

RELATÓRIO PRELIMINAR DA ILUMINAÇÃO DA ALDEIA DA CUMEADA, REGUENGOS DE MONSARAZ E SUGESTÕES DE MELHORAMENTO.

PARTE II – MEDIÇÃO DE ILUMINÂNCIAS

Abril 2019

Raul Cerveira Lima, PhD

Escola Superior de Saúde do Politécnico do Porto (ESS|PPorto)

Centro de Investigação da Terra e do Espaço da Universidade de Coimbra (CITEUC)

Resumo

Após uma primeira análise qualitativa da iluminação pública na aldeia da Cumeada (Reguengos de Monsaraz, Évora), efectuou-se uma análise das iluminâncias horizontais máximas a 1.5 m de altura em relação ao solo, simulando a iluminação que recebe um observador ao observar por um telescópio. A análise identificou iluminâncias excessivas para uma zona residencial e com fluxo rodoviário ou pedonal baixo ou muito baixo. Propõem-se nesta adenda ao relatório preliminar medidas de correcção no que respeita aos fluxos luminosos e ao tipo de fonte de luz por forma a melhorar a qualidade do céu nocturno, a qualidade ambiental e a qualidade de vida dos residentes.

1. Medição de iluminâncias na aldeia da Cumeada, Reguengos de Monsaraz, Évora

Na sequência dos trabalhos de levantamento da iluminação pública na aldeia da Cumeada iniciados a 2 de fevereiro de 2019, para proposta de correcção da iluminação com vista à sua compatibilização com requisitos astronómicos, ambientais e de saúde pública, efectuou-se o levantamento das iluminâncias máximas típicas a 1.5 m do solo sob 24 pontos de luz em postes de iluminação pública com tecnologia LED (Arquiled Arquicity R1, branco, com temperatura correlacionada de cor ~4000 K), do total de 74 existentes. Esse levantamento representa aproximadamente 33.8 % do total de postes instalados na Cumeada e, não sendo exaustivo, por inspeção de toda a área iluminada de Cumeada pode considerar-se como representativo da iluminação da localidade.

2. Metodologia

Para a avaliação das iluminâncias máximas foi utilizado um luxímetro portátil calibrado¹ Delta Ohm H2302.0 munido de uma sonda LP 471 PHOT, medindo-se o valor máximo por pesquisa espacial em torno da luz projectada sob cada um dos postes inspeccionados. Como anteriormente descrito (Lima 2019, p. 5), os candeeiros não se encontram paralelos ao solo. Esta disposição, aliada a características ópticas das luminárias, resulta num valor máximo para o feixe de luz fora da vertical da luminária, posicionando-se um pouco à frente, normalmente na faixa de rodagem das vias. Tal aspecto é, porém, característico da iluminação viária.

Percorrendo-se a aldeia a pé seleccionou-se uma amostra de candeeiros representativos da iluminação na localidade. Deu-se preferência aos pontos de luz que se encontram mais próximos do observatório. Porém, para comparação, efectuou-se uma amostragem de outros arruamentos da aldeia.

As medições foram efectuadas na noite de 28 de fevereiro de 2019, em período de noite astronómica e sem a presença da Lua, de modo a poder descartar-se qualquer contribuição adicional de luz.

Para registo e comparação posterior efectuou-se também a recolha de imagem *all-sky* num local próximo, recorrendo-se a uma câmara reflex digital (DSLR) Canon 1300D montada num tripé e equipada com uma lente olho-de-peixe circular Sigma 4.5mm f/2.8 EX DC HSM.

¹ Luxímetro portátil calibrado Delta Ohm H2302.0 – número de série 16011441. Fabricado em Itália. Munido de sonda fotométrica para iluminância LP 471 PHOT com corrector de cosseno. Corrigido para visão fotópica. Gama: 0.01 lux a 200 103 lux. Dados do fabricante.

3. Resultados

Na Tabela 1 são apresentados os valores máximos das iluminâncias (em lx) dos 24 pontos de luz inspeccionados na noite de 28 de fevereiro de 2019, medidas a 1.5 m do solo.

