



**POLUIÇÃO LUMINOSA:
SEUS IMPACTOS SOBRE A SAÚDE, A
SEGURANÇA, A ECONOMIA E O MEIO
AMBIENTE – E PROPOSTAS PARA A SUA
REGULAÇÃO NO BRASIL**

Henrique Paranhos Sarmento Leite
Consultor Legislativo da Área XI
Meio Ambiente e Direito Ambiental, Organização Territorial,
Desenvolvimento Urbano e Regional

ESTUDO

MARÇO DE 2021

O conteúdo deste trabalho não representa a posição da Consultoria Legislativa, tampouco da Câmara dos Deputados, sendo de exclusiva responsabilidade de seu autor.

© 2020 Câmara dos Deputados.

Todos os direitos reservados. Este trabalho poderá ser reproduzido ou transmitido na íntegra, desde que citados(as) os(as) autores(as). São vedadas a venda, a reprodução parcial e a tradução, sem autorização prévia por escrito da Câmara dos Deputados.

O conteúdo deste trabalho é de exclusiva responsabilidade de seus(suas) autores(as), não representando a posição da Consultoria Legislativa, caracterizando-se, nos termos do art. 13, parágrafo único da Resolução nº 48, de 1993, como produção de cunho pessoal do(a) consultor(a).

“... recorda Raymond Michelet as palavras do velho Carlyle: ‘The reign of Wonder is perennial, indestructible in man; only at certain stages (as the present) it is, for some short reason, a reign *in partibus infidelium.*’ (...)

O mistério continua conosco, homens do século XX, embora diminuído pela luz elétrica e por outras luzes”.

(Gilberto Freyre, Assombrações do Recife Velho).

SUMÁRIO

RESUMO EXECUTIVO.....	5
1 - INTRODUÇÃO.....	7
2 - O QUE É POLUIÇÃO LUMINOSA.....	8
3 - ESPÉCIES DE POLUIÇÃO LUMINOSA.....	10
3.1 BRILHO NO CÉU (“SKY GLOW”)	10
3.2 OFUSCAMENTO (“GLARE”)	11
3.3. - TRANSGRESSÃO DE LUZ (“LIGHT TRESPASS”), OU LUZ INVASORA: ...	12
4 – IMPACTOS NEGATIVOS DA POLUIÇÃO LUMINOSA	13
4.1 IMPACTOS SOBRE A SAÚDE PÚBLICA	13
4.2 – IMPACTOS NA SEGURANÇA PÚBLICA	16
4.3 – IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS	20
4.4 – IMPACTOS NA BIODIVERSIDADE	26
5 – PROPOSTAS PARA A REGULAÇÃO NO BRASIL.....	28
6 – CONCLUSÕES	33
REFERÊNCIAS	35

RESUMO EXECUTIVO

O estudo conceitua poluição luminosa e descreve os seus tipos; aborda os seus malefícios à saúde e à segurança públicas, à economia e ao meio ambiente; aponta uma tendência de crescimento acelerado do problema no Brasil e no mundo e as causas desse crescimento; e, por fim, apresenta boas práticas regulatórias internacionais que poderiam ser adotadas no Direito Ambiental pátrio.

A poluição luminosa é a alteração dos padrões naturais de claro-escuro provocada pelo uso excessivo ou indevido da iluminação artificial, em níveis capazes de causar efeitos adversos à saúde, à segurança e ao bem-estar da população, às atividades sociais e econômicas ou à biota. Manifesta-se como brilho não-natural no céu noturno, como ofuscamento da visão noturna e como luz invasora que adentra ambientes onde a sua presença é indesejada.

Embora subestimada, a poluição luminosa está entre os mais graves problemas ambientais contemporâneos – se não controlada a tempo, poderá, segundo diversos autores, ser capaz de provocar impactos ainda mais graves do que aqueles provocados pelo aquecimento global.

A poluição luminosa está significativamente correlacionada a diversos problemas de saúde como câncer no seio, de próstata e colorretal; diabetes; insônia, depressão e outros transtornos de humor; perda de desempenho cognitivo e da memória; e até mesmo ao aumento da disseminação de doenças infectocontagiosas, graças à atração de vetores.

O ofuscamento provocado pela iluminação mal empregada também traz riscos à segurança pública. Além de aumentar o número de acidentes de trânsito, cria zonas cegas em áreas menos iluminadas, usadas como esconderijos por criminosos, que passam a poder ver claramente a vítima sem serem vistos. Em estudos controlados, áreas que tiveram aumento indiscriminado da potência de iluminação pública chegaram a apresentar o dobro do aumento do número de ocorrências em relação às áreas comparáveis que não receberam o aumento de iluminação.

A poluição luminosa causa, ainda, prejuízo. No Brasil, calculou-se que ela equivale a um desperdício de energia anual da ordem de R\$ 1,6 bilhão apenas na iluminação pública, ao qual se somam desperdícios provavelmente comparáveis na iluminação comercial e residencial. Perde-se, ademais, valor econômico nos imóveis e nas atividades ecoturísticas em localidades de céus noturnos outrora conservados.

Quanto aos impactos à biodiversidade, centenas de estudos têm demonstrado que a poluição luminosa causa uma plethora de perturbações sobre respostas biológicas tão diversas como padrões migratórios, seleção de habitats, comunicação animal, reprodução, ritmo circadiano, fuga de predadores e fenologia das plantas. A amplitude, a velocidade e a imprevisibilidade geográfica do crescimento da poluição luminosa dificultam a adaptação das espécies e a adoção de medidas mitigadoras.

Entre outras causas desse crescimento, destacam-se a urbanização desordenada, a migração não planejada para lâmpadas LED e vieses comportamentais.

Para controlar o problema, parecem recomendáveis, no plano legislativo, a criação do instrumento “plano diretor de iluminação” na Lei nº 10.257/2001; a previsão de aprovação do órgão gestor para a instalação de iluminação externa significativa em Unidades de Conservação e em suas zonas de amortecimento, na Lei nº 9.985/2000; e a conceituação e tipificação de poluição luminosa na Lei nº 9.605/1998. No plano administrativo, parece recomendável a revisão das normas técnicas de iluminação; a revisão dos critérios de aprovação de projetos nos programas federais de financiamento de iluminação pública; a realização de um programa de certificação e de divulgação de sítios com céus noturnos preservados para o ecoturismo rural; a criação de Resolução CONAMA específica para a poluição luminosa, com destaque a alguns licenciamentos; e programas de esclarecimento e sensibilização da opinião pública.

1 - INTRODUÇÃO

A Cidade-Luz, o Século das Luzes, Thomas Edison e a lâmpada, os Irmãos Lumière, Luz no Campo, Mais Luz na Amazônia... Os exemplos são inumeráveis: a luz elétrica e a iluminação pública estão associadas, no imaginário popular, a tudo quanto signifique civilização e progresso.

Parece difícil imaginar que o aumento indiscriminado da iluminação dos espaços públicos possa ser, ele mesmo, uma forma de poluição. No entanto, é precisamente esse o caso, como se espera demonstrar nas próximas páginas deste Estudo.

Para demonstrar isso, é preciso delimitar o que é poluição luminosa, distinguindo-a de outras formas de iluminação artificial convenientes ou até imprescindíveis para a vida em sociedade. Em seguida, deve-se investigar quais são os impactos que essa forma de poluição ocasiona para a saúde e a segurança da população, para a economia e para o meio ambiente.

Restando comprovada a gravidade da poluição luminosa, o próximo passo é indagar-se sobre as alternativas possíveis e eficazes de atuação do Poder Público para coibi-la. A investigação desenvolve-se em duas etapas. Primeiro, no levantamento de precedentes regulatórios e de boas práticas já adotadas em outros países. Depois, no diagnóstico de lacunas regulatórias e necessidades de aperfeiçoamento no Direito Ambiental pátrio.

Por fim, este trabalho sugere como convertê-las em iniciativas parlamentares destinadas a regular a matéria, as quais poderão ser discutidas nas Comissões desta Casa legislativa com órgãos regulamentadores, gestores municipais, associações de empresas interessadas e representantes da sociedade civil, a fim de que amadureçam tecnicamente e encontrem ampla aceitação social.

2 - O QUE É POLUIÇÃO LUMINOSA

Ao ouvir a expressão “poluição luminosa”, a primeira reação do interlocutor costuma ser: “Mas qual é a saída? Voltar ao tempo das lamparinas? E a segurança pública, o trânsito, etc.?”

É uma inquietação compreensível, mas improcedente. Como será desenvolvido adiante, é possível aproveitar os efeitos desejados da iluminação artificial evitando-se ou, ao menos, reduzindo-se a poluição luminosa a ela associada. Em outras palavras, é preciso distinguir iluminação artificial em geral de poluição luminosa em sentido estrito – esta, meramente uma consequência indesejada evitável daquela.

Assim, tome-se, por exemplo, a definição de Marques (2011, p. 163), para quem a poluição luminosa é “a degradação do ambiente resultante do uso excessivo ou indevido da luz; é o resultado indesejável da fruição dos benefícios da energia luminosa”. Por sua vez, define-a com maior precisão Silvestre (*apud* MARQUES, 2011, p. 163), como sendo “qualquer efeito adverso causado ao meio ambiente pela luz artificial excessiva ou mal direcionada”.

Essa é uma definição mais precisa porque cinge o problema à iluminação artificial – de fato, os mecanismos ecológicos que moldaram e mantêm a vida na Terra (inclusive a humana) evoluíram em fina sintonia com as várias formas de iluminação natural, não fazendo sentido, portanto, falar-se em poluição luminosa natural, como bem esclarecem FERNANDES, COELHO e CAIRES (2010). Por outro lado, definir a poluição luminosa como “qualquer alteração nos padrões naturais de claro-escuro ambiental”, como querem os mesmos autores, parece excessivamente abrangente, pois nem toda alteração (ou “efeito adverso”, como queria a definição anterior) pode chegar a causar degradação ambiental significativa, a ponto de dar ensejo à atuação do Poder Público.

