uma distância que induza o condutor do veículo automóvel a uma condução defensiva.

Esse nível servirá também para o peão identificar facilmente a zona de passadeira na via.

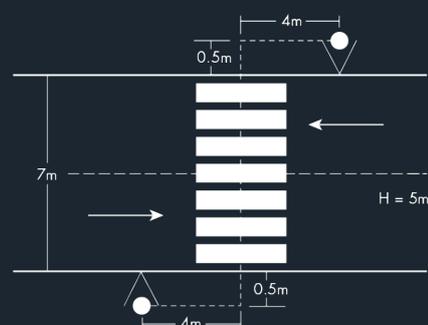
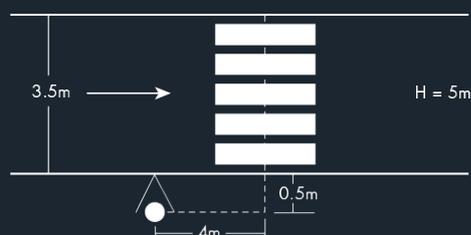
O nível de iluminação serve não só para uma fácil identificação, mas também para permitir que o condutor visualize facilmente o peão.

Tratando-se de uma zona de classe de iluminação M é normal que seja predominante o contraste negativo, isto é, o efeito silhueta.

Para que o peão seja bem visível é boa regra dotar a zona de atravessamento com uma iluminação que privilegie o contraste positivo, com o peão iluminado contra um fundo escuro.

Para o efeito, deve optar-se por luminárias com óticas assimétricas e posicionadas de forma a que a orientação seja à direita ou à esquerda, conforme os sentidos de tráfego (ver esquemas em baixo) para obtenção de um elevado nível de iluminação vertical até 1 metro de altura e com uma fonte de luz cuja a temperatura de cor contraste com a restante via.

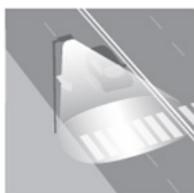
No caso dos LEDs aconselha-se uma temperatura de cor $\geq 5000\text{K}$ para vias iluminadas a vapor de sódio alta pressão ou LEDs de temperatura de cor $\leq 4000\text{K}$.



1 via | 1 sentido

2 vias | 2 sentidos

TIPOS DE FOTOMETRIAS



Orientação da iluminação à direita



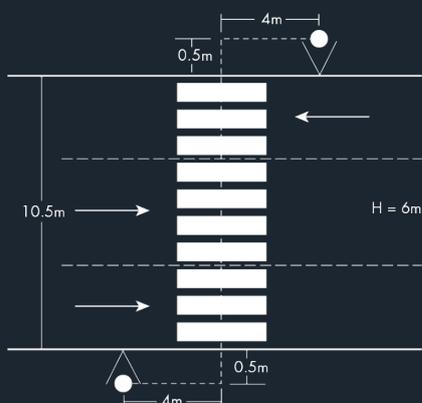
Orientação da iluminação à esquerda

Para além do elevado nível de iluminação vertical, numa passadeira poderão ser associadas outras soluções, como olhos de gato no pavimento, sinalética luminosa intermitente no próprio apoio da luminária, tinta refletora e piso de cor diferente.

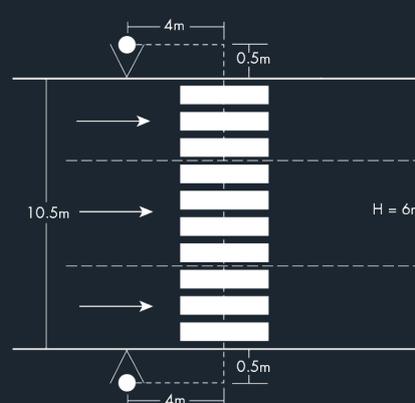
A norma EN 13201 não especifica nada para estas zonas, no entanto a prática corrente em grande parte da Europa é dotar estas zonas com os seguintes níveis:

- Iluminação vertical média, no eixo da passadeira, a uma altura de 1m: $E_v \geq 40$ lux;
- Uniformidade da iluminação vertical na faixa em frente ao condutor (U_o): 0,20;
- Iluminação horizontal média no cruzamento ao nível do solo: $E \geq 80$ lux;
- Uniformidade da iluminação horizontal (U_o): 0,30.

Os pontos de luz devem ter uma altura entre os 5 e os 6 metros e a sua disposição deve obedecer aos esquemas em baixo.



3 vias | 2 sentidos



3 vias | 1 sentido

2. SELEÇÃO DE CLASSES EM DIFERENTES PERÍODOS NOTURNOS

A aplicação de sistemas de regulação de fluxo luminoso, de configuração estática ou dinâmica, que permita promover uma maior eficiência energética recorrendo à diminuição do nível de luminância/iluminância em períodos de menor tráfego ou atividade, é possível, desde que autorizada pelo decisor, que indicará qual o tipo, onde e como os utilizar.

Recomenda-se que a aplicação destes sistemas não conduza a uma redução que resulte num nível abaixo dos níveis mínimos da classe mais baixa da categoria de via.

A classe ou as classes podem ser pré-determinadas pelo dono de obra ou calculadas pelo projetista, aplicando o mesmo critério da publicação CIE 115:2010, com base no conhecimento dos parâmetros a aplicar, ao longo da noite.

As passagens de peões deverão estar fora do conceito de iluminação adaptativa, exceto para as soluções que funcionem conjuntamente com sensores de presença. Contudo, não se recomenda apagar a luminária, mesmo com este tipo de solução.

É totalmente desaconselhável desligar intervaladamente ou apagar pontos de luz como solução de iluminação adaptativa.

Em zonas junto a observatórios astronómicos, rede natura, parques naturais, instalações críticas como hospitais, instalações militares ou outras, é possível aplicar a solução “toque de queda” (desligar) a partir de determinada hora.