Tabela 1. Coordenadas geográficas, iluminâncias máximas a 1.5 m do solo (em lux), data e hora das medições para os 24 pontos de luz inspeccionados. Detalhes no texto principal.

#	Lat	Lon	lx	± lx	Dia	Hora	Notas
1	38.364414°	-7.514631°	11.3	0.5	28/02/2019	21:18	EN255
2	38.365074°	-7.514578°	12.1	0.5	28/02/2019	21:15	EN255
3	38.364979°	-7.514412°	16.0	0.6	28/02/2019	21:14	EN255
4	38.364663°	-7.514453°	17.0	0.5	28/02/2019	21:17	EN255
5	38.364836°	-7.514144°	25.4	0.5	28/02/2019	21:10	EN255
6	38.368935°	-7.513153°	33.3	0.5	28/02/2019	22:08	
7	38.368103°	-7.513434°	34.4	0.5	28/02/2019	22:00	
8	38.367038°	-7.513565°	35.1	0.4	28/02/2019	21:54	
9	38.366643°	-7.512798°	36.0	3	28/02/2019	21:51	VSAP edifício
10	38.364736°	-7.513787°	36.2	0.5	28/02/2019	21:22	
11	38.368502°	-7.513581°	37.1	0.5	28/02/2019	22:04	
12	38.365178°	-7.513803°	38.1	0.5	28/02/2019	21:24	24.0 lux no solo
13	38.366291°	-7.513692°	39.2	0.5	28/02/2019	21:34	
14	38.367734°	-7.513426°	40.0	0.5	28/02/2019	21:58	
15	38.366601°	-7.513645°	40.4	0.5	28/02/2019	21:36	
16	38.367553°	-7.513581°	40.5	0.5	28/02/2019	21:56	
17	38.368853°	-7.513368°	41.2	0.5	28/02/2019	22:07	
18	38.368762°	-7.513422°	42.0	0.8	28/02/2019	22:05	
19	38.365537°	-7.513772°	43.3	0.5	28/02/2019	21:25	
20	38.367734°	-7.513426°	45.3	0.5	28/02/2019	21:57	
21	38.368134°	-7.513685°	56.1	0.5	28/02/2019	22:01	
22	38.368610°	-7.513254°	62.5	0.5	28/02/2019	22:13	OBS: 2 LED
23	38.366601°	-7.513645°	64.4	0.5	28/02/2019	21:37	OBS: 2 LED
24	38.366714°	-7.513698°	71.6	0.5	28/02/2019	21:45	Esquina Observatório

Os desvios apresentados na tabela (em lux) dão conta da estabilidade da leitura em torno da região onde se encontrou o valor máximo. Não devem ser entendidos, porém, como desvios máximos absolutos em torno do valor real da iluminância medido já que, apesar de a medição ter sido efectuada com o maior rigor possível face às circunstâncias, a variação da iluminância pode ser de algumas unidades em torno dessa posição. Numa sondagem mais aprofundada e sistemática poderão encontrar-se valores um pouco superiores. Como estimativa mais realista e por análise do comportamento do luxímetro durante as leituras efectuadas, o desvio em relação ao valor máximo poderá ser de 3 a 5 lux.

Na Figura 1 está representado o histograma de iluminâncias horizontais máximas (em lux) sob os 24 pontos de luz², a 1.5 m do solo. Apresentam-se também, para comparação, as iluminâncias médias no solo correspondentes às classes C1 a C5 de acordo com as recomendações EN 13201:2015, seguidas habitualmente na iluminação pública em Portugal.

² Um dos “pontos de luz” medido (#9, Tabela 1) corresponde efectivamente ao edifício iluminado com três candeeiros de vapor de sódio de alta pressão, situado na estrada de acesso a Campinho, a cerca de 100 m do edifício do Observatório (sede da Reserva Dark Sky® Alqueva). Devido ao facto de o edifício estar fechado e de, em consequência, não ser possível alcançar a base dos postes, mediu-se a iluminância no exterior, à face da estrada, resultante do conjunto dos três candeeiros.