Para uma definição legal do que seria, afinal, essa degradação ambiental significativa, convém remontar à Política Nacional do Meio Ambiente (a PNMA, estabelecida pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981) que define **poluição**, de maneira geral, como (art. 3º, III):

[...] a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades humanas que direta ou indiretamente:

- a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;*
- b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;*
- c) afetem desfavoravelmente a biota;*
- d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;*
- e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos;*

Tentando especificar o gênero “poluição” da PNMA com a caracterização técnica mais precisa da poluição luminosa presente nas definições anteriores, pode-se convencionar, para fins de regulação, que ela é “a degradação ambiental resultante do uso da iluminação artificial em desacordo com padrões estabelecidos, que direta ou indiretamente prejudique a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais ou econômicas, a biota, as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente”.

Para que fique mais claro que a poluição luminosa não é uma consequência inevitável do simples uso da iluminação artificial, convém descrever em mais detalhes as formas pelas quais essa forma de poluição se manifesta. Assim, será possível verificar concretamente se cada um desses impactos, em particular, poderia ser evitado ou, ao menos, mitigado. Uma classificação recorrente na literatura consultada divide a poluição luminosa em três espécies principais: o brilho noturno, o ofuscamento e a luz intrusa, todas descritas a seguir.

3 - ESPÉCIES DE POLUIÇÃO LUMINOSA

3.1 BRILHO NO CÉU (“SKY GLOW”)

Brilho no céu (*Sky Glow*) é o brilho não natural visto no céu noturno sobre as cidades. Pode chegar a ser observado a centenas de quilômetros das fontes de poluição luminosa, mostrando que o seu impacto não é meramente local. (FERNANDES, COELHO e CAIRES, 2010, p. 42). Uma das suas causas é o direcionamento da iluminação artificial para acima da linha horizontal, via de regra desnecessário e indevido. O problema pode ser agravado pela dispersão da luz provocada pela poluição atmosférica (DOMINICI e GARGAGLIONE, 2012, p. 2). Ocasionalmente, a literatura distingue o brilho do céu do desperdício de iluminação em geral (*light profligacy*), com o qual, entretanto, está estreitamente associado (UK APPG FOR DARK SKIES, 2009).



Figura 1 - Exemplo de brilho no céu (DOMINICI e GARGAGLIONI, 2012, p. 2).

3.2 OFUSCAMENTO (“GLARE”)

É a luz excessiva que atrapalha a visão quando se olha em sua direção, chegando a causar cegueira momentânea (FERNANDES, COELHO e CAIRES, 2010, p. 42). Isso ocorre devido a fontes de luz mal posicionadas ou mal protegidas. A incidência direta de luz no olho contrai a pupila e o contraste excessivo torna invisíveis as áreas mais escuras do campo visual. Quando resulta de um agrupamento excessivo e próximo de luzes, é também chamado de “entulho luminoso” (*light clutter*). Um exemplo comum de entulho luminoso é a multiplicação de letreiros luminosos e outdoors iluminados à margem de rodovias, que pode ser perigoso para motoristas e pedestres, especialmente mais velhos. Algumas vezes o entulho luminoso é tratado como uma espécie de poluição luminosa diferente do ofuscamento, para destacar o aspecto estético ou de poluição visual – como, por exemplo, no relatório sobre poluição luminosa da então Royal Commission on Environmental Pollution (UK APPG FOR



Figura 2 - Exemplo de ofuscamento por entulho luminoso (DOMINICI e GARGAGLIONI, 2012, p. 2).

DARK SKIES, 2009).

3.3. - TRANSGRESSÃO DE LUZ (“LIGHT TRESPASS”), OU LUZ INVASORA:

É a luz que passa de um lugar que deveria iluminar para outro onde não é necessária. Como exemplo, temos as luzes de postes de iluminação, outdoors ou luminárias na vizinhança que entram pelas janelas de um quarto e não permitem que ele fique escuro à noite.



Figura 3 - Exemplo de luz invasora (DOMINICI e GARGAGLIONI, 2012, p. 2).

Discernir as várias formas de poluição luminosa não só contribui para perceber como preveni-la melhor, como também facilita a descoberta dos seus impactos sociais, econômicos e ambientais — graves, mas frequentemente insuspeitos. É o que será apresentado na próxima seção.

4 – IMPACTOS NEGATIVOS DA POLUIÇÃO LUMINOSA¹

4.1 IMPACTOS SOBRE A SAÚDE PÚBLICA

Apesar do seu início relativamente recente, os estudos a respeito do impacto da poluição luminosa sobre a saúde humana mostram um rol impressionante de malefícios insuspeitos — e a lista não para de crescer.

Um número crescente de pesquisas² vem correlacionando a exposição à iluminação artificial noturna e problemas de saúde tão graves e diversos quanto câncer no seio, de próstata e colorretal; diabetes; insônia, depressão e outros transtornos de humor; perda de desempenho cognitivo e da memória durante o dia; e até mesmo o aumento da disseminação de doenças infectocontagiosas, graças à atração de vetores.

A exposição à luz durante a noite perturba o ritmo circadiano e a fisiologia neuroendócrina (CHEPESIUK, 2009). Um dos seus principais efeitos é a interrupção da produção de melatonina pela glândula pineal. Além de, como é bem sabido, induzir o sono, a melatonina dispara uma miríade de outras atividades biológicas associadas ao ciclo circadiano — ciclo responsável por controlar algo entre 10 e 15% dos genes humanos. Isso parece explicar por que numerosos estudos sugeriram que a redução da produção noturna de melatonina aumente os riscos do desenvolvimento de variados tipos de câncer.

Para ficar em apenas um exemplo, um estudo epidemiológico da Universidade de Connecticut usou fotos de satélite para medir os níveis de iluminação artificial noturna em 147 comunidades em Israel e, em seguida, sobrepôs esse mapa ao da incidência de casos de câncer de mama. Os resultados mostraram uma correlação significativa, mesmo depois de controlados outros fatores como densidade populacional, nível de renda ou poluição do ar. Mulheres que viviam em áreas com brilho noturno suficiente para ler um livro fora de casa apresentavam um risco 73%

¹ Servimo-nos nesta seção do útil levantamento de estudos sobre os diferentes impactos ambientais adversos da poluição luminosa feito pelo Clube de Astronomia de Brasília (CASB, 2016), a quem agradecemos a contribuição.

² As referências para dezenas dessas pesquisas podem ser encontradas na página *How Light Pollution Affects Human Health*, do Departamento de Física da *Florida Atlantic University* (FAU, s/d) e na revisão de literatura realizada por Chepesiuk (2009), intitulada *Missing the Dark: Health Effects of Light Pollution*.

maior de desenvolver os tumores do que aquelas que viviam em áreas menos afetadas (CHEPESUIK, 2009).

Essa conclusão foi testada em uma nova pesquisa, mais abrangente, sobre a correlação entre o nível de iluminação noturna e a incidência de câncer de mama em 164 países. Foi encontrada correlação significativa entre ambos, mesmo controlando-se os modelos por variáveis de confusão como renda *per capita*, população urbana, consumo de energia ou fertilidade. Foi também excluída a possibilidade de correlação espúria decorrente de subnotificação de casos de câncer e de presença de iluminação noturna (KLOOG *et al.*, 2010).

Resultados análogos já haviam sido encontrados para a correlação entre a exposição à iluminação artificial noturna e outros tipos de tumores, o que levou a Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC, na sigla em inglês) em 2007 a classificar oficialmente o trabalho noturno como cancerígeno provável em humanos.

Não poderiam esses malefícios resultantes da exposição à iluminação artificial no período noturno ser neutralizados pelo uso de cortinas do tipo *blackout* ou de máscaras sobre os olhos? Essa estratégia, contudo, pode ser tão eficaz quanto o uso de aparelhos de ar-condicionado para se proteger dos efeitos do aquecimento global.

Primeiro, porque o corpo humano necessita tanto da escuridão completa para um sono saudável quanto do retorno gradual da luz para um despertar saudável no início do dia. O uso de dispositivos que obstruem completamente a luz impede que a alvorada provoque naturalmente um declínio progressivo da produção de melatonina e o correspondente aumento da produção do cortisol — hormônio relacionado ao estado de alerta³. Acordar subitamente em meio à escuridão pode ter as mesmas consequências de não dormir o bastante — emulando (ou induzindo) a “síndrome do atraso da fase do sono”. Ao acordar enquanto o corpo ainda produz melatonina, o indivíduo padece, por horas, de sonolência excessiva, baixa energia, perturbações de humor e déficit cognitivo, como afirma a especialista em medicina do sono Lisa Medalie, da Universidade de Chicago (POPESCU, 2019).

Muitos problemas aparentemente diversos parecem apontar para os riscos da perturbação dos ritmos circadianos. O início da manhã, por volta das 6 horas

³ É interessante observar que - embora não seja o caso da melatonina (AUBIN *et al.*, 2017) - a indução ao estado de alerta pode ser provocada pela exposição à luz até mesmo nos cegos (BRUEMELEN, 2014).

da manhã, é um dos horários de pico de acidentes de trânsito, mesmo se controlando a estatística por outros fatores (HORNE e REYNER, 1995). O atraso da fase do sono está fortemente correlacionado a inúmeras comorbidades, de tendências suicidas a doenças neurodegenerativas como Alzheimer e Parkinson (RUPERT e KILIC-HUCK, 2018). Sintomaticamente, a correção do atraso da fase de sono exige o uso, por um longo período, de terapia de exposição à luz e de melatonina em horários coincidentes com o que seria o ritmo circadiano normal (SAXVIG et al., 2014).

Além disso, ainda que fosse possível se proteger perfeitamente da perturbação do ritmo circadiano (por exemplo, com o uso de cortinas do tipo *black-out* e de despertadores luminosos), a iluminação artificial noturna excessiva estaria correlacionada a danos indiretos graves à saúde pública: há fortes evidências de que o aumento não planejado da iluminação artificial noturna aumenta o risco de infecção por doenças transmitidas por vetores.