3. POLUIÇÃO LUMINOSA

A poluição luminosa é uma consequência indesejada da iluminação exterior e inclui efeitos como brilho do céu, luz intrusiva e encandeamento, sendo a causa o somatório dos fluxos luminosos emitidos pelas luminárias para o hemisfério superior juntamente com o fluxo refletido pelo entorno e todo o fluxo diretamente emitido para a zona a iluminar que não resulte em luz útil.

3.1. IMPACTOS DA POLUIÇÃO LUMINOSA

1 - POLUIÇÃO LUMINOSA ECOLÓGICA

Os efeitos da poluição luminosa, direta ou indiretamente, no meio ambiente podem ser difíceis de quantificar.

Quando há campos, montanhas, bosques, rios, lagos, e/ou zonas costeiras que estão situados muito perto de uma instalação de iluminação existe a possibilidade, dependendo da estação do ano, de a iluminação ter efeitos adversos sobre insetos, plantas e animais dentro dessas zonas, contribuindo para a perturbação do habitat.

2 - POLUIÇÃO LUMINOSA ASTRONÓMICA

Os efeitos sobre as observações astronómicas implicarão, geralmente, a modificação das condições de visão de céu noturno. Já vimos que o brilho de céu artificial contribui para uma redução do contraste, colide com as características espectrais do brilho do céu, de forma que a luz desse brilho não seja filtrada facilmente pelos meios óticos do telescópio e a da própria luz direta da instalação, incidindo sobre o Observatório.

3 - DESPÉRDICIO DE ENERGIA EM LUZ NÃO ÚTIL E COM IMPACTO DIRETO NAS EMISSÕES CO₂

4 - ENCANDEAMENTO E LUZ INTRUSIVA

Dentro destes destacamos:

- Impactos sobre os residentes;
- Luz directa e encandeante ou luz intrusiva;
- Impactos sobre turistas, visitantes ou residentes, normalmente associados à iluminação decorativa,

por excesso e/ou uso de cor de forma inapropriada, causando ruído visual;

- Impactos sobre os condutores, quando estes por via da poluição luminosa estão sujeitos a um excesso de luz que lhes provoca cansaço visual ou até perda de acuidade visual;
- Impactos sobre o conforto visual e possíveis impactos sobre a saúde humana, dependendo do tempo de exposição.

3.2. RECOMENDAÇÕES PARA ZONAS CONSIDERADAS CRÍTICAS

Para vias próximas de zonas críticas, como aeroportos, hospitais, observatórios, bem como para vias incluídas em áreas classificadas (parques naturais, rede natura, zonas de proteção especial, etc.) e desde que fora dos aglomerados urbanos, ou ainda para outras vias incluídas no PDM (Plano Director Municipal) e/ou no PDIP (Plano Director de Iluminação Pública), o valor (ULOR) deverá ser menor que 1%.

Caso o PDM ou o PDIP não especifique outro valor em zonas residenciais e vias fora dos centros urbanos, o ULOR deverá ser inferior a 5%.

Nestas zonas, o projetista deve optar por luminárias com óticas full cutoff e evitar exceder os níveis mínimos de iluminação aconselhados.

Estes são valores recomendáveis e não se sobrepõem, se for essa a decisão do dono de obra, à publicação da CIE 150:2003.

4. TEMPERATURA DE COR

Muito se tem escrito e falado sobre os impactos não visuais da luz branca fria nos utilizadores. No entanto, não há certezas quanto ao período da noite, à duração, à intensidade e ao espectro em que decorre essa exposição.

Recomenda-se que em zonas fora do perímetro urbano e exclusivas para tráfego motorizado, as fontes de luz utilizadas não ultrapassem a temperatura de cor (TC) de 5000K, +/-300K.

Para zonas dentro do perímetro urbano, independentemente do número de habitantes que interagem naquele espaço, as fontes de luz utilizadas não devem ultrapassar a temperatura de cor (TC) de 4000K, +/-300K, com exceção de passeadeiras.

5. VISÃO MESÓPICA

Na CIE191:2010, que tem como objetivo definir e recomendar um sistema de fotometria mesópica de fácil implementação na prática, já são apresentados valores da intensidade luminosa na visão mesópica, nomeadamente onde a visão periférica prevalece.

Este sistema de fotometria considera a diferença entre a visão mesópica e a fotópica para um intervalo de luminância entre 5 cd/m² e 0,005 cd/m², e tem em consideração as diferentes fontes de luz através dos seus rácios S/P. No entanto, a utilização do rácio S/P permanece ainda algo subjetiva, carecendo de normalização.

Pese embora, está comprovado que em zonas de classe P onde a velocidade não exceda os 30 Kms/h a mais valia que a luz branca introduz ao espaço e a maior sensibilidade à luz (brilho) na visão periférica. No entanto o desconforto visual e os impactos na biodiversidade são uma realidade quando se aumenta a temperatura de cor.

Se a opção for apesar de tudo, iluminar com temperaturas de cor mais elevadas, o projetista com o acordo do dono de obra, pode aplicar uma classe imediatamente inferior, para fontes com temperaturas de cor superiores a 4000K.

6. RENDIMENTO DE UTILIZAÇÃO DA INSTALAÇÃO

A eficiência energética de uma instalação de IP está fortemente associada a um fator de utilização, que por sua vez dependerá substancialmente de fatores iniciais:

- Eficiência energética da fonte e acessórios (lm/W);
- Características fotométricas da luminária.

Quanto maior for o fator de utilização da instalação menor é o desperdício de energia em luz não útil e, portanto, maior a eficiência energética da solução.

O DREEIP incluirá uma calculadora que, entre muitos indicadores de desempenho, calculará o fator de utilização em cada zona do perfil e o total da instalação. Deste modo, o decisor terá mais instrumentos para determinar qual a melhor solução.

É essencial que os métodos de medida e de apresentação das características fotométricas de lâmpadas/fontes de luz e de luminárias cumpram a norma EN 13032, "Luz e iluminação. Medição e apresentação de dados fotométricos das luminárias."