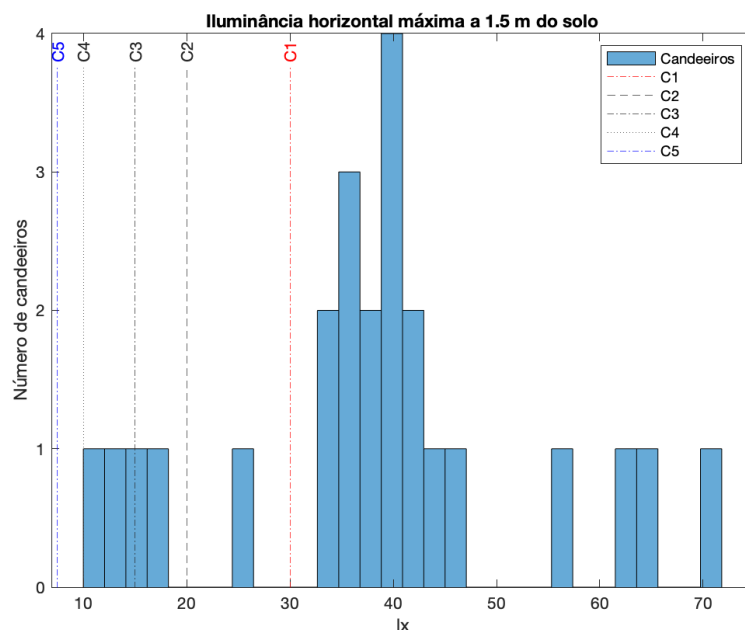


Figura 1 Histograma de iluminância máxima a 1.5 m do solo sob 24 candeeiros de Cumeada. As linhas verticais indicam as iluminâncias horizontais médias no solo para as classes de conflito C1 a C5, de acordo com as recomendações EN 13201.



Figura 2 Aldeia de Cumeada e distribuição espacial dos candeeiros medidos. Fonte: GoogleEarth. Sobre imagem de 2011/10/07. Norte no topo.

As iluminâncias mais baixas encontradas situam-se sob os pontos de luz (#1 a 5, Tabela 1) na estrada nacional de acesso a Cumeada (EN255), no acesso Sul à aldeia (v. Figura 2). No gráfico da Figura 1 estes pontos de luz identificam-se facilmente, correspondendo às quatro barras mais à esquerda. Como é habitual na iluminação deste tipo de vias, os postes são mais altos do que os postes de iluminação no interior da aldeia e o espaçamento entre candeeiros maior (excepto nas rotundas, onde o espaçamento é menor, o que resulta, por exemplo, no valor do “ponto de luz” 5 da Tabela 1, efectivamente uma medição entre dois candeeiros próximos). Os restantes pontos de luz medidos situam-se no interior da aldeia,

excepto o ponto de luz #9 que representa 3 candeeiros de vapor de sódio de alta pressão (VSAP ou HPS – High Pressure Sodium) no interior de uma edificação na estrada que liga Cumeada a Campinho (ícone mais à direita na Figura 2).

