



Especialização em
**ENSINO DE
ASTRONOMIA**

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA E TECNOLOGIA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM ENSINO DE ASTRONOMIA E
CIÊNCIAS AFINS

ÉRICA DINIZ ABRANTES GONÇALVES
MARIA LUCIVÂNIA SOUZA DOS SANTOS

POLUIÇÃO LUMINOSA: Conscientização sobre os seus Impactos Através do
Ensino de Astronomia e Ciências Afins

Recife
2022

Érica Diniz Abrantes Gonçalves
Maria Lucivânia Souza dos Santos

**POLUIÇÃO LUMINOSA: Conscientização sobre os seus Impactos Através do
Ensino de Astronomia e Ciências Afins**

Trabalho de conclusão de curso de Especialização apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Especialista, pelo Curso de Especialização em Ensino de Astronomia e Ciências Afins da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Orientadora: Prof^a Dra. Tânia Pereira Dominici

-

Recife
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Elaborada mediante dados fornecidos pelos autores

G635p Gonçalves, Érica Diniz Abrantes
Poluição luminosa: Conscientização sobre os seus Impactos
Através do Ensino de Astronomia e Ciências Afins/ Érica Diniz
Abrantes, Maria Lucivânia Souza dos Santos. - 2022
85 f.

Orientadora: Tânia Pereira Dominici
Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Universidade
Federal Rural de Pernambuco, Especialização em Ensino de
Astronomia e Ciências Afins, Recife, 2022.

1. Astronomia – estudo e ensino 2. Poluição luminosa I. Santos,
Maria Lucivânia Souza dos. II. Dominici, Tânia Pereira, orient. III.
Título

CDD 520

Érica Diniz Abrantes Gonçalves
Maria Lucivânia Souza dos Santos

**POLUIÇÃO LUMINOSA: Conscientização sobre os seus Impactos Através do
Ensino de Astronomia e Ciências Afins**

Trabalho de conclusão de curso de especialização apresentado à Unidade Acadêmica de Educação a Distância e Tecnologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Ensino de Astronomia e Ciências Afins.

Aprovado em 18 de junho de 2022

BANCA EXAMINADORA

Presidente - Prof. Dra. Tânia Pereira Dominici – INPE/MCTI

Membro - Prof. Dra. Teresinha de Jesus Alvarenga Rodrigues –
ON/MCTI

Membro - Prof. Dra. Telma Cristina Fernandes – UNESP

Recife
2022

AGRADECIMENTOS

Somos gratas a todos e todas que contribuíram direta ou indiretamente para a construção desse trabalho.

Primeiramente, agradecemos aos nossos familiares por serem uma verdadeira rede de apoio quando foi necessário, tornando possível a realização pessoal e profissional de mais uma etapa das nossas vidas.

Gratidão à nossa orientadora, a Prof^a Tânia P. Dominici pela confiança que nos foi dada durante todo o período de construção desse trabalho. E, especialmente, por toda a sua valiosa contribuição para o nosso trabalho e para as discussões sobre Poluição Luminosa, de forma geral.

Agradecemos àqueles que fazem a UAEDTec/UFRPE, em especial ao Prof^o Dr. Antônio Carlos Miranda (Coordenador Geral); à Prof^a Dra. Énery Melo (Coordenadora Pedagógica); a Midon e João Pedro (Bolsistas). O acompanhamento e orientações de vocês, sempre com competência e paciência, foi indispensável em diversos momentos.

Gratidão a todos os professores e professoras que estiveram conosco durante as disciplinas da especialização, compartilhando os seus conhecimentos e permitindo que juntos construíssemos novos conhecimentos enquanto estudantes-educadores em Astronomia.

Agradecemos também os colegas de curso que sempre foram solícitos em ajudar uns aos outros, incentivando e contribuindo para que a maioria prosseguisse no curso, apesar de todas as dificuldades impostas pelo caminho.

Por fim, agradecemos aos participantes da pesquisa que aceitaram o desafio de se aventurar em uma verdadeira maratona de conhecimento sobre uma temática a qual a maioria desconhecia, demonstrando interesse do início ao fim do projeto.

RESUMO

A poluição luminosa e seus impactos negativos nos mais diversos âmbitos ainda é um tema desconhecido pela maioria das pessoas e pouco discutido na literatura acadêmica. Isso é um problema uma vez que, a maneira como convivemos com a iluminação artificial hoje é insustentável, sendo necessária a conscientização urgente sobre tal problemática. Pensando nisso, buscamos nesta pesquisa discutir a problemática da poluição luminosa, propondo atividades de conscientização sobre os impactos da mesma para serem desenvolvidas com estudantes do ensino fundamental II (8º e 9º anos) e do ensino médio. Também construímos um guia didático para educadores de Astronomia e áreas afins, com informações, sugestões de atividades, experimentos e ações sobre a temática da poluição luminosa. A pesquisa aqui apresentada se enquadra no campo da pesquisa qualitativa, uma vez que buscamos analisar que efeitos a conscientização sobre os impactos da poluição luminosa pode causar em ambientes de educação formal e não-formal. Os instrumentos de coleta de dados foram: questionário inicial, diário de campo e materiais construídos para utilização em palestras, oficinas e encontros que ocorreram no decorrer da pesquisa de campo. A análise dos dados coletados a partir desses instrumentos demonstrou que a poluição luminosa e seus impactos ainda é um tema desconhecido pela maioria das pessoas, sendo necessário a ampliação das discussões sobre a temática, especialmente nos espaços educativos, de forma a estimular a conscientização sobre os seus impactos negativos e mostrar de que maneiras podemos contribuir para minimizar o problema.

PALAVRAS-CHAVE: Poluição Luminosa, Luz Artificial, Céu Escuro.

ABSTRACT

Light pollution and its negative impacts in the most diverse areas is still a topic unknown to most people and little discussed in the academic literature. This is a problem as the way we live with artificial lighting today is unsustainable, requiring urgent awareness of this problem. With this in mind, we sought in this research to discuss the problem of light pollution, proposing awareness activities about its impacts to be developed with elementary school students II (8th and 9th grades) and high school. We also built a didactic guide for educators in Astronomy and related areas, with information, suggestions for activities, experiments and actions on the subject of light pollution. The research presented here falls within the field of qualitative research, since we seek to analyze what effects awareness about the impacts of light pollution can cause in formal and non-formal education environments. The data collection instruments were: initial questionnaire, a field diary and materials constructed for use in lectures, workshops and meetings that took place during the field research. The analysis of the data collected from these instruments showed that light pollution and its impacts is still an unknown topic for most people, and it is necessary to expand discussions on the subject, especially in educational spaces, in order to stimulate awareness about their negative impacts and show how we can contribute to minimizing the problem.

KEYWORDS: Light Pollution, Artificial Light, Dark Sky.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	08
2 O QUE É POLUIÇÃO LUMINOSA	11
2.1 LUZ NATURAL X ARTIFICIAL	11
2.2 TIPOS E FONTES DE POLUIÇÃO LUMINOSA	12
2.2.1 Encandeamento ou Ofuscamento (<i>Glare</i>)	14
2.2.2 Brilho Artificial do Céu (<i>Skyglow</i>)	16
2.2.3 Luz Intrusa (<i>Light Trespass</i>)	19
2.2.4 Desordem (<i>Clutter ou Light Clutter</i>)	20
2.2.5 Luz Esbanjada (<i>Light Profligacy</i>)	21
2.3 ILUMINAÇÃO ADEQUADA X INADEQUADA	23
2.4 LEGISLAÇÃO SOBRE POLUIÇÃO LUMINOSA	27
3 POLUIÇÃO LUMINOSA E SEUS IMPACTOS	28
3.1 BIODIVERSIDADE E ECOSSISTEMAS	29
3.2 DESPERDÍCIO DE ENERGIA	30
3.3 ILUMINAÇÃO, CRIME E SEGURANÇA	31
3.4 SAÚDE HUMANA	31
3.5 O CÉU ESCURO COMO UM PATRIMÔNIO DA HUMANIDADE	33
4 COMO MEDIR A POLUIÇÃO LUMINOSA	35
4.1 MAPAS DE POLUIÇÃO LUMINOSA	35
4.2 <i>NAKED-EYE LIMITING MAGNITUDE</i> (NELM)	35
4.3 A ESCALA DE CÉU ESCURO DE <i>BORTLE</i>	36
5 CONSCIENTIZAÇÃO SOBRE A POLUIÇÃO LUMINOSA	39
5.1 INICIATIVAS DE CONSCIENTIZAÇÃO SOBRE POLUIÇÃO LUMINOSA	39
5.2 PROGRAMAS DE CIÊNCIA CIDADÃ	40
6 METODOLOGIA	42
7 RESULTADOS	44
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
REFERÊNCIAS	59
APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL	61

1 INTRODUÇÃO

As diversas transformações sócio-históricas ocorridas no mundo produtivo no início do século XIX, sobretudo a partir da Revolução Industrial, atingiu as mais diversas esferas sociais, e o modo de vida das pessoas mudou, tornando-se cada vez mais centrado no consumo e na exploração excessiva dos recursos naturais. De acordo com Roser, Ritchie e Ortiz-Ospina (2013), o crescimento da população global atingiu um pico em 1962 e 1963 e a partir de então a taxa de crescimento populacional vem diminuindo. Porém, o avanço da urbanização continua, de forma que mais da metade do mundo vive em ambientes urbanos atualmente (RITCHIE; ROSER, 2018).

Com um sistema baseado em acumulação e obsolescência programada, a pressão de produzir mais mercadorias e serviços, mais rápido e durante mais tempo também cresceu. A partir dessa necessidade, além de outras mudanças, passou-se a estender a jornada de trabalho pelas noites cada vez mais iluminadas das cidades, produzindo efeitos sérios no meio ambiente natural e social, em função do uso inadequado e/ou excessivo de luz artificial - a Poluição Luminosa.

Araújo (2017) destaca que das diversas formas de poluição que convivemos - do ar, das águas, do solo, sonora, visual, nuclear ou radioativa e luminosa - esta última, além de perigosa, é silenciosa. De fato, diversas pesquisas têm mostrado relação direta entre a Poluição Luminosa e efeitos adversos na saúde humana, na vida selvagem e nos ecossistemas. Esse tipo de poluição também impacta na nossa segurança, aumenta o desperdício de energia e está, literalmente, destruindo um dos nossos patrimônios naturais mais belos e acessíveis - o céu escuro.

Devido aos seus impactos, e com grande parte da população da Terra vivendo nas grandes cidades, a Poluição Luminosa tem se tornado uma preocupação mundial. De acordo com o mais recente Atlas Mundial de Brilho Noturno Artificial, 80% da população mundial vive sob a Poluição Luminosa. Nos Estados Unidos e na Europa, 99% do público não consegue ter uma noite natural, aquela que é iluminada por fontes celestes naturais, como a Lua, a emissão atmosférica natural (airglow), as estrelas e a Via Láctea e a luz zodiacal (FALCHI et al., 2016).

Como visto, a questão da Poluição Luminosa é algo bastante sério e que afeta todos os cidadãos, mas, ao contrário de muitas outras formas de poluição, ela é reversível e cada pessoa pode fazer a sua parte para minimizar os seus efeitos

adversos, desde a simples ação de utilizar a iluminação de casa de forma adequada até a construção coletiva de formas mais amplas de conscientização sobre a questão, seja em âmbito local, nacional e até internacional.

Diante disso, sugerimos que a conscientização sobre essa problemática esteja articulada com a educação, seja ela formal ou não-formal, por entendermos que esse é um dos caminhos mais profícuos para gerar uma mudança efetiva e duradoura. Além disso, a Política Nacional de Educação Ambiental (Lei nº 9.795/1999), afirma a educação ambiental como um direito de todos e parte indispensável da educação nacional, formal e não-formal (BRASIL, 1999). Porém, observa-se que nem todos os tipos de poluição são conhecidos e discutidos amplamente no âmbito nacional, como é o caso da Poluição Luminosa.

Pinto (2017) explica que, devido a Poluição Luminosa ser uma consequência histórica do desenvolvimento da sociedade capitalista industrial, somente há pouco tempo tem sido tratada sob a perspectiva dos seus impactos na saúde e no meio ambiente de forma geral.