As características técnicas dos equipamentos tidos em consideração no projeto de IP deverão ser comprovadas por laboratórios independentes certificados, e ser conformes com as especificações técnicas e funcionais das autarquias ou concessionária das redes. Na ausência destas, os equipamentos deverão cumprir com as normas europeias aplicáveis e ter marcação CE.

Fonte de luz	Tempo de Operação (mil horas)					
	4	6	8	10	12	H*
Vapor Sódio Alta Pressão	0,98	0,97	0,94	0,91	0,90	-
Iodetos Metálicos	0,82	0,78	0,76	0,74	0,73	-
Vapor Sódio Baixa Pressão	0,98	0,96	0,93	0,90	0,87	-
CFL	0,91	0,88	0,86	0,85	0,84	-
LED	-	-	-	-	-	Lx@ T°C**

* H = nº de horas a definir pelo projectista

** Depreciação de acordo com o nº de horas "x" (ex:L80,L90) e a temperatura ambiente "T°C" (ex:25°C, 35°C) definidos pelo projectista

6.1. FATOR DE MANUTENÇÃO DA LUMINOSIDADE DA LÂMPADA (FMLL)

O fluxo luminoso decresce ao longo do tempo. A taxa exata irá depender do tipo de fonte de luz e do balastro ou driver.

NOTA 1:

O tempo de operação apresentado na tabela pressupõe que decorrido o tempo selecionado a fonte de luz tenha que ser substituída. No caso da tecnologia LED, dever-se-á considerar um FMLL de 0,7 para um tempo de operação correspondente a uma depreciação do fluxo luminoso de 70% (L70) reportada pelo fabricante.

Outro fator poderá ser considerado, de acordo com a informação prestada pelo fabricante, e de acordo com a duração e temperatura ambiente definidas pelo projectista, mas neste caso é importante lembrar que decorrido esse tempo a instalação estará, em princípio, abaixo do nível mínimo para a qual foi projetada, tendo de ser substituída a(s) luminária(s).

NOTA 2:

A utilização do conceito/tecnologia CLO (Constant Lumen Output) vem introduzir importantes ganhos na durabilidade, no consumo e na fiabilidade das luminárias de tecnologia LED. Quando em presença do sistema de controlo CLO, o fator a aplicar será o definido pelo projectista: Lx(By)@h/projectista (ex: Lx(By)@50.000, Lx(By)@100.000), e neste caso a luminária deverá ser substituída ao fim das horas pré-definidas pelo projectista.

Portanto, o valor a considerar será o L, independentemente do valor B. Por exemplo, L80B10 implicará um FMLL de 0,8.

NOTA 3:

Na tecnologia LED, e para efeitos de comparação, é normal considerar-se o valor de referência às 100 mil horas. No entanto, o projetista poderá definir por outro valor, menor ou maior, tendo sempre de o indicar, bem como a temperatura ambiente por ele definida, para efeitos do plano de manutenção.

6.2. FATOR DE SOBREVIVÊNCIA DA LÂMPADA/FONTE DE LUZ (FSL)

O fator de sobrevivência da lâmpada (fonte de luz (FSL) é a probabilidade das fontes de luz continuarem operacionais durante um determinado período de tempo. A taxa de sobrevivência depende dos seguintes fatores:

- Tipo de fonte de luz;
- Potência;
- Frequência de comutação;
- Balastro/Driver.

Fonte de luz	Tempo de Operação (mil horas)				
	4	6	8	10	12
Vapor Sódio Alta Pressão	0,98	0,96	0,94	0,92	0,89
Iodetos Metálicos	0,98	0,97	0,94	0,92	0,88
Vapor Sódio Baixa Pressão	0,92	0,86	0,80	0,76	0,62
CFL	0,98	0,94	0,90	0,78	0,50
LED	-	-	-	-	1

6.3. FATOR DE MANUTENÇÃO DA LUMINÁRIA (FML)

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

Na análise da depreciação de um sistema é importante ser capaz de reconhecer o tipo e a quantidade de poluição existente, de modo a avaliar convenientemente o tipo de luminária a utilizar, bem como os requisitos de limpeza.

Por exemplo, a poluição numa zona industrial é normalmente bastante superior à encontrada numa zona rural. Também o pó seco de uma pedreira é muito diferente do lixo criado pelos insetos.

Poluição	Definição
Alta	Fumo gerado por atividades relativamente próximas, envolvendo as luminárias.
Baixa	Nível de contaminação ambiente baixo, não existindo fumo ou poeiras geradas nas proximidades. Verifica-se em zonas residenciais ou áreas rurais, com tráfico ligeiro. Possui um nível de partículas no meio ≤ 150 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

NOTA 1:

Por uma questão de uniformidade utilizou-se o tempo de operação, embora neste caso se trate do tempo de instalação da luminária.

NOTA 2:

O tempo de operação apresentado na tabela pressupõe que decorrido o tempo selecionado a luminária tem de ser alvo de manutenção, limpeza, reapertos, etc.

NOTA 3:

No caso de tecnologia LED deve aplicar-se a mesma metodologia, lente directa ou sistema ótico protegido com vidro, independentemente de serem os dois IP66.

6.4. FATOR DE MANUTENÇÃO DA INSTALAÇÃO (FM)

O Fator de Manutenção (FM) da instalação deverá ser o resultado do seguinte produto:

- $FM = FM_{LL} \times FSL \times FML$

Assim, considerando o exemplo de um período de 3 anos, tem-se:

Poluição	Definição
Lâmpada de VSAP com luminária IP 66 (difusor de vidro em poluição baixa)	$F_m = 0,90 \times 0,89 \times 0,88 = 0,7$
LED com luminária IP 66 (difusor de vidro em poluição baixa)	$F_m = 0,90^* \times 1 \times 0,88 = 0,8$
Iodetos Metálicos com luminária IP 66 (difusor de vidro em poluição baixa)	$F_m = 0,73 \times 0,88 \times 0,88 = 0,6$

* De acordo com o definido pelo projectista. (ex: L90@25°C - 0,90; L80@35°C - 0,80)

6.5. POTÊNCIA DO SISTEMA

Os valores de projeto deverão ter como referência a potência unitária do sistema (lâmpadas mais auxiliares), de acordo com o disposto na tabela ao lado.