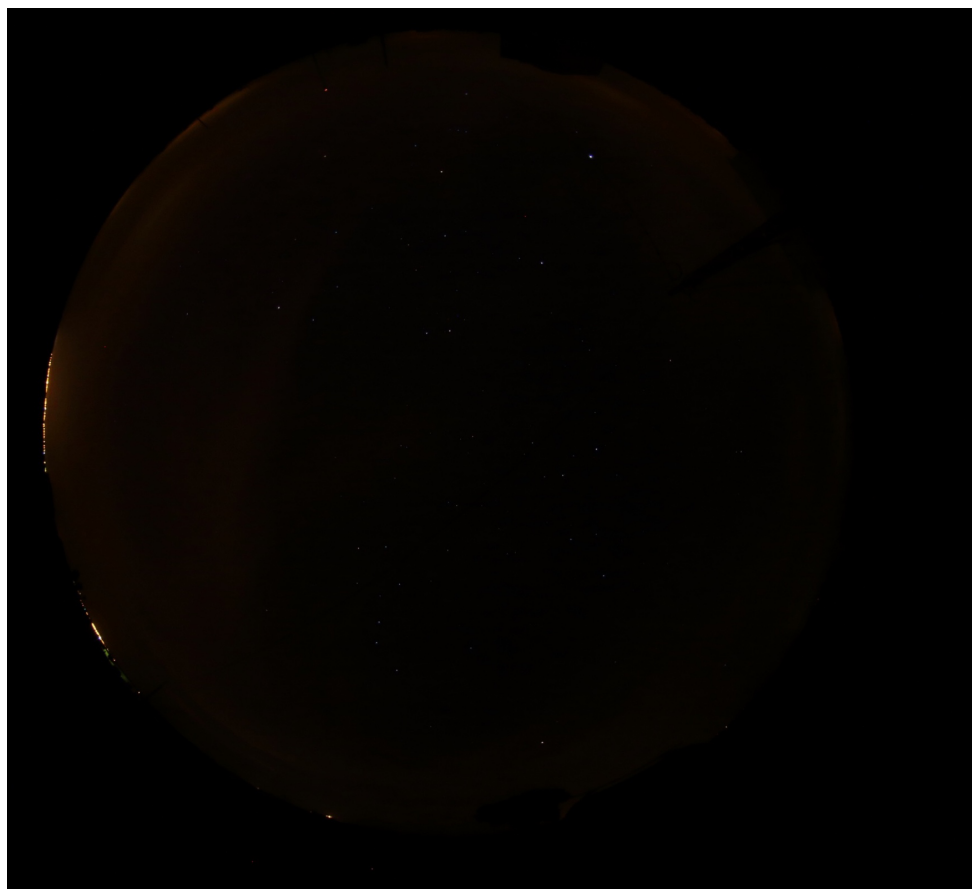


Figura 3 Imagem all-sky obtida na estrada Cumeada-Campinho, 28 Fevereiro 2019, 22:50 UTC, no ponto de coordenadas 38.365838° N, 7.493777° O. As luzes à direita, na imagem, provêm de Reguengos de Monsaraz, Évora, a aproximadamente 7.2 km de distância e orientação NNO.

Nas proximidades da aldeia não existem mais pontos de luz (Figura 3) excepto alguns, esporádicos, normalmente assinalando a entrada de propriedades privadas. É, porém, visível a vila de Reguengos de Monsaraz, que provoca algum impacto em torno do horizonte Norte (NNO).

4. Discussão

Os valores de iluminância horizontal foram obtidos a 1.5 m acima do solo. Com essa altura em relação ao solo não se procurou, portanto, a iluminância na via de circulação mas sim uma estimativa da iluminância que receberia um telescópio de amador e um observador que esteja, a essa altura, a olhar para baixo – consultando, por exemplo, um catálogo estelar ou manipulando equipamento fotográfico. Com excepção de uma medição registada também no solo, sob um dos candeeiros (#12, coordenadas GPS: 38.365178° N, 7.513803° O; 24.0 lx no solo, 38.1 lx a 1.5 m do solo – v. Tabela 1), os valores obtidos não podem ser, assim, directamente comparados com as iluminâncias horizontais no solo que são utilizadas em cálculos luminotécnicos de iluminação de vias. Porém, tendo em conta os valores muito elevados que foram obtidos nas medições e não sendo a diferença entre os valores a 1.5 m do solo e o solo superior a 10 a 20 lux (~14 lux no caso registado acima referido), é possível extrapolar para o solo e identificar valores muito superiores aos desejáveis (superiores ou muito superiores a 20 lux). Como referência, refira-se um estudo recente (Uttley et al. 2017) que indica que valores de iluminância no solo superiores a 2.0 lux não beneficiam a detecção de obstáculos num caminho percorrido a pé, independentemente da idade do indivíduo. Mesmo considerando que tais valores podem ser inviáveis face à presença de outros factores não considerados no estudo, atesta-se a discrepância entre esse limiar e os valores usados na prática.