Nesse cenário, tomamos como objeto de estudo o papel fundamental que a educação, seja ela formal ou não-formal, pode assumir na conscientização sobre os impactos da Poluição Luminosa. Assim, buscamos responder ao seguinte problema de pesquisa: *De que maneiras podemos contribuir para a conscientização sobre os impactos da Poluição Luminosa e, conseqüentemente, para a preservação do céu escuro através do ensino de Astronomia e ciências e afins?*

Pensando nisso, apresentaremos ao final da pesquisa como produto educacional um guia didático para educadores com foco na temática da Poluição Luminosa, com sugestões de atividades, experimentos e ações desenvolvidos sobre a temática em questão. Esse guia será uma base para educadores, e demais interessados na temática, se envolverem com a defesa do céu escuro e, assim, promover mudanças significativas em seu ambiente de casa, na sua escola e na sua comunidade.

O objetivo geral da pesquisa é discutir a problemática da Poluição Luminosa e propor atividades de conscientização sobre os impactos da mesma para serem desenvolvidas com estudantes do ensino fundamental II (8º e 9º anos) e do ensino médio. Os objetivos específicos são: analisar o contexto atual da discussão sobre

Poluição Luminosa no Brasil; promover palestra acerca da temática da Poluição Luminosa e seus impactos; desenvolver oficinas sobre a medição da Poluição Luminosa; participar de programa de ciência cidadã para medição da Poluição Luminosa; produzir Guia didático para educadores com foco na Poluição Luminosa.

Nossas hipóteses são: que a Poluição Luminosa e seus impactos ainda é um tema desconhecido pela maioria das pessoas e pouco discutido na literatura acadêmica; que a maneira como convivemos com a iluminação artificial hoje é insustentável, sendo necessária uma conscientização urgente sobre essa problemática; e que para uma conscientização capaz de gerar mudança duradoura é imprescindível a articulação com a educação.

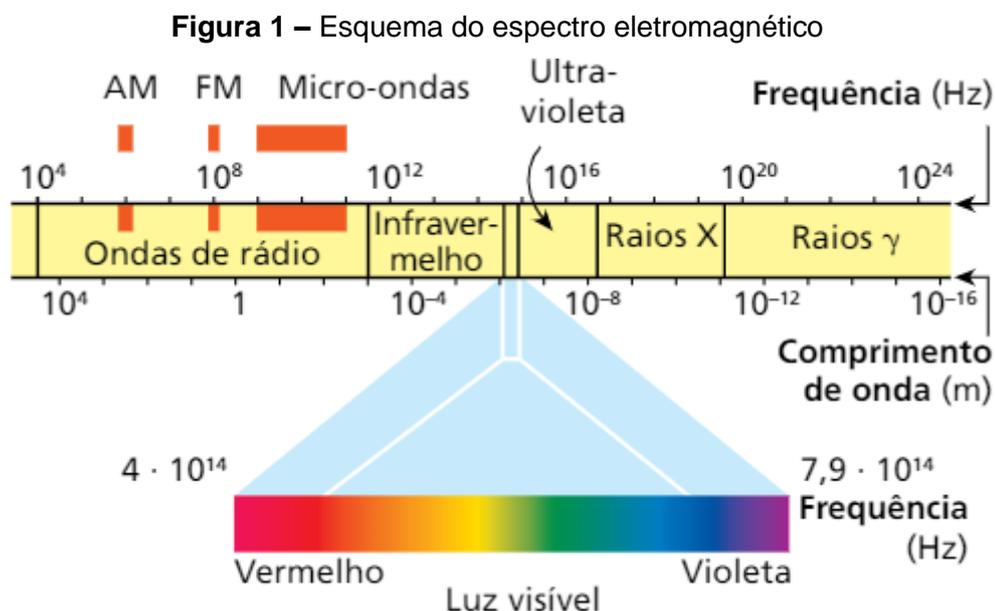
Dessa maneira, espera-se com a execução da pesquisa atingir resultados positivos e replicáveis de ações de conscientização acerca dos impactos gerados pela Poluição Luminosa em ambientes de educação formal e não-formal, ampliando e democratizando o acesso ao conhecimento.

2 O QUE É POLUIÇÃO LUMINOSA

Antes de adentrar diretamente na conceituação de Poluição Luminosa é importante entendermos alguns conceitos importantes, como a luz, suas possíveis classificações e fontes de emissão.

2.1 LUZ NATURAL X LUZ ARTIFICIAL

A diferença entre as ondas eletromagnéticas que podemos “enxergar” (luz visível) e as demais está na frequência. A luz que pode sensibilizar nosso sistema visual tem sua frequência compreendida entre 4×10^{14} Hz (vermelho) e 8×10^{14} Hz (violeta), aproximadamente. Observe na imagem abaixo um esquema do espectro eletromagnético que mostra a localização aproximada das faixas de frequência das principais ondas eletromagnéticas.



Fonte: Villas Bôas, Doca e Biscuola (2014)

As frequências logo abaixo dos 4×10^{14} Hz (com limite inferior de, aproximadamente, 8×10^{11} Hz) são denominadas infravermelhas e as frequências logo acima dos 8×10^{14} Hz (e até cerca de 2×10^{15} Hz) até são denominadas ultravioletas. Estas não fazem parte do espectro de luz visível pelo olho humano.

Ainda de acordo com Villas Bôas, Doca e Biscuola (2014), as fontes de luz podem ser classificadas como: primárias - corpos que emitem luz própria, como o Sol, a chama de uma vela, a lâmpada acesa, etc.; ou secundárias - corpos que refletem a luz que recebem de outras fontes, como a Lua, as nuvens, entre outros.

Podemos ainda dizer que as fontes de luz podem ser naturais ou artificiais. O Sol é um exemplo de fonte primária de luz natural enquanto as lâmpadas são fontes de luz artificiais gerada a partir de fontes alternativas. Assim, a iluminação artificial produzida pelo homem pode ser entendida como uma reprodução da luz natural e o fogo como a primeira fonte artificial de luz. O domínio do fogo foi apenas o início do caminho em torno da produção da luz artificial.

Conforme Gargaglioni (2007), a produção da luz atravessou quatro fases. Na primeira fase, o homem teve a preocupação de manter uma chama acesa constantemente, isso o levou a desenvolver a vela e a lâmpada a óleo. Na segunda fase houve o desenvolvimento do tradicional lampião de camisa em 1874 por Amié Argand. A terceira fase é marcada pelo trabalho de Thomas Edison, em 1879, com a produção de uma lâmpada incandescente com filamento de carbono. A última e atual fase deu-se com o desenvolvimento de sistemas de iluminação, que envolvem fontes luminosas e sistemas ópticos.

Ultrapassando essas explicações mais conceituais, no tópico seguinte vamos tratar especificamente sobre a luz, enquanto poluente, pois embora a iluminação artificial tenha trazido muitos benefícios para a humanidade, estudos em todo o mundo demonstram que a mesma pode causar impactos negativos se em excesso e/ou mal projetada.

2.2 TIPOS E FONTES DE POLUIÇÃO LUMINOSA

A discussão sobre o excesso de luz artificial denominada como Poluição Luminosa teve início de forma pioneira por astrônomos que sentiram suas observações prejudicadas pela intensificação global da iluminação urbana. No entanto, a Poluição Luminosa não é mais um assunto apenas para astrônomos, uma vez que pesquisadores de campos distintos estão cada vez mais interessados na temática, devido aos muitos impactos que a mesma pode causar.

Dominici (2017) apresenta um histórico acerca da questão, destacando que embora astrônomos apontem os problemas causados pela Poluição Luminosa desde a década de 1930, a primeira regulamentação local surgiu somente em 1958 em *Flagstaff* (Arizona, EUA), onde estão instalados dois importantes observatórios astronômicos – o Observatório Naval (*U.S. Naval Observatory*, NOFS) e o Lowell.

Embora as discussões tenham aumentado de forma relevante ultimamente, de acordo com Carvalho (2016), o termo “Poluição Luminosa” está longe de obter um

consenso no meio do conjunto de atores da iluminação pública e provoca vários debates.

Longcore e Rich (2004) apontam que o termo “Poluição Luminosa” é usado há vários anos, mas geralmente se refere à degradação da visão humana do céu noturno. Os autores dividem a contaminação em: “Poluição Luminosa astronômica”, onde estrelas e outros corpos celestes são apagados pela luz que é direcionada ou refletida para cima, causando o efeito chamado de “Skyglow”; e a luz artificial que altera os padrões naturais de luz e escuridão nos ecossistemas como “Poluição Luminosa ecológica”.

Para Falchi et al. (2016), “a Poluição Luminosa é a alteração dos níveis de iluminação natural noturna causada por fontes antropogênicas de luz” (FALCHI et al., 2016, p. 1).

Em suma, grande parte da iluminação artificial usada à noite é ineficiente, excessivamente brilhante, mal direcionada, mal protegida e, em muitos casos, completamente desnecessária. Essa luz, e a eletricidade usada para criá-la, estão sendo desperdiçadas ao invés de direcionadas para os objetos e áreas que as pessoas precisam efetivamente iluminar.

As principais fontes de Poluição Luminosa incluem iluminação interna e externa de edifícios, residências, anúncios publicitários, estabelecimentos comerciais, escritórios, fábricas, estufas, postes de luz, instalações esportivas iluminadas, iluminação viária, sinalização aérea e marítima.

Apresentamos na sequência um levantamento acerca dos principais tipos de Poluição Luminosa, considerando os conceitos apresentados pela Associação Internacional dos Céus Escuros (*International Dark-Sky Association, IDA*)¹, pela Comissão Real de Poluição Ambiental do Reino Unido (*Royal Commission on Environmental Pollution, RCEP*)² e pela União Astronômica Internacional (*International Astronomical Union, IAU*)³. As imagens que ilustram as próximas seções também demonstram que várias tipologias de poluição luminosa podem ser identificadas em um mesmo ambiente ou paisagem.

¹ <https://www.darksky.org/>. Acesso em jul. de 2022.

² A Comissão Real de Poluição Ambiental no Reino Unido foi criada sob o mandado real em 1970 para aconselhar a rainha, o governo, o parlamento e o público em questões ambientais. Mas a mesma foi encerrada em 1 de abril de 2011, devido à cortes de gastos do governo.

³ <https://www.iau.org/>. Acesso em jun. 2022.

2.2.1 Encandeamento ou Ofuscamento (*Glare*)

Brilho excessivo que causa desconforto visual (IDA, s/d). Há um contraste excessivo entre as áreas claras e escuras no campo de visão (RCEP, 2009). Brilho excessivo noturno que cria contrastes elevados e reduz a visibilidade, provocando desconforto nas pessoas ou, em casos extremos, um efeito de ofuscamento (IAU, 2018), provocando até mesmo efeitos de cegueira temporária. Exemplos podem ser vistos nas figuras abaixo.

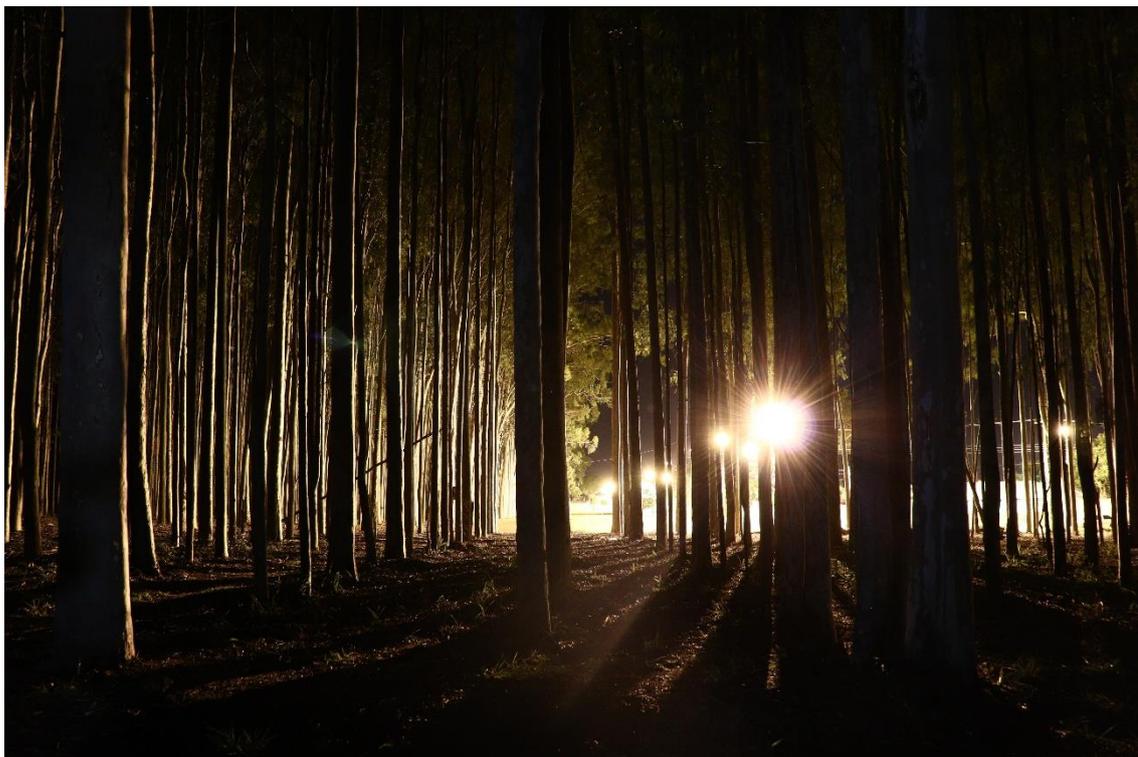
Figura 2 – Exemplos de iluminação ofuscante.