NOTA: Na tecnologia LED, devido à diversidade de drivers no mercado é difícil estabelecer uma tabela de referência. Neste sentido, o fabricante deve indicar a potência da luminária/motor incluindo todos os componentes.

A potência de uma luminária LED a considerar quando em presença de CLO, para os cálculos dos indicadores de desempenho, será calculada da seguinte forma:

$$P_m = P_{max} + P_{min} / 2$$

Onde:

- P_m – potência média da luminária
- P_{max} – potência resultante do cálculo para nível de serviço
- P_{min} – potência mínima do sistema no arranque da instalação
- $P_{min} = P_{max} \times L_x$
- L_x – Parâmetro indicado pelos fabricantes e que indica fluxo médio da luminária às 100 mil horas ou outro período de referência indicado pelo projetista

Lâmpadas	Fluxo (lm)	Lâmp (W)	Potência (Lâmp + Equip)		Eficiência global lm/W		
			Ferro	Eletro	Ferro	Eletro	
Sódio tubular E27-E40	50	4400	50	62	59	71	75
	70	6600	70	85	79	78	84
	100	10700	100	116	112	92	96
	150	17500	150	170	167	103	105
	250	33200	250	270	-	123	-
	400	56500	400	430	-	131	-
Sódio opalino E27-E40	50	3400	50	62	59	55	58
	70	5600	70	85	79	66	71
	100	8500	100	116	112	73	76
Luz branca COS-MOW-HITE	45	4300	45	-	51	-	84
	60	6800	60	-	67	-	101
	90	10450	90	-	99	-	106
	140	16500	140	-	153	-	108
Iodetos metálicos G12	35	3500	38	45	43	78	81
	70	7300	72	83	79	88	92
	150	15000	150	170	160	88	94
Iodetos metálicos Tubular E27-E40	70	6300	72	83	79	76	80
	100	8700	95	111	107	78	81
	150	13500	147	170	157	79	86
	250	22500	250	270	-	83	-
Iodetos metálicos Ovoide	70	5600	72	83	79	67	71
	100	8300	95	111	107	75	78
	150	12500	147	170	162	74	77

7. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UMA INSTALAÇÃO

7.1 INDICADORES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Durante a fase de projeto de uma instalação de iluminação pública, deve-se ter cuidado para garantir que a classificação da via seja ajustada à real utilização e a outros parâmetros da mesma.

Os critérios especificados no DREEIP, com base na EN 13201-2:2015 devem ser alcançados, mas o excesso de iluminação deve ser reduzido ao mínimo tecnicamente possível.

A iluminação excessiva pode ser minimizada pela seleção cuidadosa da luminária e da fonte de luz, pela correta seleção da classificação da via, da distância entre pontos de luz, da potência e do fluxo luminoso, da uniformidade e da altura do ponto de luz.

Nem sempre é possível encontrar o fluxo exato para a solução e, quando o fluxo luminoso da fonte de luz é maior do que o necessário, o projetista pode optar por luminárias com sistemas de ajuste de fluxo compensar esse efeito reduzindo-o para o nível requerido, resultando daí um menor consumo de energia.

Os mesmos princípios e sistemas de controle podem ser usados para compensar perdas no fluxo luminoso durante a vida útil das fontes de luz.

Para quantificar e comparar as possíveis e diversas soluções dos fabricantes ou diferentes opções de projeto para a mesma zona, as potenciais poupanças obtidas com o melhor desempenho energético e a redução do impacto ambiental, é essencial calcular uma série de indicadores de desempenho, em que os mais importantes são:

- Indicador de densidade de potência (Dp);
- Indicador anual de consumo de energia (D_E);
- Fator de iluminação da instalação;
- Fator de utilização da instalação;
- Índice de eficiência energética, entre outros.

7.1.1 DENSIDADE DE POTÊNCIA (DP)

É a relação entre a potência total do sistema de iluminação e o produto da área total (soma de todas as subáreas) de cálculo pela iluminância média em serviço calculada.

$$D_p = \frac{P}{\sum_{i=1}^n (\bar{E}_i * A_i)}$$

Onde:

- D_p - indicador de densidade de potência, em W·lx⁻¹·m⁻²
- P - potência de sistema da instalação de iluminação usada para iluminar áreas relevantes, ver ponto 4.3, em W
- E - iluminância horizontal média mantida na subárea "i" determinada de acordo com o ponto 4.2, em lx
- A_i - tamanho da subárea "i" iluminada pela instalação de iluminação, em m²
- n - número de subáreas a iluminar

7.1.2 DENSIDADE DE ENERGIA (DE)

É o consumo total de energia durante um ano, noite e dia, da instalação de iluminação, incluindo todos os seus componentes da portinhola ou caixa, do suporte da luminária e com todos os regimes de funcionamento programados ao longo da noite ou da época do ano, em proporção da área total a iluminar pela instalação de iluminação.

$$D_E = \frac{\sum_{j=1}^m (P_j * T_j)}{A}$$

Onde:

- D_E - indicador de consumo energético anual para uma instalação de iluminação viária, em Wh·m⁻²
- P_j - potência operacional associada ao período de operação jth, em W

- T_j - duração do período de operação j^{th} em que é consumida a potência P_j , ao longo de um ano, em h
- A - tamanho da área iluminada pelo mesmo conjunto de iluminação, em m^2
- m - número de períodos com diferentes potências operacionais P_j . m deve também considerar o período durante o qual a potência quiescente é consumida. Este período é geralmente aquele no qual a iluminação não está operacional, ex. horas diurnas e períodos noturnos nos quais a iluminação está desligada.