Assim, tornou-se pertinente comparar com os valores utilizados nas classes de iluminação de vias em que os valores de iluminação são mais elevados, as designadas zonas de conflito (classe C da norma europeia EN 13201:2015). Com excepção dos valores encontrados para a iluminação da estrada nacional EN255, onde os valores máximos medidos oscilam entre os valores (médios) das classes C1 a C4 (esta igual a 10 lux), todos os outros valores encontrados situam-se acima ou muito acima da classe C1 (30 lux) e quatro dos locais acima da classe C0 (correspondente a 50 lux, não representada no gráfico).

Em alguns dos pontos medidos a distância entre candeeiros não é suficiente para isolar o valor da influência dos candeeiros vizinhos (de forma notável no caso do cruzamento que confina com o limite Sul/Este do terreno da sede da Reserva Dark Sky® Alqueva/Observatório Astronómico, onde a presença de três fontes LED muito próximas gera uma distribuição espacial complexa de luz – ponto de medição de luz #23, Tabela 1). Porém, dado o fluxo luminoso intenso de cada um deles e o cone de luz não muito alargado de cada um, a contribuição dos candeeiros vizinhos não é muito relevante para o incremento de luz sob a vertical de cada um dos candeeiros sendo, porém, relevante nas zonas entre candeeiros.

O fluxo luminoso elevado de cada candeeiro contribui consideravelmente para a quantidade de luz no ambiente e para o aumento artificial do brilho do céu, quer por contribuição directa (os candeeiros não têm ULOR 0% e não estão paralelos ao solo) quer por reflexão no solo ou outras superfícies (e.g., muros brancos). Do interior da aldeia é praticamente impossível observar o céu nocturno, dados quer a distância entre candeeiros quer o encandeamento típico provocado por este tipo de luminárias LED, particularmente, como é o caso, quando o fluxo luminoso é excessivo.

Os valores encontrados são também muito elevados para uma zona residencial – no caso, de ambiente rural. A média das iluminâncias encontradas sob candeeiros da aldeia (excluindo-se deste cálculo os da estrada nacional EN255) é de 44.0 lux. Por outro lado, em oposição à prática corrente em iluminação pública, verifica-se que as zonas residenciais se apresentam mais iluminadas do que a via de circulação quase exclusivamente motorizada (a EN255). Mesmo para esta via, o maior trajecto iluminado situa-se entre duas rotundas que obrigam à redução da velocidade de circulação. O fluxo rodoviário reduzido no local, aliado à presença das rotundas, tornam desnecessário o fluxo luminoso existente e mesmo, possivelmente, a iluminação deste troço.

Sendo a possibilidade de desfrutar do céu nocturno uma das mais-valias da região, incluindo do interior das localidades, a utilização de valores tão elevados de fluxo luminoso não permite que os observadores (residentes ou visitantes) consigam uma visão sequer mesópica (típica de final de tarde ou nascer do dia), mantendo sempre a visão na região fotópica, ou seja, com a pupila contraída e adaptada a condições de luz intensa como a luz do dia. Como consequência, com a iluminação actual não é possível conseguirem-se boas condições de observação.

Tratando-se de uma zona de especial protecção do céu nocturno (reserva Starlight Tourism Destination), os valores de iluminância, aliado às características espectrais das luminárias escolhidas (v. Lima 2019), revelam-se particularmente desajustados.

5. Medidas de correcção propostas

Para corrigir a situação encontrada de luz excessiva na aldeia da Cumeada, propõem-se aqui, para além das medidas de correcção do tipo de luminária anteriormente sugeridas (Lima 2019), medidas de correcção no que respeita ao fluxo luminoso.