Créditos: Folheto produzido pela IDA⁴

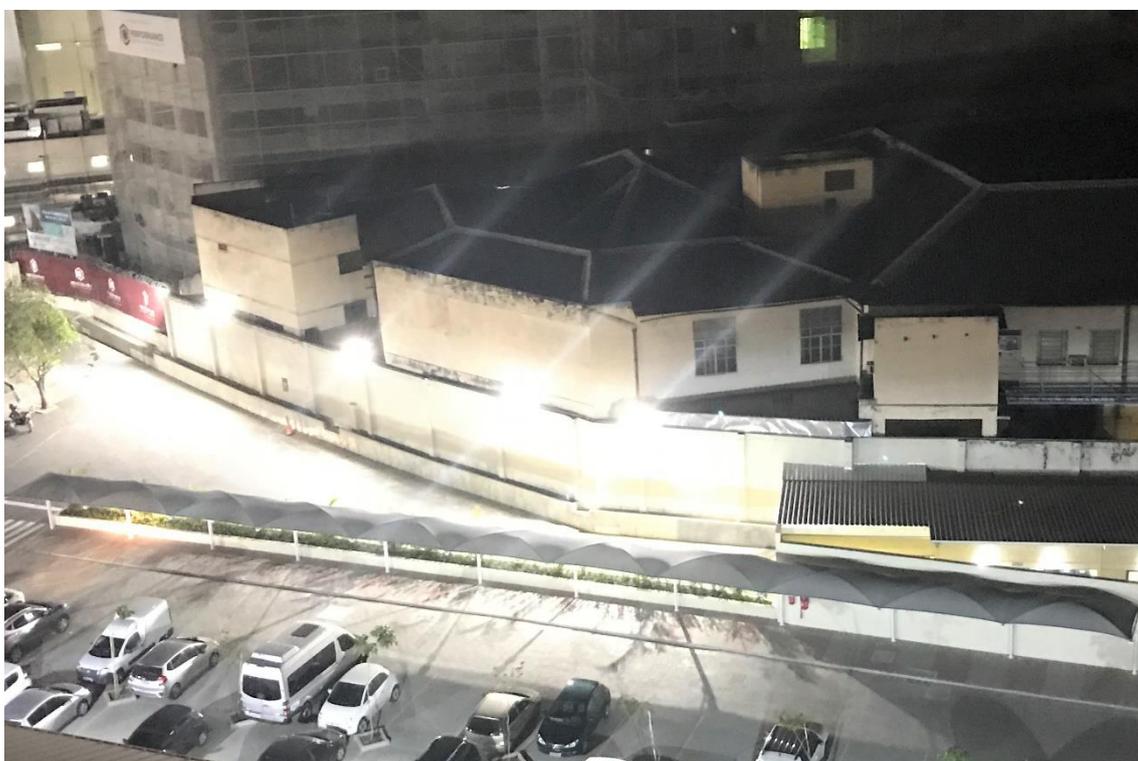
⁴ Disponível em: <https://www.darksky.org/wp-content/uploads/2021/01/Outdoor-Lighting-Crime-and-Safety-English.pdf>. Acesso em jun. 2022.

Figura 3 – Luz ofuscante e intrusa (imagem obtida em Rosana – SP).



Créditos: Vitor Barbato

Figura 4 – Luz ofuscante, intrusa, Clutter (Rio de Janeiro, RJ)

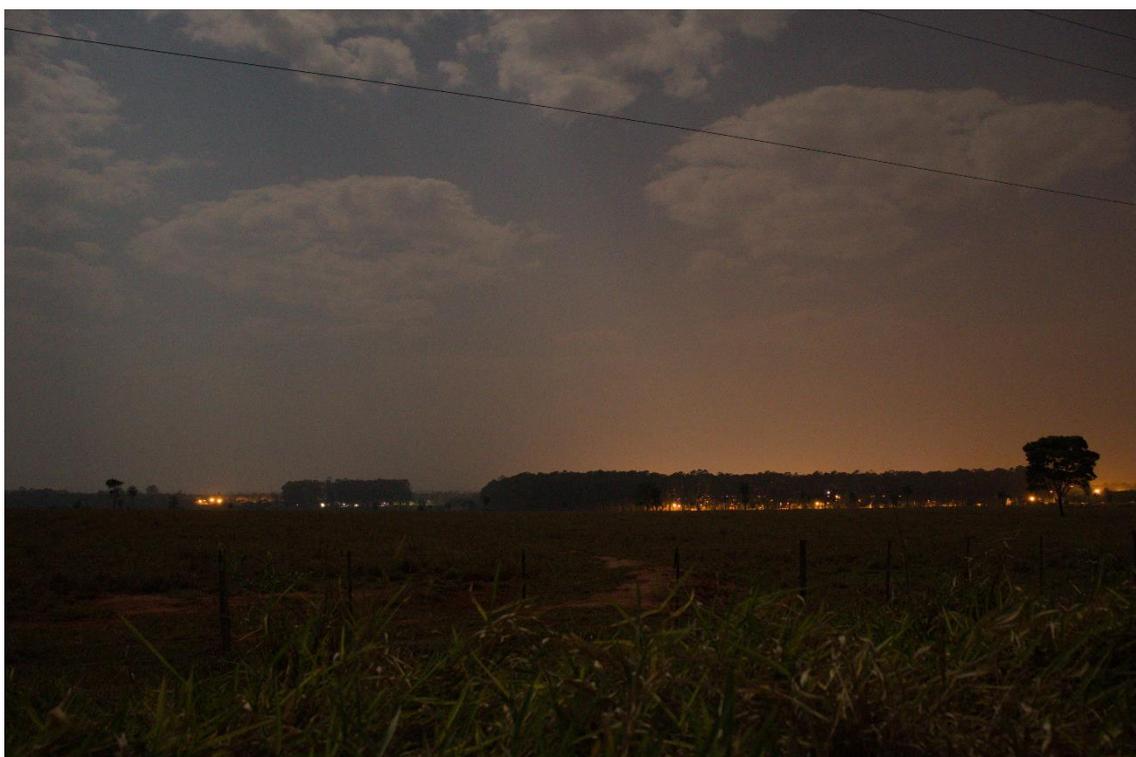


Créditos: Tânia Dominici

2.2.2 Brilho Artificial do Céu (*Skyglow*)

Clareamento do céu noturno sobre áreas habitadas (IDA, s/d). Trata-se de uma combinação de luz refletida e refratada através da atmosfera (RCEP, 2009). Luz desperdiçada de fontes artificiais emitida para cima (em ângulos horizontais e superiores) que se espalha e tem seu efeito potencializado pela presença de nuvens, neblina, e por partículas em suspensão, como poluentes na atmosfera (IAU, 2018).

Figura 5 – Exemplo de Skyglow obtido em Rosana – SP



Créditos: Vitor Barbato

Figura 6 – Exemplo de Skyglow obtido em Ilha Grande – RJ



Créditos: Tânia Dominici

Figura 7 – Skyglow, luz esbanjada e luz intrusa observada nos arredores do Maracanã, RJ



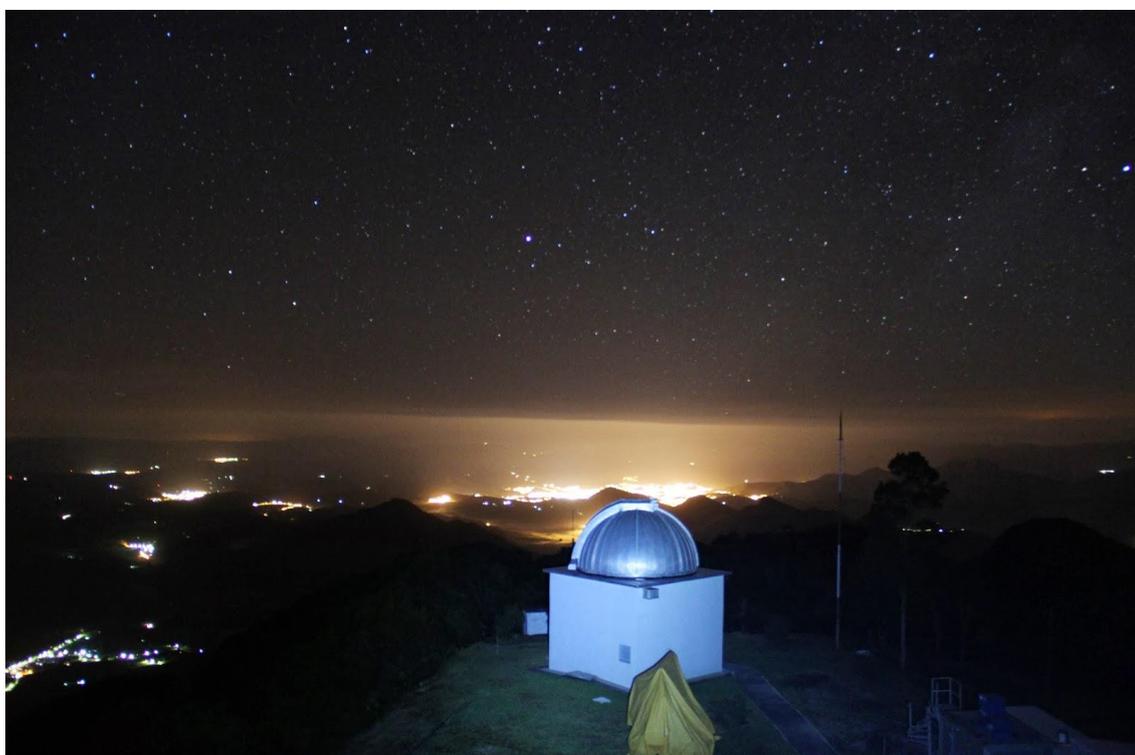
Créditos: Tânia Dominici

Figura 8 – Exemplo de Skyglow, imagem obtida em Brazópolis – MG



Créditos: Tânia Dominici

Figura 9 – Exemplo de Skyglow, imagem obtida em Brazópolis – MG



Créditos: Tânia Dominici

2.2.3 Luz Intrusa (*Light Trespass*)

Luz incidindo em áreas para onde não se destina ou é necessária (IDA, s/d). Luz indesejada proveniente, por exemplo, de propriedades e atividades adjacentes (RCEP, 2009). Luz não desejada que pode entrar através das janelas das casas e apartamentos provocando perturbações no sono devido à exposição a luz excessiva (IAU, 2018).

Figura 10 – Luz invadindo quarto à noite



Créditos: Reprodução/Regenerati⁵

⁵ <https://regenerati.com.br/insomnia-quando-e-normal-ter-insomnia/> Acesso em jun. de 2022

Figura 11 – Luz intrusa em Coimbra – Portugal



Créditos: Hayashina (Flickr)⁶

2.2.4 Desordem (*Clutter ou Light Clutter*)

Agrupamentos brilhantes, confusos e excessivos de fontes de luz (IDA, s/d). agrupamento excessivo de luzes, por exemplo, em publicidade na estrada que pode provocar uma distração perigosa para os motoristas (RCEP, 2009).

⁶ <https://www.flickr.com/photos/hayashina/16396435835>. Acesso em jun. de 2022.

Figura 12 – Exemplos de Clutter, imagem obtida em Paris, França.