Não devem ser desprezados os consumos dos componentes eletrónicos, se os houver, durante o dia. Por exemplo, controladores de luminária, drivers ou outros. Este indicador é apenas para a área de estudo calculada, mas o projetista não deverá esquecer todos os consumos dos componentes não incluídos no D_E mas necessários para o funcionamento da instalação, como controladores de segmentos, reguladores de fluxo, relógios ou sistema de comando, quadros elétricos, etc.

7.1.3 FACTOR DE ILUMINAÇÃO DA INSTALAÇÃO (q_{inst})

É o factor adimensional que contabiliza a relação entre a luminância média mantida da superfície da via calculada sobre a iluminação horizontal média mantida calculada na superfície e a média do índice de reflexão adotado no cálculo da luminância.

O fator proposto aqui segue as sugestões da CIE 144:2001 para uma cuidadosa consideração do quociente luminância/iluminância na iluminação pública.

O fator q_{inst} cujo o valor está compreendido entre 0,8 e 1,3, está em estreita correlação com consumos de energia e com a compatibilidade ambiental: por exemplo, os valores crescentes de q_{inst} dentro do referido intervalo correspondem a uma diminuição de 40% do indicador da densidade de potência, um resultado que não pode ser negligenciado.

O ideal é que este fator seja superior a 1 e isso requer um projeto bem delineado.

Este fator só se aplica nas classes M.

$$q_{inst} = \frac{L}{Q_0 * E}$$

Onde:

- L - luminância de estrada mantida média calculada de acordo com a EN 13201-3: 2015, 7.1 e 8.2, em $cd * m^{-2}$
- E - iluminação horizontal média calculada da superfície da estrada quando a luminância da superfície da estrada é L , em lx
- Q_0 - Coeficiente de iluminância média da tabela-r adotada no cálculo de luminância, em sr^{-1}

NOTA:

Este é um parâmetro normalizado, que confere a q_{inst} um caráter adimensional por referência a uma propriedade fotométrica padronizada da superfície da estrada.

7.1.4 RENDIMENTO DE INSTALAÇÃO (RI)

É a relação entre o fluxo luminoso recebido por uma referenciada área e a soma dos fluxos individuais emitidos pelas luminárias com influência nessa mesma área.

O rendimento de utilização total da instalação é a soma de todos os fatores de utilização das subáreas incluídas na área total referenciada.

Resumindo, o rendimento de utilização indica o valor do fluxo desperdiçado para fora da área referenciada e pode ser um instrumento importante para a determinação da(s) melhor(es) fotometria(s) a aplicar na instalação.

8. PROJECTO E OBRA

As qualificações específicas profissionais mínimas exigíveis aos técnicos responsáveis pela elaboração, pela subscrição de projetos e pela direção de obras de IP serão as constantes da Portaria n.º 1379/2009, de 30 de Outubro, para projetos e direção de obras de engenharia, considerando-se que a classificação da obra de IP é a mesma da estrada, arruamento ou espaço exterior que se destinam a iluminar, conforme a Portaria n.º 701-H/2008, de 29 de Julho.

Para um projeto o mais eficiente possível é recomendável que o projetista opte por uma luminária com um elevado fator de utilização e alto rendimento, um fator de manutenção da instalação elevado, um ULOR o mais baixo possível, disposição e alturas das luminárias equilibradas com a área de estudo, eficiência das fontes de luz e auxiliares elevada e, por fim, cumprir as orientações do presente documento.

Considerando que o cadastro da rede de iluminação pública, com a referênciação e a caracterização pormenorizada de todos os equipamentos que a constituem, é um instrumento indispensável para garantir a correta elaboração de futuros projetos, bem como a definição e a implementação de medidas de eficiência energética, é recomendável que todas as entidades responsáveis pela gestão e pela exploração de redes, proprietários e concessionários, procedam à atualização sistemática dos respetivos cadastros.

8.1. DOCUMENTAÇÃO A INCLUIR NA FASE DE PROJETO

- Identificação do responsável pela elaboração do projeto;
- Identificação da obra e sua localização;
- Memória descritiva incluindo conceito por detrás da solução, escolha da fonte, luminária, classificação da via e níveis a obter de acordo com o documento de referência;
- Eficiência energética e classificação energética previsível, exceto na iluminação pedonal e ciclovias;
- Especificação técnica dos materiais, equipamentos e trabalhos necessários para a implementação da solução projetada;
- Peças desenhadas;

- Mapa de quantidades de trabalho;
- Avaliação de custos com base no anexo A da CIE 115:2010.

8.2. AVALIAÇÃO DE CUSTOS

Num sistema de iluminação pública é necessário saber o capital e os custos operacionais envolvidos nas diferentes etapas:

- Quando a necessidade de iluminar é avaliada;
- Quando a prioridade do projeto é determinada;
- Quando o programa de implantação é planeado;
- Quando as diversas soluções técnicas são comparadas;
- Nas estimativas de custos;
- No orçamento global.

À semelhança do cálculo de custos num projeto de construção de vias, iremos seguir, para o cálculo de custos associados a uma instalação de iluminação pública, o método de custos num ponto de vista de análise do ciclo de vida (utilizando como referência um período de 3 anos).

Neste sentido, os custos incluem aquisição de materiais, instalação, manutenção, energia, retirada da antiga solução, reciclagem e custos finais.

Os maiores custos de um sistema de iluminação, a longo prazo, estão associados à utilização de energia e da iluminação.

O projetista deve ter a sensibilidade para o facto de que muitas vezes um custo inicial maior pode trazer a longo prazo importantes ganhos no consumo de energia e manutenção.