Barghini e Medeiros (2010) apresentaram algumas dessas evidências em sua pesquisa sobre a disseminação da leishmaniose, da malária e até mesmo da doença de Chagas — doença para a qual se acreditava que o aumento de luz fosse uma proteção, dado que o vetor, o inseto “barbeiro”, não pica em áreas iluminadas. Isso ocorre, segundo os autores, porque os insetos não são necessariamente atraídos pela luz, mas, com a confusão em seu sentido de orientação, permanecem no entorno dela, em áreas que, por infeliz coincidência, passam a atrair aglomerações de pessoas. O mais preocupante, concluem, é que a correlação encontrada nessas três doenças parece revelar um padrão mais geral. Dada a tendência à difusão da iluminação artificial no meio rural em regiões tropicais e a prevalência de doenças transmitidas por insetos nessas regiões, os autores defenderam a realização, com urgência, de pesquisas mais profundas sobre o fenômeno e sobre os mecanismos para a sua prevenção.

Desde então, pesquisas mais recentes sobre o assunto sugerem que a iluminação artificial noturna pode até mesmo estar por trás da eclosão de pandemias, como será comentado na seção sobre os impactos da poluição luminosa à biodiversidade, a seguir.

4.2 – IMPACTOS NA SEGURANÇA PÚBLICA

Os impactos negativos da poluição luminosa na segurança pública são talvez os mais surpreendentes, dado que essa é em regra a justificativa invocada para o aumento da iluminação noturna. Como se verá, entretanto, mais não significa necessariamente melhor.

A principal razão disso é precisamente o fenômeno do **ofuscamento**, apresentado anteriormente. A incidência direta de focos de luz contrai a pupila, prejudicando, assim, a visão noturna. Paradoxalmente, isso acaba por criar zonas cegas em áreas menos iluminadas (“hard shadows”), que podem se converter em esconderijos perfeitos para os criminosos, que passam a poder ver claramente a vítima sem serem vistos. O fenômeno é nitidamente percebido nas imagens a seguir (FAU, 201?):



Figura 4a - Com o ofuscamento causado pela lâmpada, a pessoa no portão se torna invisível.



Figura 4b - A pessoa saindo pela porta, ao centro, desaparece ao passar em frente à silhueta do poste de luz, mais à direita.

Apesar da segurança da população poder ser menor, **objetivamente**, quando há iluminação mal projetada ou excessiva, muitos moradores do entorno podem ainda assim se sentir **subjetivamente** mais seguros desde a sua instalação. Esse efeito foi constatado com alguma frequência nas primeiras pesquisas sobre o assunto, que chegaram, por buscarem uma relação de maior segurança quanto maior a iluminação, a resultados pouco conclusivos. Assim, por exemplo, no relatório *Preventing Crime: What Works, What Doesn't, What's Promising*, preparado pelo National Institute of Justice (NIJ) para o Congresso dos Estados Unidos (ECK, 1997), afirma-se que

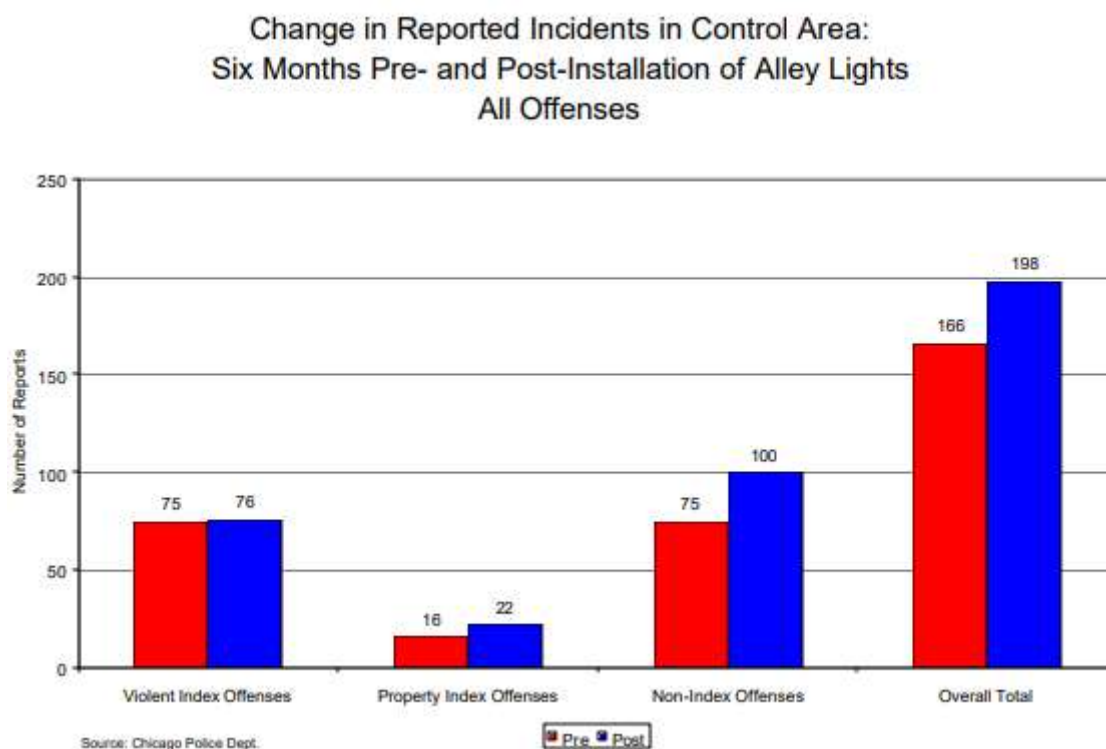
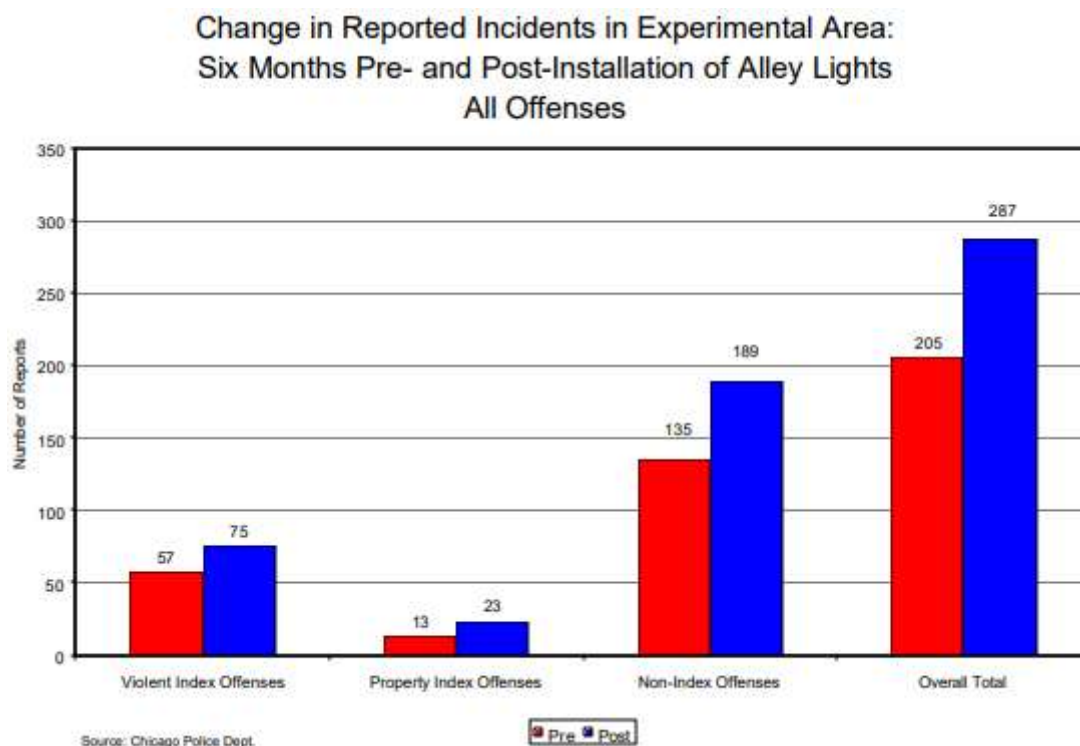
Em 1979, a agência que antecedeu o NIJ, o National Institute of Law Enforcement and Criminal Justice, apresentou uma revisão de 60 avaliações sobre a iluminação. Os autores da revisão concluíram que [...] “A resposta é inconclusiva”. [...] Não muito mudou [desde então, até 1997]. Em parte, isso se deve à falta de pesquisa sobre a iluminação, especialmente nos Estados Unidos. As poucas pesquisas continuam a usar designs fracos (tipicamente sem áreas de controle). [...] O caráter problemático da relação entre iluminação e crime aumenta quando se considera que os criminosos precisam da luz para detectar vítimas potenciais e situações de baixo risco [...]. Considere-se a iluminação de caixas eletrônicos, por exemplo. Um usuário de caixa eletrônico pode se sentir mais seguro quando o caixa e arredores estão bem iluminados. Contudo, a mesma iluminação torna a vítima mais visível para criminosos que estiverem passando. (tradução livre)

Desde esse relatório, felizmente, têm surgido estudos com metodologias mais rigorosas, envolvendo o devido uso de áreas de controle. Esses estudos sustentam a tese dos riscos de uma iluminação artificial não usada conscienciosamente.