Créditos: Tânia Dominici

2.2.5 Luz Esbanjada (*Light Profligacy*)

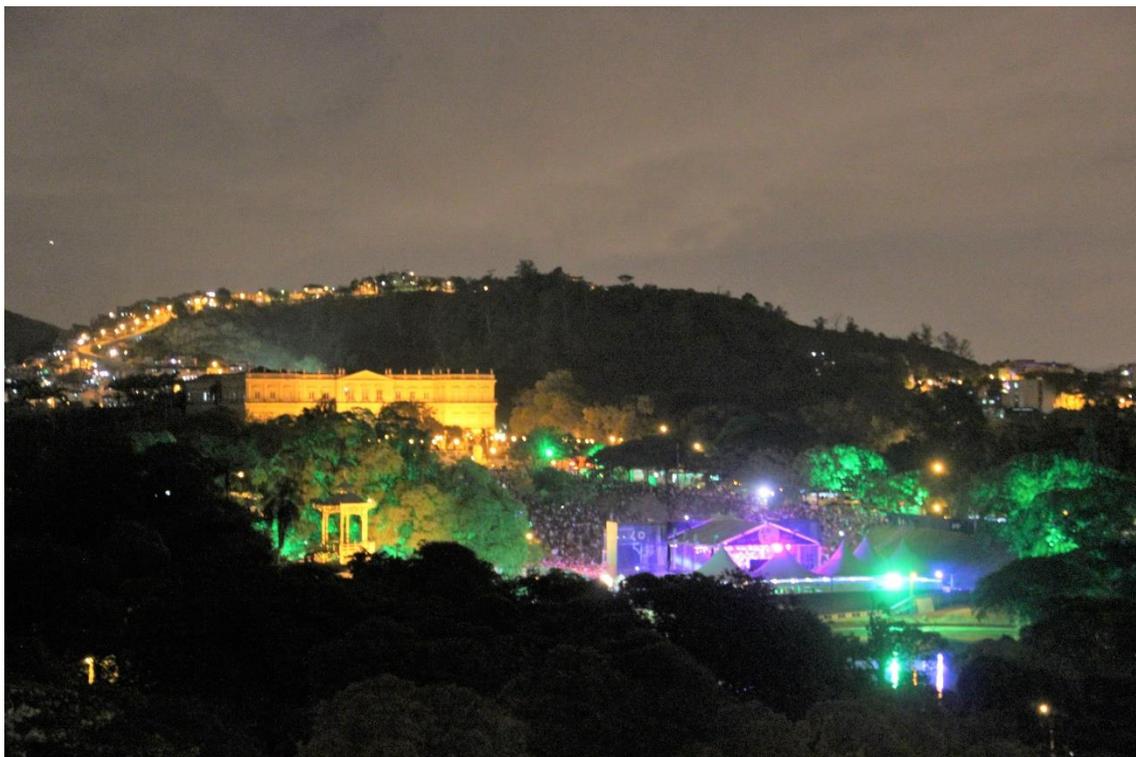
Excesso de iluminação que desperdiça energia e dinheiro (RCEP, 2009).

Figura 13 – Luz esbanjada nos EUA



Créditos: Tânia Dominici

Figura 14 – Luz esbanjada no Rio de Janeiro – RJ



Créditos: Tânia Dominici

Figura 15 – Skyglow, luz esbanjada e luz intrusa no Maracanã, RJ



Créditos: Tânia Dominici

2.3 ILUMINAÇÃO INADEQUADA X ADEQUADA

A iluminação artificial era comumente dividida em dois grupos: o das lâmpadas incandescentes - composto pelas lâmpadas de tungstênio tradicionais e de halogênio;

e o das de descargas elétricas, composto por lâmpadas de descargas simples e pelas fluorescentes. No entanto, mais recentemente, o mercado de iluminação tem sido dominado pelo uso da tecnologia denominada de LED - *Light Emitting Diode* (BARGHINI, 2008).

De fato, tivemos um avanço impressionante na utilização dos LEDs nos últimos anos, o que é justificável pela sua melhor eficiência energética e baixa manutenção, acarretando em uma boa relação custo-benefício. No entanto, a maior parte da iluminação LED que está sendo aplicada tem níveis significativos de luz azul, incluindo emissão em frequências que não são detectadas pelo olho humano, o que é potencialmente prejudicial para a saúde humana e o meio ambiente. Pensando nisso, a IDA desenvolveu um documento (IDA, 2020) para fornecer uma visão geral dos aspectos mais importantes da iluminação LED e as escolhas e desafios envolvidos no seu uso. Alguns dos benefícios do LED, de acordo com esse documento, são:

LEDs ajudam a diminuir emissões de carbono ao reduzir a demanda por eletricidade, que ainda é amplamente gerada pela queima de combustíveis fósseis. Outro benefício do LED é um melhor controle sobre o conteúdo de cor da luz. Os fabricantes agora produzem LEDs com qualidades de cores “quentes” com alta eficiência energética, tornando discutíveis os antigos argumentos sobre a percepção da ineficiência dos LEDs brancos quentes [...]. Em comparação com outras lâmpadas para exteriores, considera-se que os LEDs têm uma vida útil extremamente longa. Quando ligados, os LEDs ficam instantaneamente com brilho total [...]. LEDs também têm limiares mínimos de eletricidade muito baixos para produzir luz, o que significa que eles podem ser dimerizados para níveis de iluminação muito mais baixos quando menos luz é necessária e resultando em mais economia de energia. (IDA, 2020, p. 1-2, tradução nossa).

O documento também destaca os desafios da iluminação de LED, como os níveis significativos de luz azul potencialmente prejudicial da iluminação com LED mais branca.

Fontes de luz branca ricas em azul são conhecidas por aumentar o brilho e comprometer a visão humana, especialmente no olho envelhecido. Essas luzes criam potenciais problemas de segurança rodoviária para motoristas [...]. Em ambientes naturais, [...] foi demonstrado que à noite afetam negativamente o comportamento e a reprodução da vida selvagem. Isso é particularmente verdadeiro nas cidades, que costumam ser pontos de parada para espécies migratórias, como pássaros. [...] A iluminação externa com forte conteúdo de azul tende a piorar o brilho do céu porque tem um alcance geográfico significativamente maior do que a iluminação com menos azul. (IDA, 2020, p. 2, tradução nossa).

De acordo com Falchi et al. (2016), a iluminação que utiliza lâmpadas LED brancas com temperatura de cor⁷ de 4000 K pode resultar em um fator de aumento de 2,5 vezes na Poluição Luminosa. Um número bastante relevante, considerando os estudos de Kyba et. al (2017) que mostraram que, de 2012 a 2016, a área externa iluminada artificialmente da Terra cresceu 2,2% ao ano.

Para que possamos aproveitar os benefícios do LED, evitando seus impactos prejudiciais, é interessante observar as recomendações da IDA: escolha de luminárias totalmente blindadas que não emitem luz para cima; uso de LEDs “brancos quentes” ou filtrados (temperatura de cor $\leq 3000\text{K}$) para minimizar a emissão de luz azul; utilizar produtos que sejam capazes de aceitar controles de sete pinos que podem permitir o uso de dimmers, temporizadores, sensores de movimento; diminuição ou desligamento das luzes durante a noite; iluminar apenas o espaço exato e na quantidade necessária para tarefas específicas (IDA, 2020).

Embora o problema da Poluição Luminosa seja sério e afete a todos, as medidas de minimização são simples e viáveis. O cuidado na escolha de lâmpadas com temperatura de cor abaixo dos 3000K e a troca das luminárias inadequadas por adequadas são medidas que vão gerar uma mudança positiva significativa.

Figura 16 – Temperatura de cor de lâmpadas



Fonte: Reprodução/Pinterest⁸

⁷ A temperatura de cor é um critério que classifica em quente, neutra ou fria a tonalidade de cor da luz emitida por uma fonte luminosa. Não se refere à emissão de calor pela fonte de luz. Fonte: G-LIGHT <https://www.glight.com.br/blog/temperatura-de-cor/> Acesso em jun. de 2022.

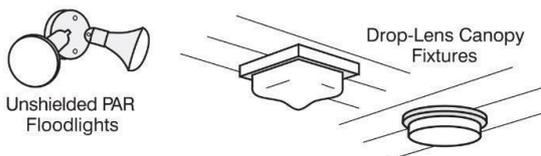
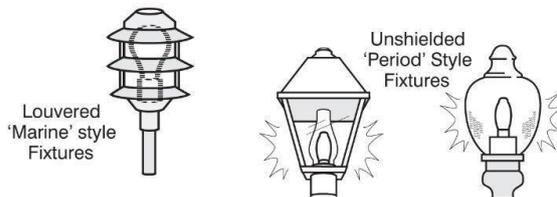
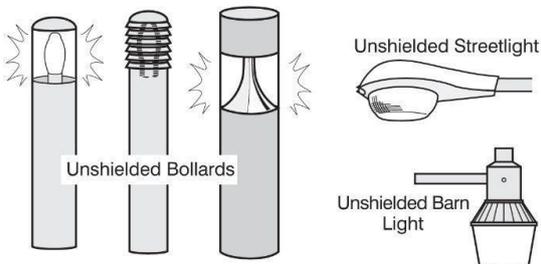
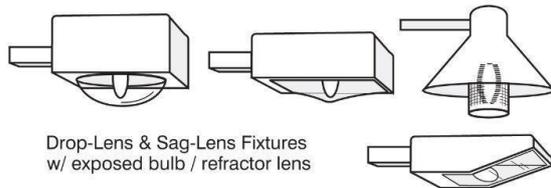
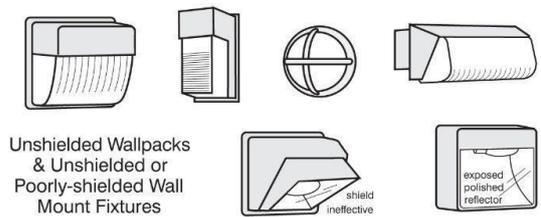
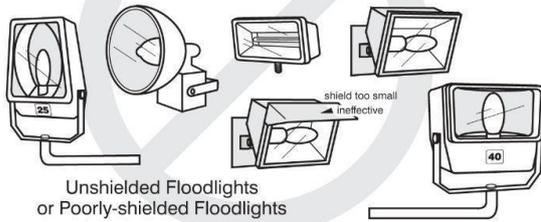
⁸ <https://br.pinterest.com/pin/567664728036250938/> Acesso em jun. de 2022.

Figura 17 – Exemplos de luminárias inadequadas (à esquerda) e adequadas (à direita)

Examples of Acceptable / Unacceptable Lighting Fixtures

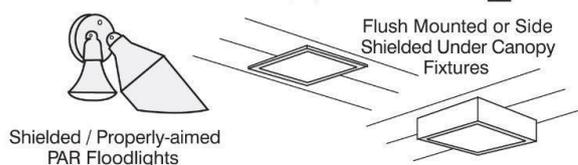
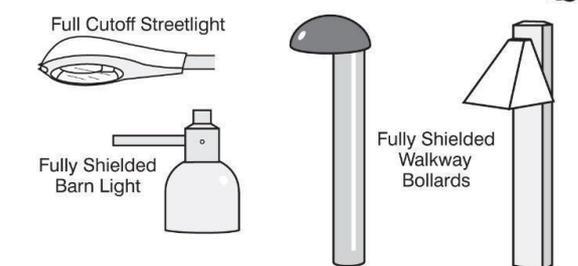
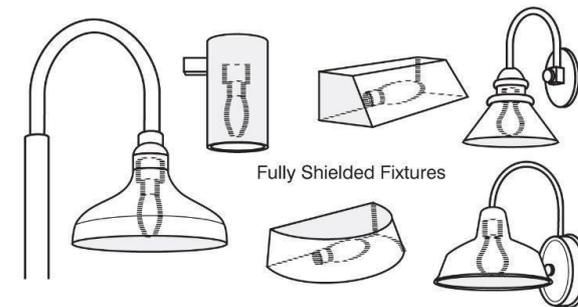
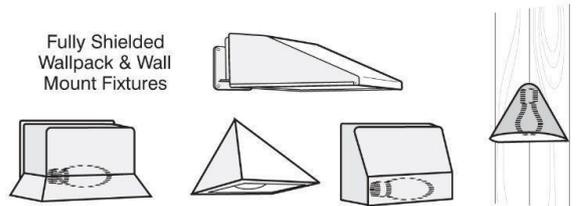
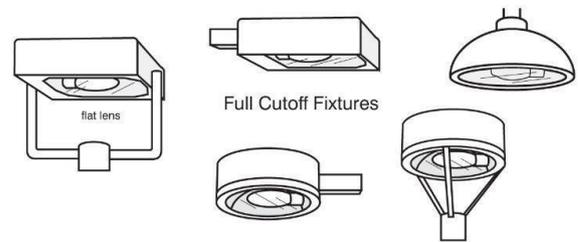
Unacceptable / Discouraged

Fixtures that produce glare and light trespass



Acceptable

Fixtures that shield the light source to minimize glare and light trespass and to facilitate better vision at night



Illustrations by Bob Crelin© 2005. Rendered for the Town of Southampton, NY. Used with permission.