8.2.1. CUSTOS DE INSTALAÇÃO

$$C_{in} = \frac{mC_{co} + nC_{lu} + S + C_{ps}}{S}$$

Onde:

- C_{in} – custo da instalação por metro via (€)
- m – número de colunas para a disposição escolhida (1 para disposição unilateral, alternada e central, e 2 para bilateral)
- C_{co} – custo da coluna, incluindo maciço, se houver, e quadro de portinhola (€)
- n – número de luminárias para a disposição escolhida (1 para lateral e alternada e 2 para central e bilateral)
- C_{lu} – custo por luminária incluindo primeira lâmpada (€)
- S – espaçamento entre colunas (no caso de disposição alternada será metade da distância entre duas colunas do mesmo lado da via)
- C_{ps} – Custo da rede elétrica desde do quadro (incluindo cabos, mão-de-obra, valas, etc.) por metro de via (€)

8.2.2. CUSTOS OPERACIONAIS

Não devem ser desprezados os consumos dos componentes eletrónicos, se os houver, durante o dia. Por exemplo, controladores de luminária, drivers ou outros.

Este indicador é apenas para a área de estudo calculada, mas o projetista não deverá esquecer todos os consumos dos componentes não incluídos no D_E mas necessários para o funcionamento da instalação, como controladores de segmentos, reguladores de fluxo, relógios ou sistema de comando, quadros elétricos, etc.

$$C_{op} = \frac{t_1 n P_{lu} C_{en} + \frac{n C_{gr}}{T_2} + q n C_{ir} + m C_{fi}}{S}$$

Onde:

- C_{op} – custos operacionais do primeiro ano, por metro de via (€)
- t_1 – tempo de funcionamento anual da iluminação pública (h)
- t_2 – vida útil da lâmpada/fonte (anos)

- n – n.º de luminárias para a disposição escolhida
- P_{lu} – potência da luminária segundo o DREEIP (kW)
- C_{en} – Custo da energia (€/kWh)
- C_{gr} – custo de reposição de lâmpadas/unid por método de substituição sistemática ou grupo de lâmpadas (€)
- C_{ir} – Custo de reposição individual de lâmpada/fonte por unidade (€)
- q – número estimado de reposição individual de lâmpadas/fonte por ano (1-FSL)
- m – n.º de colunas na disposição escolhida
- FSL – fator de sobrevivência da lâmpada/fonte
- C_{fi} – Custos fixos por coluna (€)
- S – espaçamento entre colunas (m)

NOTA:

Alguns valores indicados como custos operacionais poderão ser entendidos como custos de amortização.

10.2.3. CUSTOS SOB ANÁLISE DO CICLO DE VIDA (POR METRO DE VIA)

$$C_{lc} = C_{in} + \frac{1 - (1 + p)^t}{p} \times C_{op} + \frac{1}{(1 + p)^t} \times V_r$$

Onde:

- C_{lc} – custo atual do ciclo de vida por metro via (€)
- C_{in} – é o custo da instalação por metro via (€)
- p – taxa de juro
- t – período de avaliação (anos)
- C_{op} – custos operacionais do primeiro ano por metro via (€)
- V_r – valor residual (€)

Custos estimados de algumas variáveis (indicativos):

- C_{en} – tarifa aplicada à iluminação pública (0,12 €/kWh)
- C_{gr} – 23,00 € para VSAP ou Iodetos (para os LEDs devem ser utilizados os valores de mercado)
- C_{in} – 37,00 €
- q – 0,15 (fator de manutenção de 85%)

9. DOCUMENTAÇÃO A ENTREGAR APÓS A CONCLUSÃO DA OBRA

- Identificação do responsável pela execução da obra;
- Identificação da obra e sua localização;
- Telas finais;
- Eficiência energética e classificação energética obtida, exceto na iluminação pedonal.

Recomenda-se que a solução instalada seja garantida durante pelo menos 2 anos, pelo instalador/projetista/fabricante.

A instalação poderá ser auditada por um organismo independente e munido dos meios necessários para o fazer.

Esta documentação deverá ficar organizada em dossier próprio, ao qual irão sendo anexados os posteriores relatórios periódicos de medição e monitorização da instalação.

10. MEDIÇÃO PARA VALIDAÇÃO

Como em qualquer sistema de controlo e de monitorização da eficiência energética, também na IP é necessário medir e monitorizar no período imediatamente a seguir à instalação, no caso de uma nova instalação, ou antes e depois, no caso de uma remodelação.

A avaliação dos níveis de iluminação deve ser realizada comparando os valores obtidos em simulação de software com os valores medidos com equipamento apropriado, sendo que a variação não deverá ser superior a +/- 10% (como referência).

Os valores a medir e os procedimentos deverão estar de acordo com a EN13201-4:2015.

A avaliação deverá contemplar o fator de correção ao fator de manutenção considerado no projeto.

Caso se verifique uma diferença superior a +/- 10% entre valores reais e os valores da simulação, deve proceder-se à medição dos níveis de iluminação em 25% da instalação para verificar o correto dimensionamento da rede de iluminação.

Para o cálculo das poupanças relacionadas com as emissões de CO₂ deve ser considerado o fator de conversão publicado no Despacho n.º 17313, de 26 de Junho de 2008, devendo este ser atualizado sempre que for publicado um novo fator de conversão por entidade competente.

Os custos, o consumo real e as emissões de CO₂ associadas à Iluminação Pública devem ser publicados nos sítios institucionais de cada município com a mesma periodicidade com que é realizada a faturação deste tipo de instalações.

11. CASO DE ESTUDO

Face às alterações introduzidas ao Documento de Referência torna-se importante demonstrar a respetiva praticabilidade numa situação de Projeto, pretendendo-se para o efeito que o mesmo seja uma ferramenta de trabalho esclarecedora e que seja obtido o objetivo para o qual foi elaborado e presentemente atualizado.

Para o efeito, o presente Caso de Estudo visa demonstrar como se aplicam os conceitos, classificações e métodos de cálculo expostos no DREEIP de modo a que se entenda a respetiva aplicação e análise.

Para tal considera-se uma via tipo, de perfil simplificado, cujas respetivas condições iniciais proporcionarão a base do nosso estudo, para diferentes condições de iluminação.