Um deles foi o *Chicago Alley Lighting Project* (ICJIA, 2000). A Prefeitura da cidade levou a cabo um projeto para aumentar a potência ou instalar centenas de milhares de lâmpadas de iluminação pública, em artérias do trânsito, vielas e becos residenciais. Nesses últimos, o propósito expresso era o de reduzir a criminalidade. Para garantir a efetividade da medida, à medida que o projeto avançava, foram feitas avaliações comparativas da incidência de crimes reportados nos becos e vielas recém-iluminados *versus* a das áreas de controle — com perfil comparável em termos de demografia, status socioeconômico e registros de criminalidade — no período compreendido entre seis meses antes e seis meses depois da instalação da iluminação. A avaliação abstraiu aspectos subjetivos, como sensações de medo ou de segurança.

O resultado foi que, nas áreas iluminadas, o total de ocorrências relatadas cresceu 40%, contra apenas 19% nas áreas de controle comparáveis que não receberam a iluminação. Essa diferença expressiva se verifica mesmo quando se exclui o aumento de notificações de abuso de substâncias ilícitas (aumento que poderia ser atribuído, em tese, ao fato de que os residentes e policiais simplesmente perceberam melhor a ocorrência da infração), ou seja, considerando-se apenas crimes violentos e contra o patrimônio:

Figura 5 - Variações de crimes reportados em áreas que receberam iluminação versus áreas de controle, entre os seis meses anteriores e posteriores à instalação. Fonte: ICJIA, 2000, p. iv.



Mais recentemente, foi feito um estudo em sentido inverso, analisando o efeito da *redução* de iluminação na Inglaterra e no País de Gales (STEINBACH *et al.*, 2015). Diversas autoridades locais nesses dois países reduziram, de diferentes formas, a iluminação das ruas à noite a fim de economizar dinheiro público e cortar emissões de carbono. Basicamente, foram estudados separadamente os efeitos de cada uma das quatro medidas de economia de energia adotadas: desligamento total das luzes, desligamento em parte da noite, diminuição de potência (*dimming*) e uso de luz LED branca. Os autores da pesquisa avaliaram estatisticamente a correlação entre essas medidas e a incidência de crimes por área entre os anos de 2010 e 2013, bem como de acidentes de trânsito por rodovia entre os anos de 2000 e 2013.

Como resultado, não se encontrou nenhuma correlação entre nenhuma das medidas de redução de iluminação e aumento dos acidentes de trânsito. Já quanto à incidência de crimes, os resultados variaram a depender da medida adotada. Não houve relação entre o número agregado de crimes e o desligamento da iluminação, total ou em parte da noite. Por outro lado, houve evidências de **redução** na ocorrência de crimes com as medidas de utilização de luz branca e de redução de potência – nesse último caso, corroborando a tese de que a redução do ofuscamento pode produzir maior percepção do ambiente (ou maior “sensação de iluminância”) mesmo para potências menores de luz.

4.3 – IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS

Além das perdas na saúde e na produtividade da força de trabalho, já abordadas na seção 4.1 deste Estudo, a poluição luminosa causa perdas econômicas de duas maneiras principais: pelos gastos desnecessários com a energia desperdiçada por iluminação inadequada e pela erosão do valor de ativos econômicos das localidades – especialmente dos imobiliários e do potencial turístico dessas regiões.

O desperdício de energia acontece, nesta ordem de importância, na iluminação pública, comercial e residencial.

Na iluminação pública, em regra, toda a luz direcionada para o alto ou para os lados é desperdiçada. Quando lâmpadas de postes são visíveis de aeronaves, do topo de prédios ou mesmo ao se observar uma cidade ao longe, há evidente iluminação fora do objetivo. Como princípio, nunca se deveria poder observar uma fonte de luz, apenas a área iluminada (CASB, 2016).

A International Dark Sky Association, principal associação civil internacional em defesa dos céus escuros, estima que de 30 a 35% da iluminação exterior é desperdiçada (IDA, 2014). No Brasil, o então diretor-geral do Observatório do Capricórnio de Campinas, Orlando Rodrigues Ferreira, estimava, há anos atrás, uma taxa de até 50 ou 60% de desperdício na iluminação pública (SANTOS, 2005).

A iluminação pública no Brasil consumiu, em 2017, 3,3% de toda a energia elétrica do país e foi a classe de uso de maior crescimento no consumo entre 2016 e 2017 (EPE, 2018, p. 85). Assim, pode-se inferir que mais do que 1% de toda a energia elétrica consumida no Brasil, ao longo do ano, é desperdiçada com poluição luminosa e que esse percentual, na falta de ganhos de eficiência, tende a crescer.

Para fins de comparação, a redução de 1% do consumo de energia equivalia ao benefício obtido durante apenas três meses com o horário de verão — medida controversa por estar correlacionada, nos Estados brasileiros adotantes, a um aumento de 6 a 8% nas internações por diabetes mellitus e a um aumento de 7 a 8,5% de mortes decorrentes de infarto agudo do miocárdio (TORO, 2016).

Já a iluminação do setor comercial responde, ao todo, por cerca de 4% do consumo de energia no Brasil (CEPA-USP, 1999) — e, embora não haja dados precisos disponíveis, parte significativa dela é notavelmente externa. A competição no uso de iluminação externa para atrair clientes é um jogo de soma zero nas receitas e uma espiral de custos crescentes para as empresas.

No entanto, uma empresa não deveria ter medo de quebrar esse ciclo. É possível que uma iluminação externa bem planejada consiga resultados comerciais melhores sem ofuscamento e desperdício de energia. Em experimento publicado pelo Lighting Research Center, foram testados os resultados comerciais, ao longo de um mês, de um posto de gasolina à margem da estrada na cidade de Springfield (MA) com o uso de três configurações de iluminação diferentes (*apud* FAU, 201?):

1) A primeira, um equipamento com o propósito declarado de “oferecer melhor visibilidade a longa distância”, usava fontes de luz de alta potência diretamente visíveis pelos motoristas.



Figura 6a – alto brilho, visível de longe.

2) A segunda usava lentes planas em luminárias *full-cutoff*, com luz direcionada unicamente para baixo e com potência menor.



Figura 6b – luz de baixo brilho e apenas para baixo.

3) A terceira minimizava as sombras causadas pela segunda, com lâmpadas em lente de prisma curvo nas luminárias *semi cut-off* – algum brilho era percebido desde fora, mas menor e apenas a curtas distâncias.



Figura 6c – brilho menor, visível a curta distância.

Foi medido, nas três situações, o número de veículos que entraram no posto em relação ao total de veículos que passaram por ele. Os resultados, exibidos abaixo, sugerem que o ofuscamento afugenta clientes (FLORIDA, s/d):

Fonte de luz	Tempo gravado	Veículos passantes	Entraram	Taxa % de entrada
Visível à distância	210 min	2150	41	1,87
Plana full-cutoff	210 min	1991	49	2,40

Curva semi-cutoff	200 min	2015	59	2,84
-------------------	---------	------	----	------

Por fim, a poluição luminosa pode ser causada também pela iluminação doméstica, que responde por cerca de 4% do consumo no País (CEPA-USP, 1999). Embora não haja dados precisos no Brasil, nos Estados Unidos 13% da eletricidade residencial é usada para iluminação exterior (IDA, 2014).

Somando-se essas três causas de desperdício de energia por poluição luminosa, a International Dark Sky Association estimou um prejuízo global anual da ordem de US\$ 110 bilhões — mais do que o conjunto das nações desenvolvidas, no Acordo de Paris, comprometeu-se a alocar anualmente para socorrer as nações mais vulneráveis às mudanças climáticas (compromisso, aliás, ainda não cumprido). No Brasil, apenas com a iluminação pública, haveria um prejuízo anual da ordem de R\$ 1,6 bilhão anual⁴, ao qual se somam desperdícios menores, mas comparáveis, na iluminação residencial e comercial — isso para nem se falar nos gastos evitáveis com toda a cadeia de fornecimento dos equipamentos de iluminação desnecessários.

Contudo, as perdas com a poluição luminosa não se resumem ao gasto inútil: também destroem o valor de um patrimônio natural e cultural da humanidade — e as oportunidades de geração de riqueza, trabalho e renda decorrentes.

Como afirma Gallaway (2010), é difícil perceber o valor econômico do “bem” céu noturno, porque há uma propensão no pensamento econômico a assumir que a utilidade equivale ao consumo de bens produzidos, em vez de se reconhecer a possibilidade de extrai-la da simples fruição receptiva de bens que só exigem conservação. Ainda assim, argumenta, é possível reconhecer e sistematizar evidentes valores do céu noturno para o bem estar humano: o valor científico, histórico, cultural, recreativo, estético e espiritual etc. e apresenta uma miríade de exemplos nessas categorias, que seria impossível de reproduzir aqui.

Mesmo que seja difícil, ou mesmo impossível, monetizar o valor associado a cada uma dessas dimensões, já se pode notar uma disposição crescente a pagar por um céu escuro, manifestada pelo surgimento de pujantes mercados turístico e imobiliário de céus escuros.

⁴ Considera-se, aqui, um consumo de 15.443 GHW na iluminação pública (EPE, 2018, p.85), uma tarifa média de R\$ 300 por MWh na classe de uso e um desperdício de 33%.

Quanto ao turismo, merece destaque o lançamento em 2001, pela International Dark Sky Association, do International Dark Sky Places Program, para certificar lugares de excepcional curadoria do céu noturno, por meio de políticas de iluminação responsáveis e de educação do público. Os certificados abrangem seis categorias, que vão desde “santuários do céu noturno”, os mais remotos e exigentes, até “notáveis evoluções amigáveis a um céu escuro”, comunidades que têm planejado e cumprido uma aproximação gradual a céus mais naturais.