Fonte: Reprodução/IDA⁹

⁹ <https://www.darksky.org/our-work/lighting/lighting-for-citizens/lighting-basics/> Acesso em jun. de 2022.

2.4 LEGISLAÇÃO SOBRE ILUMINAÇÃO

Segundo Clarke (2002), a República Tcheca foi o primeiro país do mundo a adotar uma lei federal proibindo a Poluição Luminosa. A lei entrou em vigor em 1º de junho de 2002 e considera como Poluição Luminosa “todas as formas de iluminação artificial irradiadas para além das áreas destinadas, principalmente se direcionadas acima da linha do horizonte”.

No mundo, diversos países regulamentam o tema regionalmente, como por exemplo, Itália, Chile, Estados Unidos, Espanha, entre outros. No Brasil, onde a questão ainda é pouco discutida, existem poucos locais com regulamentações sobre o assunto.

Em Campinas/SP a Lei Municipal nº 10.850/2001 criou uma Área de Proteção Ambiental (APA) onde se localiza o Observatório Municipal de Campinas, com algumas indicações pouco aprofundadas sobre o controle da luz artificial. Em Caeté/MG, também por lei municipal, estariam previstas restrições e mudanças quanto a iluminação dos municípios, visto que lá se localiza o Observatório Astronômico da Serra da Piedade, ligado à UFMG. De acordo com Gargaglioni (2007), a lei de Caeté está perdida, não existe uma cópia disponível, nem mesmo na prefeitura, logo não há validade.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que é órgão responsável pelas normas técnicas do país, pode oferecer informações sobre como diminuir a Poluição Luminosa (2007, p. 68) através de normas como: ABNT NBR 5101/91- iluminação pública, fixa os requisitos mínimos para propiciar segurança ao tráfego e pedestres; ABNT NBR 5181/76 - Iluminação de túneis; ABNT - NBR IEC 60598 / 1999 - Luminárias; ABNT - NBR 15129/ 2004 - Luminárias para iluminação pública. No momento da escrita, a NBR 5101 encontra-se em processo de atualização, iniciado em 2019. As discussões seguem em curso e tendem a deixar brechas para a ampla utilização de lâmpadas poluentes, em particular com temperatura de cor acima de 3000 K. Está prevista uma segunda chamada para consulta pública sobre a proposta da atualização da norma (Arquiteta Silvia Carneiro, participante do grupo de revisão, em comunicação particular).

3 POLUIÇÃO LUMINOSA E SEUS IMPACTOS

Ao longo dos últimos bilhões de anos, a vida na Terra tem se constituído com base no ritmo de dia e noite. Porém, nos últimos séculos seres humanos começaram a interromper radicalmente esse ciclo, iluminando a noite deliberadamente e utilizando diferentes modos de gerar iluminação artificial. As plantas e os animais dependem desse ciclo diário de luz e escuridão – chamado de ciclo circadiano - para garantir a reprodução, alimentação, sono e proteção contra predadores. A ciência sugere que a luz artificial à noite tem efeitos negativos e mortais nas mais diversas criaturas, como anfíbios, pássaros, mamíferos, insetos e plantas.

Do mesmo modo, a luz artificial à noite pode afetar negativamente também a saúde humana, uma vez que os humanos seguem o ritmo circadiano governado pelo ciclo dia-noite, assim como os animais e as plantas. Em resposta ao ciclo circadiano, nossos corpos produzem o hormônio melatonina, que ajuda a nos manter saudáveis diminuindo os riscos de doenças como obesidade, depressão, distúrbios do sono, diabetes, câncer de mama (STEVENS et al., 2007).

Historicamente, a iluminação artificial tem sido entendida como sinônimo de segurança, mas na prática a iluminação, quando excessiva e mal direcionada, pode ter o efeito oposto. O brilho de luzes fortes e sem blindagem diminui a segurança porque atinge nossos olhos e contrai nossas pupilas, em um efeito de ofuscamento que limita nossa capacidade de enxergar perigos potenciais à noite.

Também pontuamos os impactos da Poluição Luminosa na Astronomia. Nossos ancestrais puderam ver um céu repleto de estrelas que serviu de inspiração para cientistas, filósofos, pintores e escritores, como os famosos sonetos de Shakespeare ou mesmo as obras de Van Gogh. Porém, grande parte das gerações mais jovens sequer têm tido oportunidade de apreciar a Via Láctea a olho nu. O céu noturno natural é uma herança comum e universal, um patrimônio que precisa ser preservado pela humanidade.

Nas Seções seguintes trataremos mais detalhadamente sobre cada uma dessas dimensões que sofrem impactos da Poluição Luminosa.

3.1 BIODIVERSIDADE E ECOSSISTEMAS

Quanto aos impactos na biodiversidade, de acordo com Leite (2021), muitos estudos têm demonstrado que a Poluição Luminosa 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. A amplitude, a velocidade e a imprevisibilidade geográfica do crescimento da Poluição Luminosa dificultam a adaptação das espécies e a adoção de medidas mitigadoras. Na mesma esteira, a *International Dark-Sky Association* (IDA) destaca algumas dessas perturbações aos ecossistemas:

Animais noturnos dormem durante o dia e são ativos à noite. A Poluição Luminosa altera radicalmente seu ambiente noturno, transformando a noite em dia. [...] O brilho de luzes artificiais também pode afetar os habitats dos pântanos que abrigam anfíbios, como sapos e rãs, cujo coaxar noturno faz parte do ritual de reprodução. Luzes artificiais interrompem essa atividade noturna, interferindo na reprodução e reduzindo as populações. [...] As tartarugas marinhas vivem no oceano, mas eclodem à noite na praia. Os filhotes encontram o mar detectando o horizonte brilhante sobre o oceano. Luzes artificiais os afastam do oceano. [...] Os pássaros que migram ou caçam à noite navegam à luz da lua e das estrelas. A luz artificial pode fazer com que eles se desviem do curso e em direção às perigosas paisagens noturnas das cidades. [...] Muitos insetos são atraídos pela luz, mas as luzes artificiais podem criar uma atração fatal. O declínio das populações de insetos afeta negativamente todas as espécies que dependem dos insetos para alimentação ou polinização. (IDA, 2021, s/p, tradução nossa).

Essa diversidade de comunidades ecológicas afetadas continua a crescer, de acordo com Davies e Smyth (2017), e agora inclui pássaros, morcegos, tartarugas, marsupiais, roedores, anuros, peixes de água doce e marinhos, mariposas, besouros, aranhas, piolhos e formigas, anfípodes e copépodes, crustáceos, vermes poliquetas, ascídias coloniais e hidrozoários, corais e plantas terrestres. Os impactos documentados incluem aqueles na comunicação animal, desenvolvimento reprodutivo, o momento de reprodução, orientação, seleção de habitat, prevenção de predadores, pressão de predação, interrupção circadiana, fenologia vegetal e serviços ecossistêmicos.

As alterações nos padrões de iluminação noturna são de uma amplitude e velocidade radicalmente maiores do que jamais aconteceu, de acordo com Davies e Smyth (2017), assim, a capacidade dos organismos de se adaptarem rapidamente à

iluminação artificial em escala por meio de mudanças comportamentais, epigenéticas ou genéticas é provavelmente muito mais limitada do que a de adaptação às mudanças climáticas.

Alguns estudos já apontam como a luz excessiva interfere no comportamento de vetores de doenças que causam a Malária e o Mal de Chagas. Na Reunião Internacional sobre Vigilância e Prevenção da Doença de Chagas na Amazônia, os pesquisadores Roja, Vinhaes e Rodriguez (2005) colocaram a iluminação artificial entre os elementos que potencialmente facilitam a transmissão da doença. A introdução da iluminação elétrica teve duas consequências na transmissão do Mal de Chagas: uma mudança do vetor e uma mudança no comportamento humano; o vetor (e provavelmente pela seleção de uma espécie cognata) que começou a picar mais cedo e fora da casa, e por uma mudança do comportamento das pessoas, que com a chegada da luz elétrica passou a ficar mais tempo fora de casa.

Tratando especificamente dos impactos da Poluição Luminosa na vegetação brasileira, Freitas et al. (2017) avaliaram a porcentagem de área de cada tipo de vegetação brasileira exposto à iluminação artificial ou a aumentos da intensidade luminosa ao longo do tempo, mostrando que as vegetações menos prejudicadas se localizam nas porções menos povoadas do país, e a Mata Atlântica, o ecossistema brasileiro mais devastado, também é o mais atingido pela Poluição Luminosa. Restingas, Manguezais e Massa d'água Costeira estão entre os cinco com maior porcentagem de cobertura por iluminação noturna artificial.

Freitas et al. (2017) destaca que, embora a tendência de que na maioria dos países em desenvolvimento a iluminação noturna artificial seja mais recente e concentrada em áreas urbanas densamente povoadas em relação aos países altamente industrializados, mas a iluminação é extensa em alguns países em desenvolvimento, incluindo aqueles com níveis excepcionalmente altos de biodiversidade também. Para o autor (idem), esses países têm a oportunidade de basear políticas, regulamentos e diretrizes na minimização dos impactos ecológicos da iluminação noturna artificial.

3.2 DESPERDÍCIO DE ENERGIA

A Poluição Luminosa é um desperdício de dinheiro e energia. Com base em informações obtidas em 2011 através do Departamento de Energia dos EUA, a IDA estimou que cerca de 35% da iluminação naquele país era em luz desperdiçada,

direcionada direto para o céu¹⁰. Isso representa gastos cerca de 3-7 bilhões de dólares por ano na geração de luz poluidora e sem utilidade prática, o que também representa a adição de 21 milhões de toneladas de dióxido de carbono na atmosfera a cada ano. Levantamento semelhante ainda precisa ser realizado para o contexto brasileiro, mas a situação deve ser comparável tendo em vista o que se observa das instalações de iluminação externa nas aglomerações urbanas do país.

3.3 ILUMINAÇÃO, CRIME E SEGURANÇA

A iluminação externa tem como objetivo principal aumentar a segurança e proteção à noite, mas um exagero nessa iluminação pode ter o efeito oposto. Com uma iluminação mal direcionada, e com muito brilho, é muito mais difícil que os nossos olhos possam se ajustar à escuridão, fazendo com que fiquemos mais suscetíveis a insegurança e o crime. Por exemplo, um relatório do Departamento de Criminologia e Justiça Criminal da Universidade de Maryland, financiado pelo Instituto Nacional de Justiça dos EUA, concluiu que não há evidências efetivas de que a iluminação previna o crime (SHERMAN, 2011). Vários outros trabalhos têm alcançado conclusões semelhantes¹¹.

3.4 SAÚDE HUMANA

Na década passada, as evidências que relacionam a Poluição Luminosa e problemas de saúde eram limitadas, embora geralmente consistentes. Já se colocava como hipótese que a iluminação alterada pode desempenhar um papel na causa do câncer de mama, e havia um interesse crescente nas relações entre iluminação e sono com outras condições, como câncer de próstata, obesidade, diabetes e depressão (STEVENS et al., 2007).

Um relatório do Conselho de Ciência e Saúde Pública da American Medical Association (AMA), divulgado em 2016, afirma os impactos conhecidos e suspeitos à saúde humana e ao meio ambiente causados por diodos emissores de luz (LEDs) que emitem quantidades excessivas de luz azul (KRAUS; CHAIR, 2016).

O fato é que estamos permanentemente “iluminados”, como destaca Pinto (2017). O mundo capitalista exige que estejamos sempre alertas, ligados. Precisamos produzir mais e melhor, a qualquer custo. Não à toa vivemos sob o imperativo 24/7 -

¹⁰ <https://www.darksky.org/light-pollution/energy-waste/>. Acesso em jun. de 2022.