11.1. CONDIÇÕES INICIAIS

No início de um projeto devem ser considerados alguns pressupostos, quer seja uma via existente ou uma nova instalação:

- Características e tipo de utilização da via;
- Perfil da via;
- Definição prévia do tipo de instalação a considerar;
- Classificação da Via.

11.1.1. CARACTERÍSTICAS E TIPO DE UTILIZAÇÃO DA VIA

Neste Caso de Estudo considera-se que a velocidade de circulação rodoviária será moderada, tráfego identificado como baixo e misto e estacionamento longitudinal.

11.1.2. PERFIL DA VIA

O perfil da via a considerar é constituído por:

- Passeio (1,5m) + Estacionamento Longitudinal (2,5m) + Via de 2 Sentidos (7m) + Passeio (4,5m)

11.1.3. TIPO DE INSTALAÇÃO A CONSIDERAR

Para o perfil de via previsto, o ponto de luz terá uma altura útil de 8 metros, braço de comprimento 1,25 metros e inclinação de 5°, sendo estas características usualmente utilizadas, e a implantação será do tipo Unilateral.

Ou implantação tipo Quincôncio, sendo que para esta opção o ponto de luz terá na respetiva constituição um braço de comprimento de 0,75 metros e com a mesma inclinação anterior.

11.1.4. CLASSIFICAÇÃO DA VIA

Parâmetro	Condição
Velocidade	60
Volume de Tráfego	4.500 a 15.000
Composição do Trânsito	Misto, com veículos motorizados e peões
Separação das Faixas	Não
Densidade de Cruzamentos	Não
Veículos Estacionados	Presente
Luminância Ambiente	Moderada
Controlo do Trânsito	Não aplicável

Segundo a expressão de cálculo da classe da via no ponto 3.2.1 do DREEIP, obtemos:

Parâmetro	Factor de Peso
Velocidade	0
Volume de Tráfego	- 0,5
Composição do Trânsito	1
Separação das Faixas	1
Densidade de Cruzamentos	0
Veículos Estacionados	1
Luminância Ambiente	0
Controlo do Trânsito	0,5

O índice (M): 6 – 3, sendo o 3 o valor da soma dos diversos fatores de peso.

A classe da via em estudo a considerar será M3.

11.1.5. IDENTIFICAÇÃO DE VALORES LUMINOTÉCNICOS REFERENTES À CLASSE APURADA (AQUI M3)

Parâmetro	Valores
Luminância (cd/m ²)	1
Uniformidade geral (U _o) (%)	40
Uniformidade Longitudinal (U _l) (%)	60
Incremento Limiar Ti (%)	15
Relação Envolvente EIR	0,30

11.2. SELEÇÃO DA LUMINÁRIA

Considera-se dois tipos de fontes de luz para efeitos de análise comparativa: Vapor de Sódio de Alta Pressão (VSAP) e LED.

11.2.1. CARACTERÍSTICAS DAS LUMINÁRIAS

Para ambos os casos são analisadas as características das luminárias:

Características	VSAP	LED
Difusor	Vidro	Lentes diretas
Índice Proteção (IP)	66	66
Fonte de Luz (W)	150	LED
Tempo de Operação	12.000h	L80B10@ Ta=25° C >140000h

13.2.2. FATOR DE MANUTENÇÃO DA INSTALAÇÃO (FM)

Para ambos os casos é definido o factor de manutenção da instalação segundo o **ponto 6.4 do DREEIP**.

Características	VSAP	LED
FMLL (Fator de manutenção da luminosidade da Lâmpada)	0,90	0,80
FSL (Fator de Sobrevivência de Luz)	0,89	1
FML (Fator de Manutenção da Luminária)	0,88	0,88

Assim, FM (Fator de Manutenção da Instalação) para cada tipo fonte de luz será:

- VSAP: $F_m = 0,9 * 0,89 * 0,88 = 0,7$
- LED: $F_m = 0,8 * 1 * 0,88 = 0,7$

11.2.3. LUMINÁRIAS COM CLO

Para uma luminária com sistema CLO, para existir a manutenção do fluxo luminoso a emitir, durante o tempo de funcionamento da luminária a potência irá aumentar de valor, **ponto 6.5 do DREEIP**, existindo um valor mínimo inicial (P_{min}) e um valor máximo para o nível de funcionamento em serviço (P_{max}).

Assim, o valor de potência a considerar será o valor médio (P_m), obtido da seguinte forma:

$$P_m = \frac{P_{max} + P_{min}}{2}$$

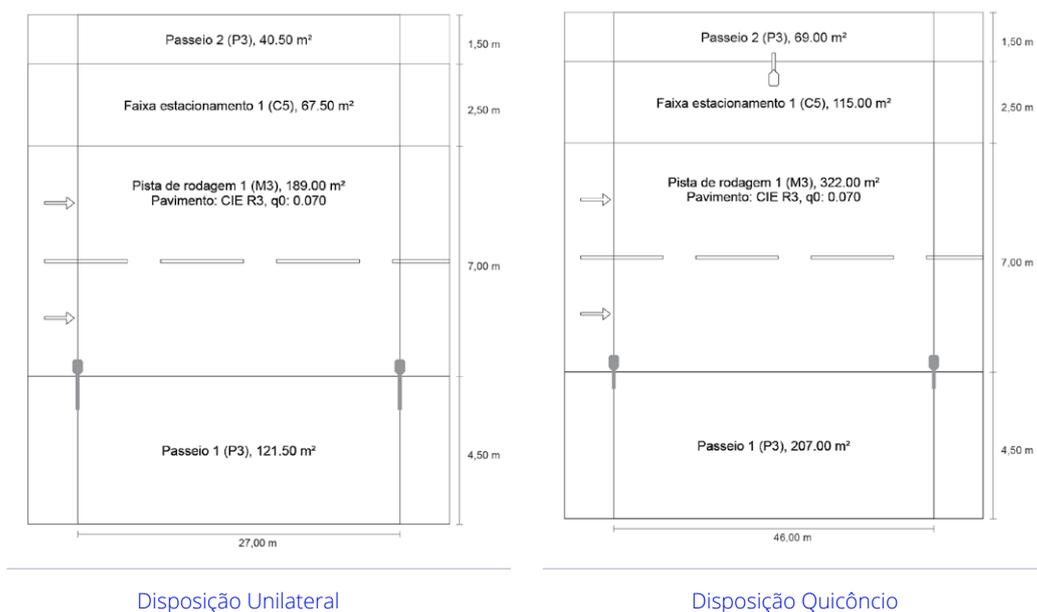
11.3. ESTUDO LUMINOTÉCNICO

Selecionadas as luminárias identificam-se os elementos técnicos de cada modelo e possíveis variações ou versões a utilizar. Uma vez reunidos, serão a base para os cálculos luminotécnicos.

11.3.1. RESUMO DOS DADOS DAS LUMINÁRIAS



11.3.2. ESQUEMA DAS VIAS NO PROGRAMA DE CÁLCULO



11.4. UTILIZAÇÃO DA CALCULADORA

11.4.1. INTRODUÇÃO RESULTADOS

Apurados os resultados dos cálculos luminotécnicos para cada luminária, os valores serão introduzidos na calculadora que acompanha o Documento de Referência, para cada luminária, no separador "Dados". Devem ser introduzidos os seguintes elementos:

- Largura das vias
- Número de pontos de luz
- Potência total da luminária
- Períodos de funcionamento e níveis
- Fluxo das luminárias
- Factor de manutenção
- Nível lux para cada via (de acordo o estudo)
- Nível candelas para cada via (de acordo o estudo)

11.4.2. ESQUEMA DE VIAS NO PROGRAMA DE CÁLCULO

Introduzidos os dados são calculados automaticamente os resultados finais e finalmente comparados.

DADOS			
Denominação	Valor		
Comprimento da Zona de Estudo (m)	27,00		
		Nível lx	Nível cd/m ²
Zona 1 - Largura Via 1 (m)	7,00		
Pavimento	R3	15,40	1,04
Q ₂	0,07		
Zona 2 - Largura Passeio Esq. (m)	1,50	7,71	
Zona 3 - Largura Passeio Dir. (m)	4,50	10,96	
Zona 4 - Largura Ciclovia Esq. (m)	0,00	0,00	
Zona 5 - Largura Ciclovia Dir. (m)	0,00	0,00	
Zona 6 - Largura Via 2 (m)	0,00		
Pavimento	R4	0,00	0,00
Q ₂	0,08		
Zona 7 - Largura Via serviço Esq. (m)	0,00	0,00	
Zona 8 - Largura Via serviço Dir. (m)	0,00	0,00	
Zona 9 - Largura Estacionamento Esq. (m)	2,50	10,74	
Zona 10 - Largura Estacionamento Dir. (m)	0,00	0,00	
Zona 11 - Largura Esq. (m)	0,00	0,00	
Zona 12 - Largura Dir. (m)	0,00	0,00	
Número de pontos de luz			
Nº pontos de luz Tipo 1	1		
Nº pontos de luz Tipo 2	0		
Nº pontos de luz Tipo 3	0		
Nº pontos de luz Tipo 4	0		
Nº pontos de luz Tipo 5	0		
Nº pontos de luz Tipo 6	0		
Potência total da luminária			
Potência total luminária Tipo 1 (W)	83,0		
Potência total luminária Tipo 2 (W)			

Factores comparativos	VSAP Unilateral	LED 1 Unilateral	LED 1 Regulação Unilateral	LED 1 Quicôncio	LED 2 Unilateral	LED 2 CLO Unilateral
Eficácia (lm/W)	78.3	114	114	114	112.3	134.4
Potência (W)	170	83	83	83	85	71
Indicador de Intensidade de Potência D _p	0.25	0.016	0.016	0.017	0.016	0.013
Indicador de Consumo da Instalação D _e	1,625	0,793	0,585	0,931	0,812	0,679
Factor de iluminação q _{inst}	0,96	0,965	0,965	1,067	0,845	0,845
Coeficiente de Utilização Zona 1	0,3896	0,4395	0,4395	0,3744	0,4781	0,4781
Coeficiente de Utilização Zona 2	0,0483	0,0472	0,0472	0,0619	0,0629	0,0629
Coeficiente de Utilização Zona 3	0,1813	0,2011	0,2011	0,1574	0,1395	0,1395
Coeficiente de Utilização Zona 9	0,1062	0,1095	0,1095	0,1268	0,1223	0,1223
Coeficiente de Utilização Geral	0,73	0,80	0,80	0,72	0,80	0,80

“

14. BIBLIOGRAFIA

- Norma EN 13201:2015
- Regulamento CE 245/2009
- Regulamento CE 347/2010
- CELMA/ELC – Street Lighting Proposed Measures under the EuP/ESD Directives – 2006
- ANSI / IESNA RP-8-00
- Manual de Iluminação Pública (EDP Distribuição, ISR-UC de 8/10/2010)
- Efficiency Eneritique en Eclairage Public (AFE – Associação Francesa de Iluminação)
- Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior – Espanha (Real decreto de lei 1890/2008)
- CIE 191:2010 – Recommended System for Mesopic Photometry Based on Visual Performance
- CIE 115:2010 Lighting of Road for Motor and Pedestrian Traffic
- CIE 154:2003 The maintenance of outdoor Lighting systems
- Documento de Referência para a Eficiência Energética - Versão 2012



ORDEM
DOS
ENGENHEIROS



ORDEM DOS
ENGENHEIROS
TÉCNICOS



Rnae
Associação das Agências
de Energia e Ambiente
Rede Nacional



Direcção Geral
de Energia e Geologia



ASSOCIAÇÃO NACIONAL
MUNICÍPIOS
PORTUGUESES