5.1. Candeeiros da EN255

Sendo uma zona não residencial e de fluxo rodoviário reduzido, propõe-se que haja um desligamento total, à semelhança do que é praticado hoje em muitas zonas do país (incluindo a região do Alqueva). A altura elevada dos postes perturba particularmente as observações a partir do Observatório Astronómico da Cumeada, além de contribuir significativa e negativamente para a iluminação do solo em regiões afastadas e provocar reflexão que irá, por sua vez, contribuir para o aumento do brilho artificial do céu nocturno. Sugere-se a eventual manutenção de iluminação junto às zonas mais próximas de comércio, restauração ou residências, em particular no entroncamento existente na EN255 a meio caminho entre as rotundas, onde está localizado um café/restaurante. Porém, não se vê necessidade de a iluminação desse

local ser efectuada com os candeeiros da estrada, mais perturbadora, devendo, se estritamente necessária, fazer-se com recurso a iluminação suave, âmbar/pc-âmbar e com postes baixos.

Para garantir condições de segurança propõe-se a introdução de nova sinalização horizontal e vertical adequada e/ou o melhoramento da existente.

Em caso de impossibilidade de desligamento, sugere-se como alternativa o recurso a postes mais baixos, temperatura de cor correlacionada (CCT) não superior a 2400 K e fluxos luminosos baixos por forma a que a iluminância na via não ultrapasse os 8 a 10 lux.

A orientação da iluminação deve ser estritamente vertical, evitando-se dessa forma a propagação lateral de luz.

5.2. Iluminação da aldeia da Cumeada

Não tendo em consideração nesta fase características espectrais particulares das fontes de luz a introduzir – a analisar posteriormente no decorrer do presente trabalho e das propostas apresentadas –, numa primeira análise a iluminação no interior da aldeia deveria ser constituída por LED pc-âmbar e, em qualquer das opções tomadas, não exceder uma temperatura de cor correlacionada de 2400 K. A actual iluminação de 4000 K é, conforme já justificado (Lima 2019), inadequada e com impactos negativos em múltiplos campos (céu nocturno, ambiente e potencialmente na saúde).

Sendo o Observatório da Cumeada um caso de particular interesse de promoção do céu escuro ainda característico da região, a iluminação na Cumeada deverá, assim, pautar-se pelo cumprimento de regras muito particulares. No caso, de acordo com a prática internacional e recomendações nacionais de iluminação em zonas com observatórios ou de sensibilidade ecológica particular (Longcore et al. 2018), a iluminação na aldeia deveria ser exclusivamente constituída por LED âmbar ou pc-âmbar e fluxos luminosos de cerca de 1/5 (para as luminárias presentes de fluxo menor) a 1/10 (para as luminárias presentes de maior fluxo) dos valores actuais, por forma a manter uma iluminância que não ultrapasse os 7-9 lux no solo, eventualmente inferiores nas proximidades do observatório. Valores superiores a estes são desnecessários e prejudiciais à manutenção do céu escuro da região, afectando não só o local como a vizinhança.

A orientação das luminárias deve ser corrigida por forma a que o eixo do cone de luz seja estritamente vertical, reduzindo-se dessa forma o espalhamento da luz por regiões mais afastadas. Na maior parte das situações encontradas, as luminárias estão ligeiramente inclinadas, o que provoca a dispersão da sua luz na direcção frontal e lateral a grandes distâncias, degradando a qualidade do céu nocturno.