¹¹ <https://www.darksky.org/light-pollution/lighting-crime-and-safety/>. Acesso em jun. de 2022.

24 horas por dia, 7 dias da semana. Nas grandes cidades, existem supermercados, shoppings e academias de ginástica que funcionam 24 horas por dia. O comércio online ajuda a impelir às pessoas a consumirem ininterruptamente (CRARY, 2014).

No contexto capitalista que vivemos, a ideia de que estamos perdendo tempo ao dormirmos é cada vez mais difundida, dormimos cada vez menos, e essa privação do sono é muito prejudicial a nossa saúde. O estudo de Pinheiro et al. (2021) apontou que a flexibilidade e instabilidade do mercado de trabalho torna o dia insuficiente e a noite passa a ser preenchida com atividades em detrimento do sono.

Como paliativo, alguns aplicativos se propõem a ajudar a minimizar o tempo de exposição à luz azul provocado pelo uso indiscriminado das telas de aparelhos celulares. Entre eles, destacamos:

F.lux: O F.lux é um aplicativo de temperatura de cor que faz com que a cor da tela do seu computador se adapte à hora do dia, quente à noite e como a luz do sol durante o dia. Faz com que a tela do seu computador se pareça com a sala em que você está, o tempo todo. Quando o sol se põe, seu computador fica com uma luminosidade amarelada, que seria o recomendado para as luzes internas. De manhã, faz com que as coisas pareçam luz do sol novamente. Está disponível para Mac OS/X, Windows, Linux, iPhones e iPads.

Lux: O Lux ajusta de forma inteligente o brilho da tela com base no ambiente em que você está. Também é capaz de ajustar a temperatura da tela automaticamente para torná-la adequada para uso noturno. Ao pôr do sol, você pode fazer com que o Lux aqueça automaticamente a iluminação de sua tela e mude para o perfil noturno. Disponível em telefones Android gratuitos ou versões pagas.

Twilight: O aplicativo faz com que a tela do seu dispositivo se adapte ao horário do dia. Ele filtra o fluxo de luz azul emitido pelo seu telefone ou tablet após o pôr do sol e aplica um filtro vermelho suave. A intensidade do filtro é ajustada suavemente ao ciclo do sol com base nos horários do pôr do sol e do nascer do sol locais. Disponível para smartphones ou tablets.

3.5 O CÉU ESCURO COMO UM PATRIMÔNIO DA HUMANIDADE

Há um século, todos podiam olhar para cima e ver um céu noturno estrelado deslumbrante. Hoje, a maioria das pessoas das gerações mais jovens, nunca viu a Via Láctea no lugar onde moram devido ao excesso de iluminação artificial.

O mais recente mapa mundial da Poluição Luminosa, produzido por Falchi et al. (2016) trouxe resultados importantes sobre a questão da Poluição Luminosa, mostrando que cerca de 83% da população mundial e mais de 99% das populações dos Estados Unidos e da Europa vivem sob céus poluídos pela luz. Além disso, a Via Láctea não é visível para mais de um terço da humanidade, incluindo 60% dos europeus e quase 80% dos norte-americanos.

É importante ressaltar, como colocado por Falchi et al. (2016), que os níveis de iluminação natural são gerados por fontes de luz naturais, como o Sol, a Lua, a emissão atmosférica natural (luminescência), as estrelas, a Via Láctea e a luz zodiacal. Mas, com o espalhamento da luz artificial na atmosfera há um aumento na luminância do céu noturno, criando o efeito negativo mais visível da Poluição Luminosa - o *Skyglow*. Isso, além de dificultar as observações astronômicas, representa uma alteração profunda na experiência humana de cada pessoa poder ver e refletir sobre o céu noturno. O espalhamento da luz artificial é ainda potencializado pela poluição atmosférica.

A observação do céu noturno sempre teve uma grande importância no desenvolvimento da Humanidade, servindo de inspiração para cientistas, filósofos, escritores, artistas, etc. Como é notório em algumas obras de Van Gogh (MOURÃO, 1998; SOARES, 2009).

Soares (2009) destaca cinco obras de Van Gogh que representam cenário celestes: "Noite estrelada sobre o Ródano" e "O Café à noite na Praça Lamartine", ambos de 1888, "A noite estrelada", de 1889, e finalmente, "Estrada com cipreste e estrela" e "Casa branca à noite", estes de 1890. "Estas duas últimas são as que mostram, de forma bastante conspícua, corpos celestes como participantes ativos na composição do cenário" (SOARES, 2009, s/p). Mourão (1988) explica que em "Estrada com cipreste e estrela", a estrela com brilho exagerado é Vênus, que esteve em conjunção com a Lua em 19 de junho de 1890.

O céu noturno natural é a nossa herança comum e universal, podendo ser considerado um patrimônio da humanidade e precisa, assim, ser preservado. No tópico seguinte serão apresentadas algumas iniciativas que têm sido criadas com o objetivo de conscientizar sobre os perigos da Poluição Luminosa e da importância de proteger os céus escuros.

4 MEDINDO A POLUIÇÃO LUMINOSA

Pensar soluções para um problema exige conhecê-lo, entender como ele afeta os envolvidos e também conseguir ter uma ideia do alcance e extensão dos seus impactos. No caso da Poluição Luminosa, temos algumas alternativas que nos ajudam a observar em nível local e/ou global como a iluminação artificial vem crescendo nos últimos anos, são os mapas de Poluição Luminosa e outras formas de medição da mesma.

4.1 MAPAS DE POLUIÇÃO LUMINOSA

Para ter uma ideia do nível de Poluição Luminosa de determinado local, é possível consultar um dos mapas interativos que estão disponíveis a internet, como o Novo Atlas Mundial de Brilho Artificial do Céu - *The New World Atlas of Artificial Sky Brightness*¹², o Mapa de Poluição Luminosa - Light Pollution Map¹³, o *Blue Marble Navigator*¹⁴ da NASA, que mostra uma visão aérea das áreas iluminadas do planeta, ou os dados do mapa interativo de Poluição Luminosa do *Globe at Night Program*¹⁵, criado com dados coletados por cientistas cidadãos.

4.2 NAKED EYE LIMITING MAGNITUDE (NELM)

Também é possível medir a Poluição Luminosa de determinado local estimando a magnitude limite do céu a olho nu, conhecida como *Naked Eye Limiting Magnitude (NELM)*, que equivale ao valor da magnitude da estrela menos brilhante que se consegue observar a olho nu.

Owens (2012) exemplifica bem como estimar a NELM usando para isso uma constelação que seja melhor visível na sua localização. Ele utilizou a constelação da Ursa Menor – característica dos céus do Hemisfério Norte -, que no geral é identificada por sete estrelas brilhantes, mas ao redor e entre elas há muitas outras estrelas mais fracas.

Mesmo algumas dessas estrelas “mais brilhantes” podem não ser visíveis no centro das cidades, onde só é possível identificar as três estrelas mais brilhantes, α -, β -, e γ -UMi. Mas se você estiver em um bom local de céu escuro precisará de um

¹² <https://cires.colorado.edu/artificial-sky> Acesso em nov. de 2021.

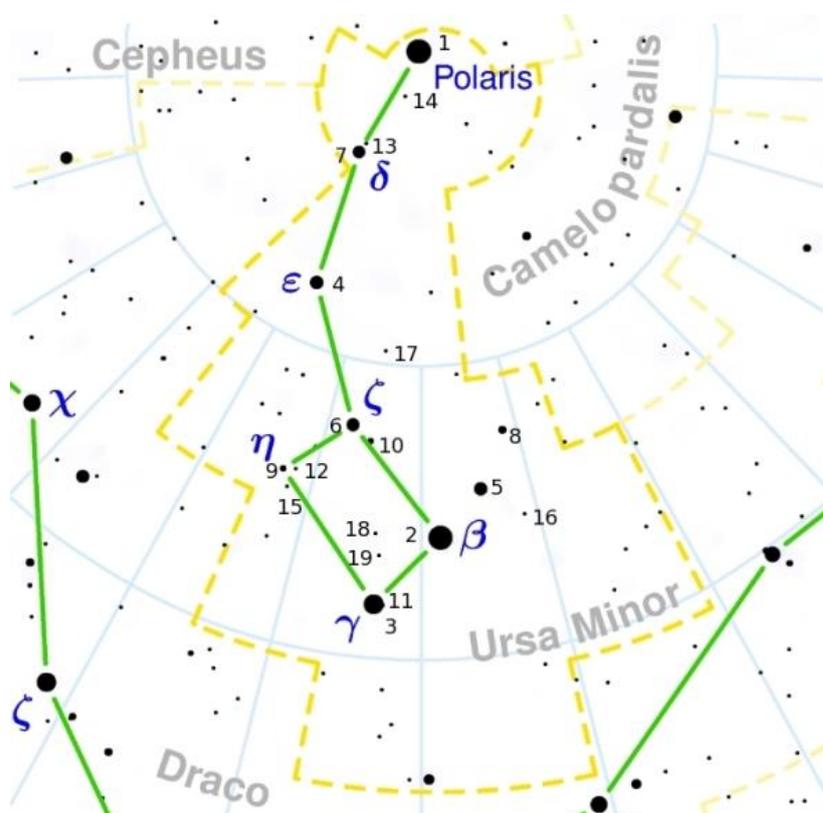
¹³ <https://www.lightpollutionmap.info/> Acesso em nov. de 2021.

¹⁴ <http://www.blue-marble.de/nightlights/> Acesso em nov. de 2021.

¹⁵ <https://www.globeatnight.org/map/> Acesso em nov. de 2021.

mapa mais detalhado da Ursa Menor. As estrelas no mapa abaixo foram numeradas de 1 a 19 por Owens (2012), não são designações oficiais, com 1 (Polaris) sendo a mais brilhante e 19 (14 UMi) sendo a mais escura. Você só será capaz de ver todas as 19 estrelas numeradas de lugares excepcionalmente escuros. A estrela de brilho mais fraco que conseguir ser observada, terá a magnitude limite a olho nu do local de observação.

Figura 18. Constelação da Ursa Menor



Fonte: Owens (2012)

Embora a estimativa de magnitude a olho nu seja um método bastante interessante e desafiador, os resultados podem não ser tão fiéis, considerando que vai depender da visão do observador, bem como do seu esforço e paciência durante a observação. Pensando nisso, Bortle (2001; 2009) criou uma escala com nove níveis, se baseando nos seus quase 50 anos de experiência de observação astronômica, que nos fornece um padrão consistente para comparar as observações com a incidência de Poluição Luminosa.

4.3 A ESCALA DE CÉU ESCURO DE BORTLE

A escala criada por Bortle (2006) varia da classe 1, para um céu extremamente escuro, até a classe 9, que representa o céu dos grandes centros urbanos. Na imagem

abaixo, pode-se conferir visualmente a qualidade de visualização do céu nas classes da escala de Bortle.

Figura 19. Escala de Bortle para Medição da Poluição Luminosa



Fonte: Reprodução/Royce Bair

Porém, apenas a partir da imagem não é possível estimar corretamente a escala de Bortle, especialmente nos locais que se encontram nos limites entre uma classe e outra. Assim, é imprescindível estudar atentamente a descrição de Bortle (2006) para cada uma das 9 classes, apresentadas na sequência.

Classe 1 - excelente céu escuro, no qual é possível visualizar a faixa luminosa da Via Láctea e a galáxia de Andrômeda (M33) pode ser vista a olho nu. A magnitude limite é de 7,6 a 8,0 (com esforço).

Classe 2 - céu escuro típico, no qual a luminescência atmosférica é levemente percebida pelos olhos. Ainda assim, é possível ver a Via Láctea e a galáxia M33. O limite de magnitude fica entre 7,1 a 7,5.

Classe 3 - um céu rural, no qual a Poluição Luminosa é evidente, especialmente próximo ao horizonte e as nuvens podem eventualmente ficar levemente iluminadas, porém ainda é possível observar a Via Láctea e outros objetos como aglomerados globulares. O limite de magnitude a olho nu fica entre 6,6 e 7.

Classe 4 - céu em transição rural/suburbana, no qual as luzes das cidades começam a ofuscar o céu noturno. Aqui a Via Láctea ainda é percebida, mas de forma desbotada. A magnitude a olho nu está entre 6,1 e 6,5.