O Programa obteve grande sucesso, já tendo certificado, até fevereiro de 2020, mais de 130 locais em todo o mundo naquelas diversas categorias⁵ e recebido o prêmio de excelência em conservação ambiental da Associação Nacional de Profissionais Ambientais dos EUA em 2015⁶. Em homenagem a um desses sítios reconhecidos pela IDA, a Ilha de Sark, a cantora irlandesa Enya deu ao seu último álbum o título de *Dark Sky Island*, tendo vendido cerca de um milhão de cópias apenas no continente europeu e no ano do lançamento (2015). Iniciativas de divulgação como essas acabaram por fomentar um novo ramo turístico, o astroturismo. O astroturismo foi chamado pela maior revista de negócios do mundo, a *Forbes*⁷, e pela maior plataforma de aluguel por temporada, o Airbnb⁸, de “A Próxima Grande Onda” do setor turístico mundial – com mais de 3.000 casas nos EUA oferecendo telescópios para observação astronômica e com um crescimento médio de visitantes em locais de céu escuro de até 327% ao ano.

Em ao menos um dos destinos astroturísticos — os parques nacionais do Planalto do Colorado, nos Estados Unidos — o valor econômico do atributo “céus escuros” foi mensurado. Empregando uma projeção do número de visitantes por 10 anos e um modelo de insumo-produto, Mitchell e Gallaway (2019) descobriram que os turistas para quem esse atributo era “extremamente importante” na decisão pela visita gastariam US\$5,8 bilhões no período. Esses gastos gerariam 10.000 postos de trabalho adicionais por ano na região, com um aumento de renda agregado de US\$ 2,4 bilhões.

⁵ Cf. <https://www.darksky.org/our-work/conservation/idsp/>. Acesso em: 30/06/2020.

⁶ Cf. <https://www.darksky.org/ida-receives-national-environmental-award/>. Acesso em: 30/06/2020.

⁷ Cf. <https://www.forbes.com/sites/wendvaltschuler/2019/08/31/is-astrotourism-the-next-big-thing-incredible-nighttime-outdoor-adventures-for-stargazers/#6e41edc051d3>. Acesso em: 30/06/2020.

⁸ Cf. <https://www.travelweekly.com.au/article/travel-trend-astro-tourism-is-the-next-big-thing-is-sustainable-travel/>. Acesso em: 30/06/2020.

Na verdade, para uma parcela pequena, mas crescente, da população mundial, os céus escuros são tão importantes que não definem mais para onde se quer viajar — definem onde se quer morar. Como mostrou Feldman (2002?), métodos de custo de viagem não são os únicos possíveis para se valorar economicamente o controle da poluição luminosa. O autor mostrou que é possível estruturar um quadro de perguntas para *surveys* que podem fundamentar uma “valoração contingente” dos céus escuros onde se vive — perguntas como “quantas horas de trabalho você já perdeu com a perturbação do seu sono?”, “quanto gastou com cortinas e afins para bloquear a iluminação nas vizinhanças?”, “você costuma contemplar o céu noturno?” e, enfim, “quanto você pagaria pelo controle da poluição luminosa?”.

A crer no florescimento do mercado imobiliário de céus escuros, não devem ser valores de pouca monta. Já começam a surgir empreendimentos imobiliários projetados especialmente com esse propósito, com resultados comerciais expressivos. Um deles é o *Summit Sky Ranch*, lançado em 2016 no Colorado, EUA⁹. O empreendimento consiste em 240 imóveis em 168 hectares, com um desenho pensado para conservar o céu noturno: apenas cinco postes de iluminação em todo o conjunto (em cruzamentos críticos), uso de árvores para bloquear a passagem de luz entre as casas e uma localização geográfica especialmente escolhida para se beneficiar do isolamento oferecido pelas cadeias de montanhas no entorno. Com preços a partir de US\$ 1 milhão, mais da metade das unidades já havia sido vendida até julho de 2019¹⁰. No mesmo estado do Colorado, as cidades de Westcliffe e Silver Cliff fizeram uma transição intencional para se tornarem comunidades de céus escuros certificadas (HEALY, 2016).

Movimento semelhante se verificou em outros países. Na Grã-Bretanha, depois dos certificados de céus escuros pela IDA, a procura por imóveis entre 2009 e 2019 cresceu significativamente nas remotas regiões de Exmoor (de 135 casas vendidas para 191), Snowdonia (de 295 para 525) e Brecon Beacons (de 254 para 519), o que estimulou uma corrida por céus escuros em diversas outras regiões da ilha (NORWOOD, 2020).

⁹ Disponível em: <https://summitskyranch.com/>. Acesso em: 6 jul. 2020.

¹⁰ Cf. <https://summitskyranch.com/2019/06/05/design-crush-meanwhile-up-at-the-ranch/>. Acesso em: 6 jul. 2020.

Mesmo em megalópoles com alta poluição luminosa e sem ordenamento legal específico para coibi-la, como Nova Iorque, “potenciais compradores atribuem valor aos esforços da vizinhança para usar a iluminação externa com mais eficiência. A baixa poluição luminosa é um fator positivo para os imóveis” (GATI, 2017), como constata o dono de um grande escritório de arquitetura da cidade.

4.4 – IMPACTOS NA BIODIVERSIDADE

As pesquisas a respeito dos impactos da poluição luminosa na biodiversidade somente despontaram nas últimas duas décadas. Assim, impressionam a gravidade e a variedade dos impactos negativos para os quais já há evidências consistentes. Davies e Smith (2017), com base em uma revisão de 122 trabalhos publicados, deram diversas razões pelas quais a poluição luminosa deva ser considerada um problema tão ou mais sério que o aquecimento global.

Como demonstram os autores, a poluição luminosa não é mais um problema em esfera local, graças ao brilho no céu (*sky glow*), cujo alcance chega a centenas de quilômetros no entorno nas cidades. O fenômeno tampouco se restringe mais a megalópoles, afetando 23% da superfície terrestre. A intensidade do brilho é maior do que a dos fenômenos naturais que numerosas *taxa*¹¹ usam como referências espaciais e temporais, fenômenos tão sutis como as variações do brilho da lua ou a Via Láctea. Isso causa uma pletera de perturbações sobre respostas biológicas tão diversas como padrões migratórios, seleção de *habitats*, comunicação animal, reprodução, ritmo circadiano, fuga de predadores e fenologia das plantas (DAVIES e SMITH, 2017).

Além da intensidade e da abrangência da perturbação, há um risco notável à biodiversidade específico da poluição luminosa — risco que não é trazido nem mesmo pelo aquecimento global. Os organismos já têm se adaptado a amplas variações no CO₂ atmosférico, na temperatura e no pH dos oceanos ao longo da sua história evolutiva. Por outro lado, as alterações nos padrões de iluminação noturna são de uma amplitude e velocidade radicalmente maior do que jamais aconteceu. Assim, a capacidade dos organismos de se adaptarem rapidamente à iluminação artificial em escala por meio de mudanças comportamentais, epigenéticas ou genéticas é

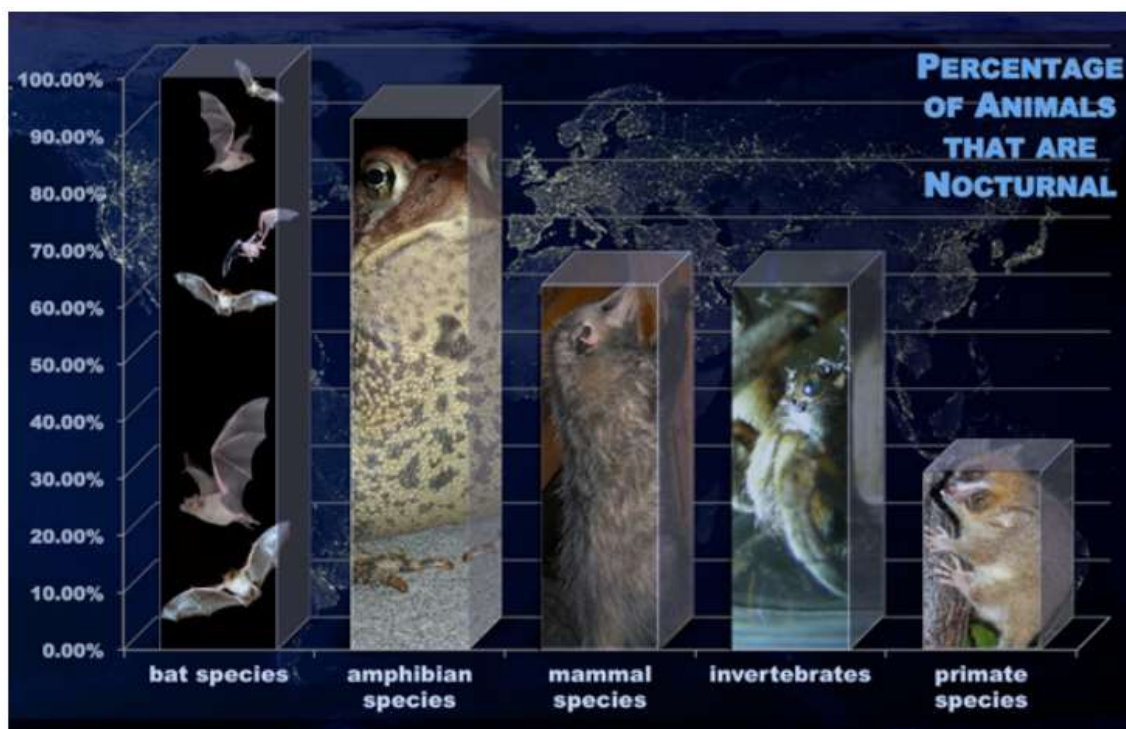
¹¹ Grupos de seres vivos de classificação taxonômica comum (reino, filo, classe, etc.).

provavelmente muito mais limitada do que a de adaptação às mudanças climáticas. Não bastasse isso, o crescimento difuso e geograficamente imprevisível da poluição luminosa torna difícil prever onde organismos viriam a buscar abrigo, o que impede a adoção de medidas mitigadoras como corredores escuros para migrações (DAVIES, SMITH, 2017).