6. Conclusão

Os valores de iluminância horizontal encontrados na Cumeada situam-se, todos eles, muito acima dos valores sugeridos pelas recomendações nacionais (e.g. CPI 2018, EDP 2016) e normas ou recomendações internacionais (e.g. CIE 115, EN 13201) para a iluminação de vias públicas, todas estas já, de alguma forma, excessivas face a impactos no céu, ambientais ou outros identificados. Acresce que os valores recomendados por estas normas ou recomendações são também, por si só, demasiado elevados, principalmente se considerarmos que se está na presença de uma Reserva de Céu Escuro com certificação Starlight, no caso Tourism Destination, atribuída pela Fundação Starlight – organismo competente reconhecido internacionalmente –, sendo a reserva Dark Sky® Alqueva a primeira (2011) a nível mundial a obter essa classificação. Por outro lado, existindo no local um observatório astronómico com finalidade pedagógica e de divulgação científica mas também com potencial científico, os níveis de iluminação encontrados prejudicam a qualidade da observação. Situando-se esse observatório na sede oficial da Reserva Dark Sky® Alqueva, onde se acolhem visitantes de uma reserva de céu escuro, a iluminação escolhida revela-se ainda mais desajustada quando se considera que o interior da Reserva deve cumprir requisitos mínimos de qualidade (Lima 2019) e quantidade de luz. Funciona, assim, como exemplo de incumprimento de boas práticas. De facto, as recomendações internacionais para a proximidade de observatórios aconselham a utilização de iluminação pc-âmbar (e.g. Aubé 2017).

Com base nos estudos efectuados neste trabalho e com base em recomendações internacionais para protecção de locais de céu escuro, observatórios e zonas de protecção ambiental, sugere-se a substituição integral da iluminação actual de Cumeada por iluminação LED PC-âmbar e a redução dos

fluxos luminosos para 20% (para os fluxos maiores) a 10% (para os fluxos menores) dos fluxos actuais. As iluminâncias não deverão ultrapassar os 7 a 9 lux, valores que permitem assegurar uma boa visibilidade viária (peões ou condutores) e garantir a preservação da qualidade do céu nocturno. Sugere-se também a telegestão e redução para valores mais baixos nos períodos de menor actividade nocturna (e.g., a partir das 23h e até às 6h) ou mesmo, quando possível, o desligamento parcial ou total nesse período ou noutro período a definir (mais ou menos alargado dependendo da hora solar ou estação do ano, por exemplo). Os dados científicos actuais não indiciam que a redução dos valores actuais para os valores propostos comprometam a segurança quer rodoviária quer criminal. Na vizinhança do observatório e para o restante território Dark Sky® Alqueva sugere-se que as fontes de luz não tenham uma temperatura de cor correlacionada superior a 2400 K – inferior sempre que possível – e sempre com fluxos luminosos tão baixos quanto possível.

Agradecimentos

O luxímetro utilizado no levantamento das iluminâncias foi gentilmente cedido pelo Curso de Saúde Ambiental da Escola Superior de Saúde do Politécnico do Porto (ESS | PPorto). Agradecimento especial e Matilde Rodrigues (PhD) e Marisa Freitas (PhD), do curso de Saúde Ambiental.

Financiamento

O presente relatório foi elaborado no âmbito do projecto 040599/4P0017 – PRESTAÇÃO SERVIÇOS /PROJETO ALQUEVA, prestação de serviços da Escola Superior de Saúde do Politécnico do Porto à Reserva Dark Sky® Alqueva, entidade com a qual existe protocolo firmado.

Referências

- Aubé, M. (2017). *An Investigation of LED Street Lighting's Impact on Sky Glow*, Disponível em: https://www.energy.gov/sites/prod/files/2017/05/f34/2017_led-impact-sky-glow.pdf.
- CPI. (2018). *Eficiência energética na iluminação pública – Documento de Referência DREEIP Parte I – Conceitos de Luminotecnia, 2.ª edição 2018*, Coord. Centro Português de Iluminação.
- EDP. (2016). *Manual De Iluminação Pública – Revisão*. Edição EDP Distribuição.
- Lima, R.C. (2019). *Relatório Preliminar da Iluminação da Aldeia da Cumeada, Reguengos de Monsaraz e Sugestões de Melhoramento*. Escola Superior de Saúde | Politécnico do Porto.
- Longcore, T. et al. (2018). Rapid assessment of lamp spectrum to quantify ecological effects of light at night. *Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological and Integrative Physiology*, (May), pp.1–11.
- Uttley, J., Fotios, S. & Cheal, C. (2017). Effect of illuminance and spectrum on peripheral obstacle detection by pedestrians. *Lighting Research and Technology*, 49(2), 212–227.