Classe 5 - o céu suburbano: a Via Láctea já aparece muito fraca ou desbotada próxima ao horizonte e as fontes de luz artificial são visíveis em quase todas as direções. As nuvens começam a ser mais brilhantes do que as próprias estrelas. O limite de magnitude a olho nu fica entre 5,6 a 6;

Classe 6 - céu suburbano brilhante: A Via Láctea só pode ser observada e muito mal estando no zênite e não é impossível observar M33. A olho nu, a magnitude limite fica em 5,5;

Classe 7 - transição suburbana/urbana, onde as fontes de luz são bem evidentes em qualquer direção e a faixa da Via Láctea é quase totalmente invisível. A magnitude limite a olho nu é de 5,0 com esforço.

Classe 8 - o céu urbano, acinzentado, poucas constelações podem ser vistas. A magnitude a olho nu é 4,2.

Classe 9 - céu dos centros urbanos, mesmo no zênite não é possível observar as constelações. Somente os planetas, a Lua e alguns objetos com magnitude abaixo de 4 podem ser vistos.

5 CONSCIENTIZAÇÃO SOBRE A POLUIÇÃO LUMINOSA

Como vimos nos tópicos anteriores, a Poluição Luminosa afeta todos os cidadãos e formas de vida no planeta e, embora seja altamente prejudicial, ela é reversível através de ações simples. Cada um de nós pode contribuir para minimizar o problema, começando pela nossa própria residência. Mas para que isso seja uma realidade é necessário que haja conscientização da sociedade acerca dos perigos da Poluição Luminosa, por isso propomos neste trabalho uma forma de levar conhecimento às pessoas sobre essa temática, bem como gerar mudanças significativas para minimização desse problema.

5.1 ALGUMAS INICIATIVAS DE PROTEÇÃO DO CÉU ESCURO

Embora o Brasil disponha de pouca produção científica ou mesmo legislação específica, e as discussões ainda sejam tímidas acerca da temática, algumas iniciativas coletivas recentes têm ganhado destaque, como a Rede Céus Estrelados do Brasil (CEB)¹⁶, a Comissão Nacional contra a Poluição Luminosa (CNPL)¹⁷ e a criação de um núcleo da *International Dark-Sky Association* (IDA)¹⁸ no país. Além disso, temos também algumas iniciativas individuais e/ou locais, como os trabalhos desenvolvidos por Roberto F. Silvestre¹⁹, José Carlos Diniz²⁰ e Tânia Dominici²¹.

Já em nível internacional são muitas as iniciativas. Para citar algumas: a *International Darky Sky Association* (IDA) - organização não-governamental, já citada aqui, que é referência mundial no trabalho contra a Poluição Luminosa; *Globe at Night Program* - iniciativa que convida cientistas cidadãos a medirem a Poluição Luminosa através de campanhas mensais de observação, também já citado; *Fundación Starlight*²² - fundação espanhola de defesa do céu noturno; *Dark Skies Awareness*²³ - um dos 12 Projetos Fundamentais Globais durante o Ano Internacional da Astronomia de 2009; *Istituto di Scienza e Tecnologia dell'Inquinamento Luminoso*²⁴ - tem como

¹⁶ <http://ceusestreladosdobrasil.org/>. Acesso em jul. de 2022.

¹⁷ <https://www.facebook.com/groups/481483319514285/>. Acesso em jul. de 2022.

¹⁸ <https://www.instagram.com/idadarkskybrasil>. Acesso em jul. de 2022.

¹⁹ <https://www.silvestre.eng.br/astrologia/polumin/>. Acesso em jul. de 2022.

²⁰ http://www.astrosurf.com/diniz/combate_a_poluicao_luminosa.html. Acesso em jul. de 2022.

²¹ <http://poluicacoluminosa.blogspot.com/>. Acesso em jul. de 2022.

²² <https://www.fundacionstarlight.org/>. Acesso em jul. de 2022.

²³ <http://www.darksbiesawareness.org/about.php>. Acesso em jul. de 2022.

²⁴ <http://www.istil.it/>. Acesso em jul. de 2022.

objetivo o desenvolvimento e promoção de pesquisas científicas sobre Poluição Luminosa.

*IAU Dark Skies Ambassadors Program*²⁵ - projeto que visa aumentar a conscientização sobre a preservação de céus quietos²⁶ e escuros; *Programa Dark Skies Rangers*²⁷ - fornece maneiras de visualizar o problema da Poluição Luminosa com atividades simples, fáceis de entender e divertidas.

5.2 PROGRAMAS DE CIÊNCIA CIDADÃ

O *Globe at Night* é uma campanha internacional de ciência cidadã para aumentar a consciência pública sobre o impacto da Poluição Luminosa. Nesse programa, cientistas-cidadãos são convidados a medir e enviar suas observações de brilho do céu noturno. É fácil se envolver - tudo que você precisa é um computador ou smartphone e seguir algumas etapas simples que são apresentadas aos participantes.

O *Globe at Night* possui campanhas mensais que duram o ano todo. Nessas campanhas os cientistas cidadãos são convidados a observar uma determinada constelação e comparar suas observações com mapas celestes disponibilizados pelo programa. O quantitativo de estrelas que cada observador pode visualizar determinará qual a magnitude visível a olho nu para aquela determinada localidade, bem como a Poluição Luminosa presente. Ao serem enviados, os dados integram um banco de dados mundial que, entre outros produtos, gera um mapa interativo, no qual é possível observar o nível de Poluição Luminosa das localidades de todos os participantes do programa.

Dois aplicativos estão diretamente interligados ao *Globe at Night*, podendo ser utilizados durante as medições de Poluição Luminosa. São eles:

Dark Sky Meter²⁸: O *Dark Sky Meter* ajuda a medir o brilho do céu noturno com o pressionar de um botão. Fornece informações instantâneas sobre a qualidade do céu noturno e contribui para criar um mapa global da escuridão do céu. É destinado apenas a iPhones.

²⁵ <http://darksbies4all.org/ambassador/>. Acesso em jul. de 2022.

²⁶ "Céus quietos" refere-se à necessidade de proteger os céus para a poluição eletromagnética de maneira geral, além da poluição luminosa que impacta o espectro visível. Refere-se, sobretudo, às frequências de observação da radioastronomia.

²⁷ <https://www.globeatnight.org/dsr/>. Acesso em jul. de 2022.

²⁸ <https://www.darksbymeter.com/> Acesso em jun. de 2022.

Loss of the Night: O aplicativo *Loss of the Night* orienta o usuário a tentar identificar uma série de estrelas e reportar os resultados, de modo a estimar quanto brilhante está o céu noturno daquela região. Funciona em iPhones e Androids.

Globe at Night é um programa do *National Optical-Infrared Astronomy Research Laboratory* (NOIRLab) da *National Science Foundation* (NSF), que é administrado pela Associação de Universidades para Pesquisa em Astronomia (AURA).

Outro programa de ciência cidadã, recentemente lançado, é o alemão *Nachtlich*²⁹. Através de um aplicativo podemos contar e mapear as fontes de luz artificial ao longo das ruas - de janelas iluminadas e placas de publicidade a semáforos e semáforos. O programa é financiado pela Associação Helmholtz de Centros de Pesquisa Alemães (HGF).

²⁹ <https://nachtlicht-buehne.de/nachtlichter/> Acesso em jul. de 2022.

6 METODOLOGIA

A pesquisa aqui apresentada se enquadra no campo da pesquisa qualitativa, uma vez que buscamos analisar que efeitos a conscientização sobre os impactos da Poluição Luminosa pode causar em ambientes de educação formal e/ou não-formal. Buscaremos, assim, realizar uma análise com os participantes que desvele de que forma a pesquisa pode contribuir para a sua conscientização sobre um problema social que envolve todos os cidadãos. De acordo com Albuquerque e Motta (2007) uma análise qualitativa é “especialmente útil em situações que envolvem o desenvolvimento e aperfeiçoamento de novas ideias” (p. 73).

Os instrumentos de coleta de dados foram: questionário de perfil e sondagem inicial, diário de campo e materiais construídos para utilização em palestras, oficinas e encontros que ocorreram no decorrer da pesquisa de campo, de acordo com programação explicitada mais adiante.

A pesquisa contou com 20 participantes, sendo: 05 estudantes dos anos iniciais do ensino fundamental; 10 estudantes e 01 professor dos anos finais do ensino fundamental; 01 estudante do ensino médio; e 03 participantes do público geral.

Todos os participantes da pesquisa possuem conhecimento básico de Astronomia, pois integram dois grupos de Astronomia, sendo o primeiro de uma escola pública municipal localizada no município de Itabaiana/PB e o segundo se trata de um grupo localizado no município de Pedra Lavrada/PB, mas que integra participantes de diversas cidades (Sossego, Picuí, Cubati, Soledade, Campina Grande). O primeiro é um espaço de educação formal e o segundo de educação não-formal. Denominaremos no texto, quando necessário, esses grupos por Grupo 1 e Grupo 2, respectivamente.

A pesquisa de campo junto aos participantes foi dividida em quatro etapas.

Na primeira etapa foi realizada uma palestra para os participantes, onde foi discutida a questão da Poluição Luminosa, seus impactos negativos nos mais diversos âmbitos, bem como as formas de se envolver na conscientização sobre o problema e como contribuir para minimizar esses impactos negativos. Momentos antes do início da palestra os participantes responderam um questionário inicial acerca dos seus conhecimentos prévios sobre Poluição Luminosa e seu perfil. Na segunda etapa foi ofertada aos participantes uma oficina sobre a importância dos projetos de ciência

cidadã, com destaque para o Programa *Globe at Night*. Na terceira etapa, após esses dois encontros formativos sobre a temática, os participantes da pesquisa puderam participar ativamente do *Globe at Night*, fazendo suas observações e enviando seus relatórios diretamente para o site da campanha.

Diante do contexto pandêmico vivenciado, as duas primeiras etapas foram realizadas virtualmente, através da plataforma do Google Meet. Na terceira etapa foram realizados alguns encontros presenciais, porém de forma ainda limitada.

Os participantes da pesquisa realizaram observações para quatro campanhas do *Globe at Night*. Nas campanhas 1 e 2, a constelação observada foi a de Sagitário e nas campanhas 3 e 4 a constelação observada foi a de Grus.

A experiência vivenciada nas etapas citadas foi a base para a construção de um guia didático para educadores com foco na temática da Poluição Luminosa. Esse guia poderá ser utilizado gratuitamente por educadores, astrônomos amadores, e qualquer pessoa interessada na temática e que deseje contribuir com a conscientização para a preservação do céu escuro.

O percurso metodológico seguido para a construção do guia didático se deu inicialmente a partir de pesquisa bibliográfica sobre a temática, de modo a construir o referencial teórico da pesquisa e do guia em si. Uma etapa posterior foi a seleção de materiais, sites, vídeos, etc. que pudessem servir para o aprofundamento dos conceitos trazidos resumidamente no guia didático. E na etapa seguinte foi necessário pensar em cada encontro sugerido, qual a ordem das temáticas a serem abordadas, quais os materiais e ferramentas a serem sugeridas. Sempre pensando no público-alvo do guia, nas possibilidades de interações entre as mais diversas disciplinas e, principalmente, pensando na realidade das escolas, que é bastante diversificada. Então, as atividades sugeridas foram criadas de maneira que pudessem ser adaptadas para outros públicos e realidades.

7 RESULTADOS

As duas primeiras etapas da pesquisa de campo, que se constituíram de palestra e oficina formativa sobre a temática da Poluição Luminosa, ocorreram em setembro de 2021. Abaixo, são apresentadas quatro imagens, as duas primeiras são as capas das apresentações da palestra e da oficina; a segunda é o *print* em um momento da apresentação da tela do Google Meet, ferramenta utilizada nessa etapa, devido às condições impostas pela pandemia da Covid-19.