A variedade das *taxa* comprovadamente afetadas é espantosa e crescente. Para citar apenas algumas, acham-se presentes nas pesquisas levantadas por Davies e Smith (2017) plantas terrestres, numerosas ordens de insetos, aranhas, peixes de água doce e salgada, anfíbios, pássaros, roedores, marsupiais, morcegos e tartarugas marinhas. Parcela significativa desse rol é composta por animais noturnos, como

Figura 7 – Percentual de animais noturnos.

mostra o gráfico a seguir (TENEBAUM, 2012):



O animal mais prejudicado neste último ano, porém, bem pode ter sido o próprio homem — afinal, a origem da pandemia do coronavírus é um animal noturno. Khan et al. (2020) descreveram os mecanismos pelos quais a iluminação noturna, afetando a fisiologia e o comportamento dos morcegos, pode ter perturbado a

“sincronização vírus-hospedeiro”, favorecendo mutações genômicas no vírus e a sua ampla disseminação. Em se confirmando a hipótese, em pesquisas subsequentes, a poluição luminosa terá sido o principal fator antropogênico por trás da eclosão da pior pandemia dos últimos 100 anos.

5 – PROPOSTAS PARA A REGULAÇÃO NO BRASIL

Ante tudo o que foi exposto, resta evidente que a poluição luminosa justifica uma urgente resposta regulatória por parte dos poderes públicos, para prevenir os danos que pode provocar à saúde e à segurança públicas, à economia e ao meio ambiente no Brasil.

Como se espera haver demonstrado neste trabalho, os impactos da poluição luminosa já ultrapassaram em muito os perímetros urbanos e, na ausência de controle apropriado, deverão ampliar o seu alcance mais e mais. Assim, não se justificaria crer que, por ser matéria de interesse local, a sua regulação compete exclusivamente aos municípios (Constituição Federal, art. 30, III). Compete à União estabelecer normas gerais no âmbito da legislação concorrente sobre o controle da poluição, a proteção do patrimônio turístico e paisagístico e a responsabilidade por dano ao meio ambiente — aspectos essenciais da regulação da poluição luminosa (Constituição Federal, art. 24, VI, VII e VIII, §1º).

O primeiro princípio que deveria ser levado em conta para a regulação da poluição luminosa é que não há uma relação necessária entre iluminação noturna e densidade demográfica ou renda (como parece haver, por exemplo, entre o desenvolvimento socioeconômico e o consumo de energia em geral). Pesquisa de Falchi *et al.* (2019)¹² mostrou diferenças drásticas nos fluxos luz *per capita* e por unidade de Produto Interno Bruto (PIB) entre regiões da Europa e dos Estados Unidos. Na Europa, a diferença entre as regiões mais e menos poluídas chegou a 120 vezes em fluxo de luz *per capita* e a 267 vezes em fluxo de luz por unidade de PIB. Nos Estados

¹² A investigação usou dados do *Novo Atlas do Brilho Artificial Noturno* e do Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS), conjunto de equipamentos presente no satélite da agência governamental meteorológica americana (NOAA).

Unidos, a diferença entre os condados de maior e menor poluição luminosa chega a 16 mil vezes no fluxo de luz *per capita* e a 40 mil vezes no fluxo de luz por unidade de PIB.

Não faz sentido, assim, afirmar que a poluição luminosa é uma consequência inevitável do aumento da riqueza ou da densidade demográfica, quando regiões comparáveis sob esses aspectos apresentam índices radicalmente diferentes de desempenho no controle do problema. Felizmente, pesquisas e experiências normativas internacionais nos últimos anos têm identificado boas práticas comuns às regiões de melhor desempenho, que poderiam ser incorporadas ao direito ambiental pátrio.

Diversas instituições merecem destaque nesse trabalho: além da já mencionada pioneira International Dark Sky Association (IDA), juntaram-se a esse grupo, nos últimos anos, a Loss of Night Network (rede de universidades e agências governamentais de diversos países europeus), a aliança suprapartidária e bicameral de parlamentares britânicos All-Party Parliamentary Group for Dark Skies e, nas Nações Unidas, a Convenção sobre a Conservação das Espécies Migratórias de Animais Silvestres — que, na sua 13ª reunião (COP-13) em fevereiro de 2020, endossou formalmente e recomendou às partes que adotassem as resoluções recentemente apresentadas pela União Europeia e pelo Governo da Austrália.

Baseando-nos nas boas práticas identificadas por essas instituições, podemos apresentar algumas propostas de regulação da poluição luminosa que seriam aplicáveis no Brasil.

Em primeiro lugar, conviria o estabelecimento, por lei, de princípios gerais que disciplinassem o uso da iluminação artificial noturna, válidos para zonas urbanas, industriais ou rurais. A IDA, em parceria com a Illuminating Engineering Society (IES), elaborou “Cinco Princípios para a Iluminação Responsável de Áreas Externas” (HARTLEY e LIEBEL, 2020). Segundo eles, a iluminação deve ser:

- *útil*: iluminar apenas **se** não houver alternativa mais apropriada (como sinalização reflexiva ou luminosa) e **se** os benefícios potenciais do uso superarem os riscos;

- *direcionada*: a iluminação deve ser usada apenas **onde** necessário, apontando exclusivamente para a área útil, por meio de barreiras, cintas ou refletores;

- *na intensidade necessária*: deve-se iluminar apenas **o quanto** for necessário, por meio da escolha da potência apropriada, considerando-se a superfície a ser iluminada;

- *controlada*: temporizadores e sensores de movimento devem ser usados para iluminar apenas **quando** necessário, acionando *dimmers* ou mesmo se desligando a iluminação quando conveniente;

- *da tonalidade apropriada*: deve-se escolher **qual** é a cor mais apropriada (como regra, em temperatura de cor mais quente, sempre que possível).

Para zonas urbanas, especificamente, conviria a implementação das *Lighting Ordinances*, também recomendadas pela IDA e IES (2011). As recomendações foram consolidadas em modelos genéricos e adaptáveis, provendo algo como um conteúdo mínimo de “planos diretores de iluminação”, para usar uma terminologia mais próxima do direito urbanístico brasileiro. Em geral, esses modelos consistem no processo para o estabelecimento técnico e participativo de diferentes zonas de iluminação nos municípios — prevendo desde áreas rurais de preservação até centros comerciais de intensa iluminação —, além de medidas para evitar ofuscamento, luz intrusa e brilho no céu. Instrumentos como esses têm sido adotados em diversos países do continente europeu¹³.

No ordenamento jurídico pátrio, caberia a previsão desse instrumento como um componente do plano diretor urbano, no Estatuto da Cidade (Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001), sendo aplicável, portanto, para cidades com mais de 20 mil habitantes ou integrantes de áreas de especial interesse turístico (art. 41, I e IV da Lei nº 10.257/2001).

Nas zonas rurais é preciso reconhecer e conservar o valor socioeconômico dos céus estrelados, como já foi mostrado acima. Diversos países têm procurado proteger parques nacionais ou outras unidades de conservação com céus noturnos preservados, a exemplo do Reino Unido (UK APPG FOR DARK SKIES, 2020). Com esse intuito, no Brasil, conviria prever, na Lei que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Snuc), a necessidade de prévia aprovação pelo órgão responsável para a instalação de iluminação artificial externa significativa nessas

¹³ Os exemplos de legislações de seis países encontram-se disponíveis na página da Loss of the Night Network (LONNE, s/d).

UCs ou em suas zonas de amortecimento (art. 46 da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000).

Como uma última proposta na esfera legal, conviria ainda ampliar a definição de poluição, no art. 54 da Lei nº 9.605/1998, de modo a indicar mais claramente que também estaria sujeito a sanção quem causasse poluição capaz de resultar em danos à segurança pública ou à economia, como frequentemente é o caso da poluição luminosa. No entanto, a efetividade do combate à poluição luminosa depende, igualmente, de ações que deveriam ser encampadas pelos Poderes Executivos das três esferas da Federação.

Antes de tudo, a fim de criar incentivos econômicos positivos, conviria a realização de um programa de reconhecimento e divulgação de sítios com céus noturnos preservados, o que poderia fortalecer notavelmente o turismo rural, atraindo, entre outras, a crescente demanda internacional. Como já afirmado na seção sobre impactos socioeconômicos, a International Dark Sky Association e as associações afins promovem programas e certificações deste tipo e já atuam em parceria com órgãos governamentais.

Outra tendência que merece a atenção do poder público brasileiro é a transição para lâmpadas LED na iluminação pública. As lâmpadas LED poderiam trazer notáveis ganhos ambientais, não só pela redução de consumo de energia e maior vida útil, como pela possibilidade de dimerização e de escolha de tonalidade de cor. Entretanto, não é isso o que tem acontecido. Segundo o *New World Atlas of Artificial Night Sky Brightness*, a adoção de lâmpadas LED de tons frios tem levado a um aumento de 2,5 vezes de poluição luminosa (FALCHI *et al.*, 2016). Devido ao “efeito-rebote”, a redução do preço com o LED não tem sido encarada pelos gestores públicos, em geral, como oportunidade de economia, mas de aumento de consumo com o mesmo orçamento, como foi demonstrado pela relação estável entre PIB e gasto com iluminação pública (KYBA *et al.*, 2017). Para contrabalançar essas tendências, a IDA e as organizações congêneres têm divulgado guias de utilização de LED para prefeituras, de modo a promover economias de energia ainda maiores, com segurança pública, proteção à vida selvagem e conservação do céu noturno.

No Brasil, o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) mantém aberta uma linha de financiamento, direto ou por meio de

Parcerias Público-Privadas, para projetos de ganho de eficiência energética na iluminação pública municipal com o uso de LED. Infelizmente, os critérios de elegibilidade para os projetos ainda não levam em conta explicitamente o potencial de poluição luminosa (BRASIL, 2018). A certificação com o selo Procel de eficiência energética, por exemplo, é exigida, mas, dos 29 modelos de lâmpadas LED certificados com o selo até agora, nem um único tem tonalidade de cor morna, como seria recomendável¹⁴.

A NBR 5101, que estabelece critérios para iluminação de vias públicas, até a edição de 2012 concentrava-se na garantia de níveis mínimos de iluminação e continha apenas uma vaga menção ao problema da poluição luminosa, sem parâmetros quantificáveis. É recomendável que a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), na revisão da norma ora em andamento, nivele tecnicamente esses critérios em consonância com as melhores práticas internacionais. É recomendável, ainda, que o Ministério de Minas e Energia (MEE) — responsável pelos programas de eficiência energética — e o BNDES tornem a conformidade à nova norma um requisito de elegibilidade para o financiamento dos projetos de iluminação pública. Com o mesmo intuito, parece conveniente, no futuro, a abertura de uma linha de crédito específica para uma gradual adaptação das instalações a planos diretores de iluminação municipais que venham a ser elaborados por determinação legal.

Por fim, é necessária a elaboração de uma Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) dedicada especificamente ao controle da poluição luminosa, a exemplo das disponíveis para o controle de outras formas de poluição (do ar, da água, etc.).

Essa Resolução deve prever a consideração desse aspecto nos estudos prévios de impacto ambiental para algumas categorias de empreendimentos, especialmente em áreas mais sensíveis. Isso se justifica porque há umas poucas categorias de empreendimentos já reconhecidas como causadoras de poluição luminosa desproporcionalmente alta, conquanto mitigável. Ao normalizar pela densidade demográfica as imagens de iluminação noturna do satélite da NOAA, o geógrafo Tim Wallace evidenciou que existem áreas rurais pouco povoadas, mas de notável poluição

¹⁴ Lista disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={B70B5A3C-19EF-499D-B7BC-D6FF3BABE5FA}>. Acesso em: 4 nov. 2020.

luminosa (ROUTLEY, 2020). Constatou-se que essas áreas estavam associadas, em geral, a campos de exploração de óleo e gás, a grandes centros de distribuição de cadeias logísticas e a eixos rodoviários entre megalópoles. Mesmo nos mais difíceis desses casos, a mitigação da poluição luminosa já se mostrou possível: recentemente, por exemplo, empresas de óleo e gás no Texas têm trabalhado em uma iluminação mais amigável em conjunto com o observatório astronômico local, que atrai cem mil visitantes por ano, além dos trabalhos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico (LEE, 2018).

Uma Resolução específica deveria prever, também, as medidas cabíveis para a proteção de espécies especialmente ameaçadas pela poluição luminosa, conforme recomenda a Convenção sobre a Conservação das Espécies Migratórias de Animais Silvestres (UNEP, 2020). No Brasil, há um precedente de sucesso: o Projeto Tamar, criado em 1980 pelo Almirante Ibsen de Gusmão, por Maria Thereza Pádua e por outros conservacionistas ambientais, com o intuito de proteger as cinco espécies de tartarugas que desovam na costa nacional, todas ameaçadas de extinção. O projeto obteve um êxito notável, com mais de 37 milhões de filhotes devolvidos ao mar até 2018, um milhão de visitantes por ano e 1.800 postos de trabalho gerados (TAMAR, 2018). Um componente central desse êxito foi o controle da poluição luminosa, pois ela desorienta os filhotes, levando-os a correrem em sentido oposto ao mar até morrerem de exaustão ou desidratação. Esse controle baseia-se, na Bahia, na Lei Estadual nº 7.034/1997, que proíbe o uso de fontes de iluminação artificial acima de zero lux no litoral norte do Estado (TAMAR, 2014). Isso não impediu — ao contrário, favoreceu — que se desenvolvesse na localidade sede do Projeto, em Praia do Forte, um pujante mercado turístico, tendo sido o quinto destino mais procurado do Brasil para as comemorações de fim de ano em 2019 (BAHIA JÁ, 2019).

6 – CONCLUSÕES

Na madrugada de 17 de janeiro de 1994, o terremoto de Northridge — que atingiu o Vale de São Francisco, Califórnia, com magnitude 6.7 — provocou um *blackout* na região. Aterrorizados, os moradores correram para fora das suas casas. Pouco depois, inundaram com ligações os telefones de atendimento dos serviços de

emergência locais e até mesmo do observatório astronômico mais próximo, ansiosos por explicações para a “estranha e gigantesca nuvem prateada” que viam no céu.

A “estranha e gigantesca nuvem prateada” era a Via Láctea, que viam pela primeira vez.

A história ilustra à perfeição o que se procurou demonstrar nesse estudo: as perdas ocasionadas pela poluição luminosa são tão tremendas quão pouco notadas ordinariamente. Doenças e transtornos mentais os mais variados, desperdícios bilionários na iluminação, destruição do valor de localidades, aumento dos crimes contra a vida e o patrimônio e degradação da fauna e da flora: poucos suspeitariam que todos esses problemas têm, hoje, uma causa em comum. O combate à poluição luminosa, destarte, depende de um amplo trabalho prévio de divulgação, esclarecimento e articulação.

Este trabalho, contudo, é facilitado pelo fato de que o combate à poluição luminosa – como também se espera haver demonstrado neste estudo – é uma das raras causas ambientais em que todos os envolvidos podem obter ganhos significativos em curto prazo. Medidas como as sugeridas aqui – ganhos de eficiência na iluminação pública e comercial, promoção de parques de céus escuros, mitigação de impacto no licenciamento de algumas categorias de empreendimentos – envolvem técnicas já bem conhecidas e trazem retornos expressivos sobre o investimento inicial.

O que a história do terremoto de Northridge faz lembrar, enfim, é que, como a poluição luminosa não se acumula no ambiente, a sua reversão é imediata. Um dos mais graves problemas ambientais contemporâneos pode ser, assim, o mais simples de se resolver.

REFERÊNCIAS

- AUBIN, S. *et al.* Melatonin and Cortisol Profiles in the Absence of Light Perception. **Behavioural Brain Research**, n. 31, p. 515-521, 15 Jan. 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27693853/>. Acesso em: 08 jun. 2020.
- BAHIA JÁ. Mata é o quinto destino mais procurado do Brasil para final de ano. **Bahia Já**, Salvador, 22 dez. 2019. Disponível em: <http://www.bahiaja.com.br/turismo/noticia/2019/12/22/mata-e-o-quinto-destino-mais-procurado-do-brasil-para-final-de-ano,123693,0.html>. Acesso em: 9 nov. 2020.
- BARGHINI, Alessandro; MEDEIROS, Bruno A. S. de. Artificial Lighting as a Vector Attractant and Cause of Disease Diffusion. **Environmental Health Perspectives**, v. 118, n. 11, p. 1503-1506, Nov. 2010. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2974685/>. Acesso em: 14 jun.: Light triggers a quick neural reaction even in blind people 2020.
- BRASIL. MME – Ministério de Minas e Energia. **Iluminação Pública Municipal. Programas e Políticas Públicas: Orientação para Gestores Municipais**. Fevereiro de 2018. Disponível em: http://www.mme.gov.br/documents/72140/229750/Livreto+Ilumina%C3%A7%C3%A3o+P%C3%BAblica_2018_02_19.pdf
- BRUEMELEN, Ariel Van. How Blind People Detect Light. **Scientific American**, 1st May 2014. Disponível em: <https://www.scientificamerican.com/article/how-blind-people-detect-light/>. Acesso em: 14 jun. 2020.
- CASB – CLUBE DE ASTRONOMIA DE BRASÍLIA. **Ofício nº 03/2016 Brasília, 03 de junho de 2016 ao Sr. Fauzi Nacfur Júnior – Subsecretário de Atendimento às Cidades Secretaria de Estado de de Infraestrutura e Serviços Públicos / GDF. Assunto: Poluição Luminosa**. Disponível em: http://www.casb.org.br/files/8814/6491/2467/Oficio_03_2016_CASB_SUAC.pdf. Acesso em: 1º jun. 2020.
- CEPA-USP – CENTRO DE ENSINO E PESQUISA APLICADA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Lâmpadas**. Energia: a Essência dos Fenômenos. São Paulo: Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IF-USP), Curso “Energia”, 1999. Disponível em: <http://www.cepa.if.usp.br/energia/energia1999/Grupo6A/tipolamp.htm>. Acesso em: 15 jun. 2020.
- DAVIES, Thomas; SMYTH, Tim. Why Artificial Light at Night should be a Focus for Global Change Research in the 21st Century. **Global Change Biology**, v. 24, Issue 3, p. 872-882, 10 Nov. 2017. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/gcb.13927>. Acesso em: 20 out. 2020.
- DOMINICI, Tânia; GARGAGLIONI, Sandro. Identificação e Combate à Poluição Luminosa: Garantindo o Direito à Luz das Estrelas. Apresentação em Power Point. Itajubá (MG): Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTIC), Laboratório Nacional de

Astrofísica (LNA), 29 jul. 2012. Disponível em: <https://en.calameo.com/books/006628760e08bd9e2b74b>. Acesso em: 9 mar 2021.

ECK, John. Preventing Crime at Places. **Preventing Crime: What Works, What Doesn't, What's Promising – a Report to the United States Congress**. Washington (DC): National Institute of Justice, 1997. Disponível em: <https://www.ncjrs.gov/works/>. Acesso em: 15 jun. 2020.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Anuário estatístico de energia elétrica 2018 – ano-base 2017**. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia/ Empresa de Pesquisa Energética (MME/EPE), out. 2018. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario2018vf.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2020.

FALCHI, Fabio; CINZANO, Pierantonio *et al.* The New World Atlas of Artificial Night Sky Brightness. **Science Advances**, v. 2, n. 6, 10 Jun. 2016. Disponível em: <https://advances.sciencemag.org/content/2/6/e1600377>. Acesso em: 23 out. 2020.

FALCHI, F.; FURGONI, R. *et al.* Light Pollution in USA and Europe: The Good, the Bad and the Ugly. **Journal of Environmental Management**, v. 248, 15 Oct. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479719309296>. Acesso em: 20 out. 2020.

FELDMAN, Vance. **Framework of the Economic costs of Light Pollution**. Monography (course “Econ351 – Environmental Economics”). Reed College (OR), Portland, 2002. Disponível em: https://www.reed.edu/economics/course_pages.archive/noel/Econ351/2002/EconCost.pdf. Acesso em: 20 jun. 2020.

FAU – FLORIDA ATLANTIC UNIVERSITY. Department of Physics. **The Problems of Light Pollution**. Boca Raton (FL), 201?. Disponível em: <http://cescos.fau.edu/observatory/lightpol.html>. Acesso em: 1º jun. 2020.

FERNANDES, G. Wilson; COELHO, Marcel; CAIRES, Tarcísio. O impacto ambiental da poluição luminosa. **Terra 3.0. Edição Especial da Scientific American Brasil**. São Paulo: Duetto Editorial, 2010.

GALLAWAY, Terrel. On Light Pollution, Passive Pleasures, and the Instrumental Value of Beauty. **Ecological Economics**, v. 69, n. 3, p. 658-665, 15 Jan. 2010.

GATI, William. Examining invisible urban pollution and its effect on real estate value in New York City. **New York Real Estate Journal**, New York, 19 Sept. 2017. Disponível em: <https://nyrej.com/examining-invisible-urban-pollution-and-its-effect-on-real-estate-value-in-new-york-city-by-william-gati>. Acesso em: 13 jul. 2020.

HARTLEY, Ruskin; LIEBEL, Brian. **Joining Forces to Protect the Night from Light Pollution**. Tucson (AZ): International Dark-Sky Association, 17 Apr. 2020. Disponível em: <https://www.darksky.org/joining-forces-to-protect-the-night-from-light-pollution/>. Acesso em: 23 out. 2020.

HEALY, Jack. Colorado Towns Work to Preserve a Diminishing Resource: Darkness. **The New York Times**, New York, 12 Aug. 2016. Disponível em:

<https://www.nytimes.com/2016/08/13/us/colorado-dark-sky-project-stars-perseid.html>.

Acesso em: 6 jul. 2020.

HECHT, Jeff. Awash in Artificial Light, the World gets 2 percent Brighter Each Year. **IEEE Spectrum**, Newark (NJ), 22 Nov. 2017. Disponível em:

<https://spectrum.ieee.org/energywise/energy/environment/awash-in-artificial-light-the-world-gets-2-percent-brighter-each-year>. Acesso em: 1º set. 2020.

HORNE, J. A.; REYNER, L. A. Sleep Related Vehicle Accidents. **British Medical Journal**, London, n. 310, p. 565-567, 1995. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7888930/?dopt=Abstract>. Acesso em: 8 jun. 2020.

ICJIA – ILLINOIS CRIMINAL JUSTICE INFORMATION AUTHORITY. **The Chicago Alley Lighting Project: Final Evaluation Report**. Chicago (IL): Authority of the State of Illinois, Apr. 2000. Disponível em: <https://www.darksky.org/wp-content/uploads/2014/09/Chicago-Alley-Lighting-Project.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2020.

IDA – INTERNATIONAL DARK SKY ASSOCIATION. **Light Pollution Wastes Energy and Money**, Tucson (AZ), 8 Sept. 2014. Disponível em: <https://www.darksky.org/light-pollution/energy-waste/>. Acesso em: 15 jun. 2020.

_____. **IES – Illuminating Engineering Society**. Model Lighting Ordinance – with User’s Guide, Tucson (AZ), 15 Jun. 2011. Disponível em: https://www.darksky.org/wp-content/uploads/bsk-pdf-manager/16_MLO_FINAL_JUNE2011.PDF . Acesso em: 23 out. 2020.

KHAN, Zeeshan *et al.* Artificial Light at Night (ALAN): A Potential Anthropogenic Component for the COVID-19 and HCoV’s Outbreak. **Frontiers on Endocrinology**, Lausanne (SW), v. 11, n. 10, article 622, Sept. 2020. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fendo.2020.00622/full>. Acesso em: 20 out. 2020.

KLOOG, Itai *et al.* Nighttime Light Level Co-distributes with Breast Cancer Incidence Worldwide. **Cancer Causes Control**, n. 21, p. 2059-2068, Dec. 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/45462565_Nighttime_light_level_co-distributes_with_breast_cancer_incidence_worldwide . Acesso em: 14 jun. 2020.

KYBA, Christopher *et al.* Artificially Lit Surface of Earth at Night Increasing in Radiance and Extent. **Science Advances**, New York (NY), v. 3, n. 11, 22 Nov. 2017. Disponível em: <https://advances.sciencemag.org/content/3/11/e1701528> . Acesso em: 23 out. 2020.

LEE, Steffi. Reducing light pollution from oil and gas production in Texas skies. **KXAN**, 25 Jul. 2018. Disponível em: <https://www.kxan.com/news/local/reducing-light-pollution-from-oil-and-gas-production-in-texas-skies/>. Acesso em: 6 nov. 2020.

LONNE – LOSS OF THE NIGHT NETWORK. **Legislation for Public Outdoor Lighting in the EU**. Berlin, 2020. Disponível em: <http://www.cost-lonne.eu/legislation/>. Acesso em: 23 out. 2020.

MARQUES, José Roberto. A poluição luminosa e a legislação brasileira. **Lusíada – Direito e Ambiente**, Lisboa, n. 2/3, p. 159-168, 2011. Disponível em: revistas.lis.ulsiada.pt/index.php/lda/article/download/2133/2252. Acesso em: 12 jun. 2016.

MITCHELL, D. and GALLAWAY, T. Dark Sky Tourism: Economic Impacts on the Colorado Plateau Economy, USA. **Tourism Review**, Bingley (UK), v. 74, n. 4, p. 930-942, 2019.

NORWOOD, Graham. Homes in Remote Locations and Free of Light Pollution are a Top Priority for Buyers this Year as They Look to Get Back to Nature. **The Daily Mail**, London, 17 Jan. 2020. Disponível em: <https://www.dailymail.co.uk/property/article-7899275/Buyers-hunt-homes-remote-locations-free-light-pollution.html>. Acesso em: 6 jul. 2020.

POPESCU, Adam. Waking Up at 4 A.M. Every Day Is the Key to Success. Or to Getting a Cold. In: **The New York Times**, New York, 5 Jun. 2019. Disponível em: <https://www.nytimes.com/2019/06/05/style/self-care/waking-up-at-4-am.html>. Acesso em: 14 jun. 2020.

ROUTLEY, Nick. This Map Shows an Unlikely Source of America's Light Pollution. **World Economic Forum**. Geneva, 5 Feb. 2020. Disponível em: <https://www.weforum.org/agenda/2020/02/invisible-stars-mapping-america-s-rural-light-pollution/>. Acesso em: 23 out. 2020.

RUPERT, Elisabeth; KILIC-HUCK, Ulker. Diagnosis and Comorbidities of Circadian Rhythm Sleep Disorders. **The Medical Press**, v. 47, ed. 11-12, part 1, p. 969-976, Nov/Dec. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0755498218303981?via%3Dihub>. Acesso em: 14 jun. 2020.

SANTOS, Nadia Palacio dos. O Direito de Ver Estrelas. **IX Congresso Internancional de Direito Ambiental**. São Paulo, 30 maio 2005. Disponível em: http://zeca.astronomos.com.br/astrologia/tese_PL_Nadia.htm. Acesso em: 15 jun. 2020.

SAXVIG, Ingvild West *et al.* A Randomized Controlled Trial With Bright Light and Melatonin for Delayed Sleep Phase Disorder: Effects on Subjective and Objective Sleep. **Chronobiology International**, London, v. 31, n. 1, p. 72-86, Feb. 2014. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24144243/>. Acesso em: 14 jun. 2020.

STEINBACH, Rebecca *et al.* The Effect of Reduced Street Lighting on Road Casualties and Crime in England and Wales: Controlled Interrupted Time Series Analysis. **Journal of Epidemiology and Community Health**, London, n. 69, p. 1118-1124, 2015. Acesso em: 14 jun. 2020.

TAMAR. **Cartilha de fotopoliuição**, 2014. Disponível em: http://tamar.org.br/arquivos/cartilha%20fotopoluicao_V2014.pdf. Acesso em: 9 nov. 2020.

_____. **Projeto Tamar em números detalhados**. Análise detalhada dos números. Praia do Forte: Projeto Tamar Fundação, 2018. Disponível em: <http://tamar.org.br/interna.php?cod=76>. Acesso em: 6 nov. 2020.

TENENBAUM, David. Light at Night: Mixed Blessing! **The Why Files: The Science**, 16 Aug 2012. Disponível em: <https://whyfiles.org/2012/light-at-night-mixed-blessing/index.html>. Acesso em: 26 out. 2020.

TORO, Weily Machado. **Três ensaios sobre os efeitos econômicos do horário de verão utilizando regressão descontínua**. Tese (Doutorado em Economia), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, 2016. Disponível em: http://valdircolatto.com.br/wp-content/uploads/2015/02/TESE_FINAL.pdf. Acesso em: 15 jun. 2020.

UK APPG (UNITED KINGDOM'S ALL-PARTY PARLIAMENTARY GROUP) FOR DARK SKIES. **Dark Skies**. London, 2020. Disponível em: <https://appgdarkskies.co.uk/dark-skies>. Acesso em: 23 out. 2020.

UK-RCEP – UNITED KINGDOM ROYAL COMMISSION ON ENVIRONMENTAL POLLUTION. **Artificial light in the environment**. London, 27 Nov. 2009. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/publications/artificial-light-in-the-environment>. Acesso em: 8 jun. 2020.

UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAM. **Convention on Migratory Species – Light Pollution Guidelines for Wildlife**. UNEP/CMS/Resolution 13.5. Nairobi, 8 Apr. 2020. Disponível em: https://www.cms.int/sites/default/files/document/cms_cop13_res.13.5_light-pollution-guidelines_e.pdf. Acesso em: 23 out. 2020.

2020-3961