Figura 20. Apresentação da Palestra



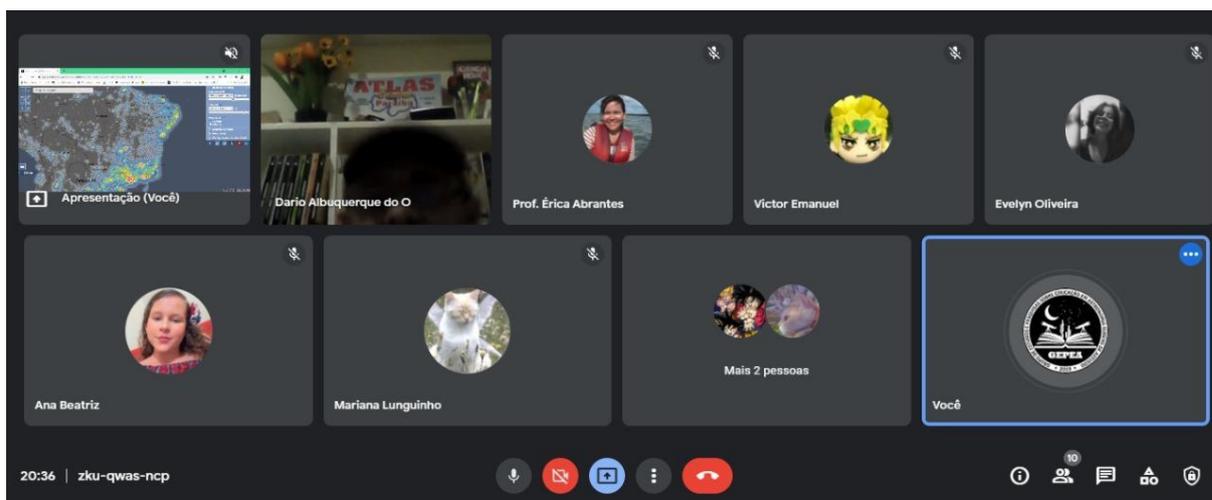
Fonte: Das autoras (2022)

Figura 21. Apresentação da Oficina



Fonte: Das autoras (2022)

Figura 22. Registros da Palestra



Fonte: Das autoras (2022)

Figura 23. Registros da Oficina



Fonte: Das autoras (2022)

A palestra versou sobre o que é Poluição Luminosa, quais os principais impactos negativos da mesma, bem como formas de contribuir para a conscientização acerca dessa importante questão. A oficina teve como foco principal a importância dos projetos de ciência cidadã, com destaque para o Programa *Globe at Night*.

Nesta oportunidade, os participantes responderam a um questionário diagnóstico, no qual constatamos que 65% dos participantes nunca ouviram falar sobre Poluição Luminosa antes de participarem do projeto. E aqueles que disseram já ter ouvido falar, relataram que foram em poucas ocasiões.

Quanto à oficina voltada para orientações sobre como participar das campanhas de medição poluição luminosa promovidas pelo Programa *Globe at Night*

enfrentamos uma série de desafios, uma vez que precisamos fazer tudo de forma remota. Uma oficina, que se propõe a ser algo mais prático, parecia bastante difícil de se fazer de forma online. Porém, com a utilização da tecnologia pudemos fazer um encontro satisfatório. Utilizamos principalmente o Stellarium para mostrarmos aos participantes como localizar as constelações que seriam observadas para as campanhas que eles participariam e disponibilizamos todo o material necessário para as observações (fichas de registros, mapas, etc.).

A imagem seguinte é um infográfico que foi construído para a apresentação do tema, nessa mesma etapa da pesquisa, de uma forma mais interativa e resumida.

Figura 24. Infográfico sobre Poluição Luminosa



Fonte: Das autoras (2022)

Na terceira etapa, após esses dois encontros formativos sobre a temática, os participantes da pesquisa puderam participar ativamente do *Globe at Night*, fazendo suas observações e enviando seus relatórios diretamente para o site da campanha. No respectivo site, ao serem lançados os dados de observações de diversos cientistas cidadãos espalhados pelo mundo todo, um mapa interativo é gerado, no qual podemos observar em quais locais foram feitas as observações e qual a magnitude limite a olho nu daquela respectiva localidade. A figura abaixo mostra como foram as contribuições nas campanhas de 2021.

Figura 25. Mapa do *Globe at Night* 2021



Fonte: <https://www.globeatnight.org/> Acesso em jun. de 2022.

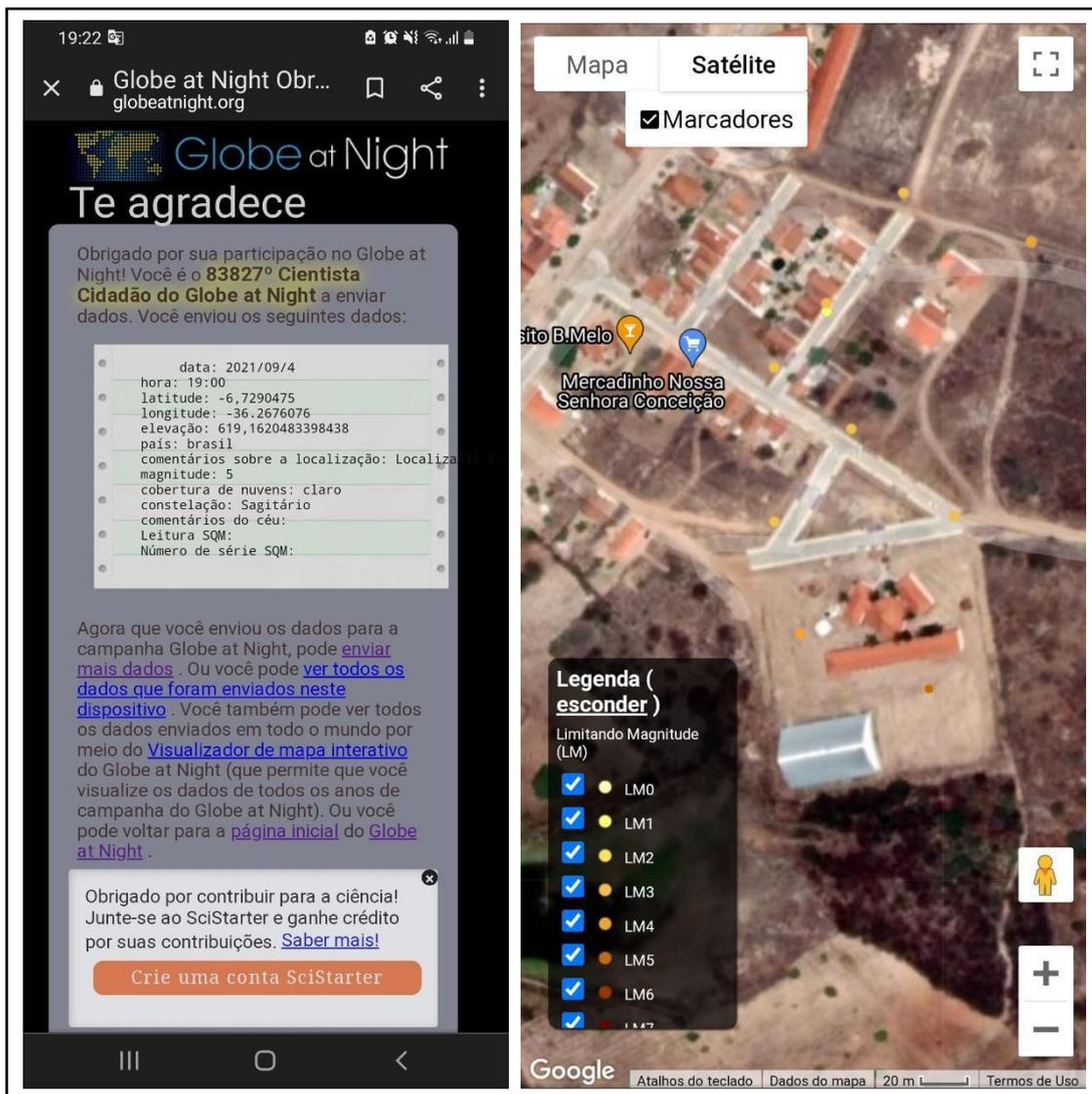
Os participantes da pesquisa realizaram observações para quatro campanhas do *Globe at Night* no segundo semestre do ano de 2021:

- CAMPANHA 1: 29 de agosto a 7 de setembro de 2021;
- CAMPANHA 2: 27 de setembro a 6 de outubro de 2021;
- CAMPANHA 3: 27 de outubro a 5 de novembro de 2021;
- CAMPANHA 4: 25 de novembro a 4 de dezembro de 2021.

Nas campanhas 1 e 2, a constelação observada foi a de Sagitário e nas campanhas 3 e 4 a constelação observada foi a de Grus. Nas imagens abaixo

podemos conferir a tela final que aparece após o envio da observação no site da campanha (esquerda) e as observações realizadas em algumas ruas e nas proximidades da escola de um vilarejo (direita) no mês de setembro, na zona rural do município de Pedra Lavrada-PB.

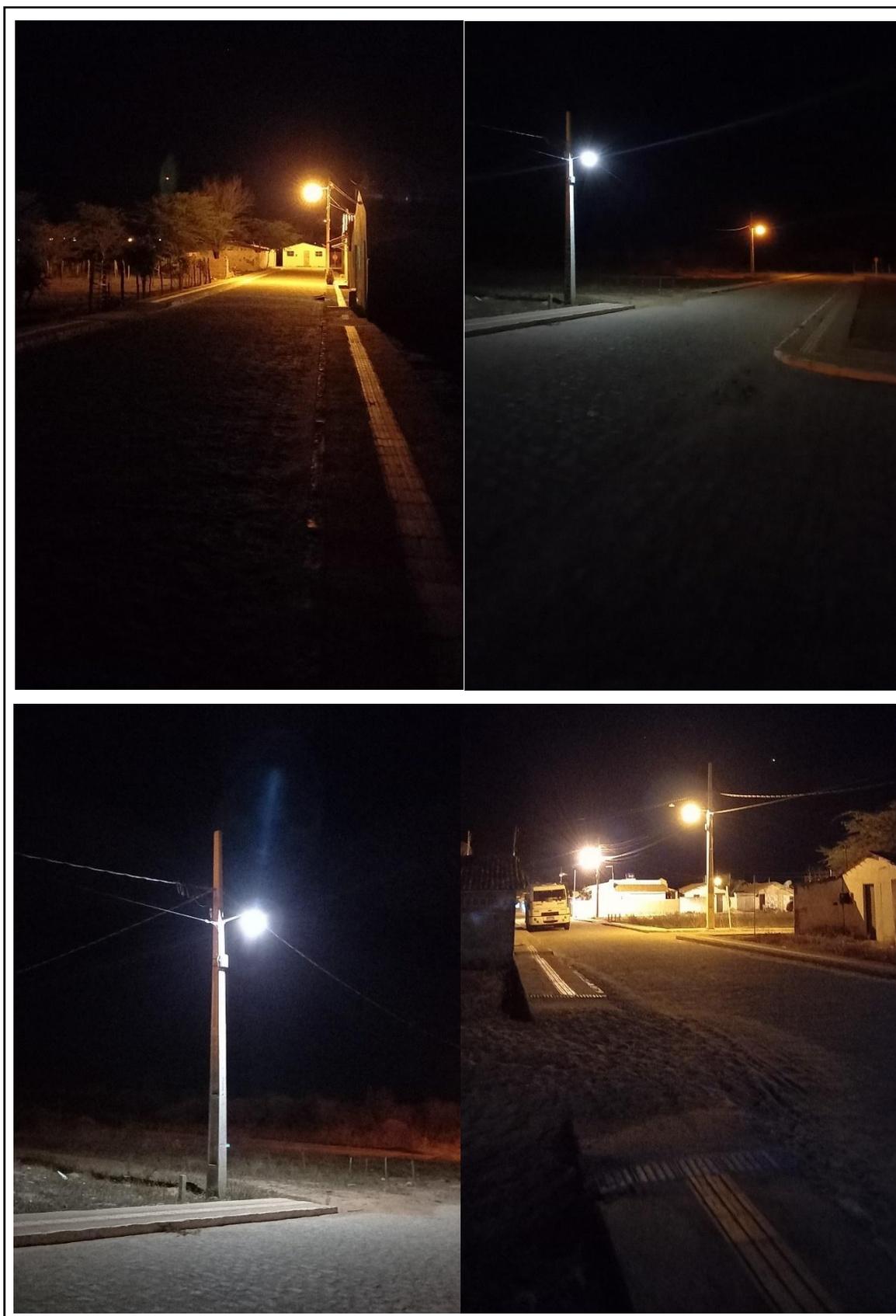
Figura 26. Reportes do *Globe at Night*



Fonte: <https://www.globeatnight.org/webapp/> Acesso em set. de 2021.

Na mesma ocasião a iluminação dessas ruas foi fotografada, enquanto analisamos o tipo de iluminação adequada/inadequada, como visto nas imagens abaixo.

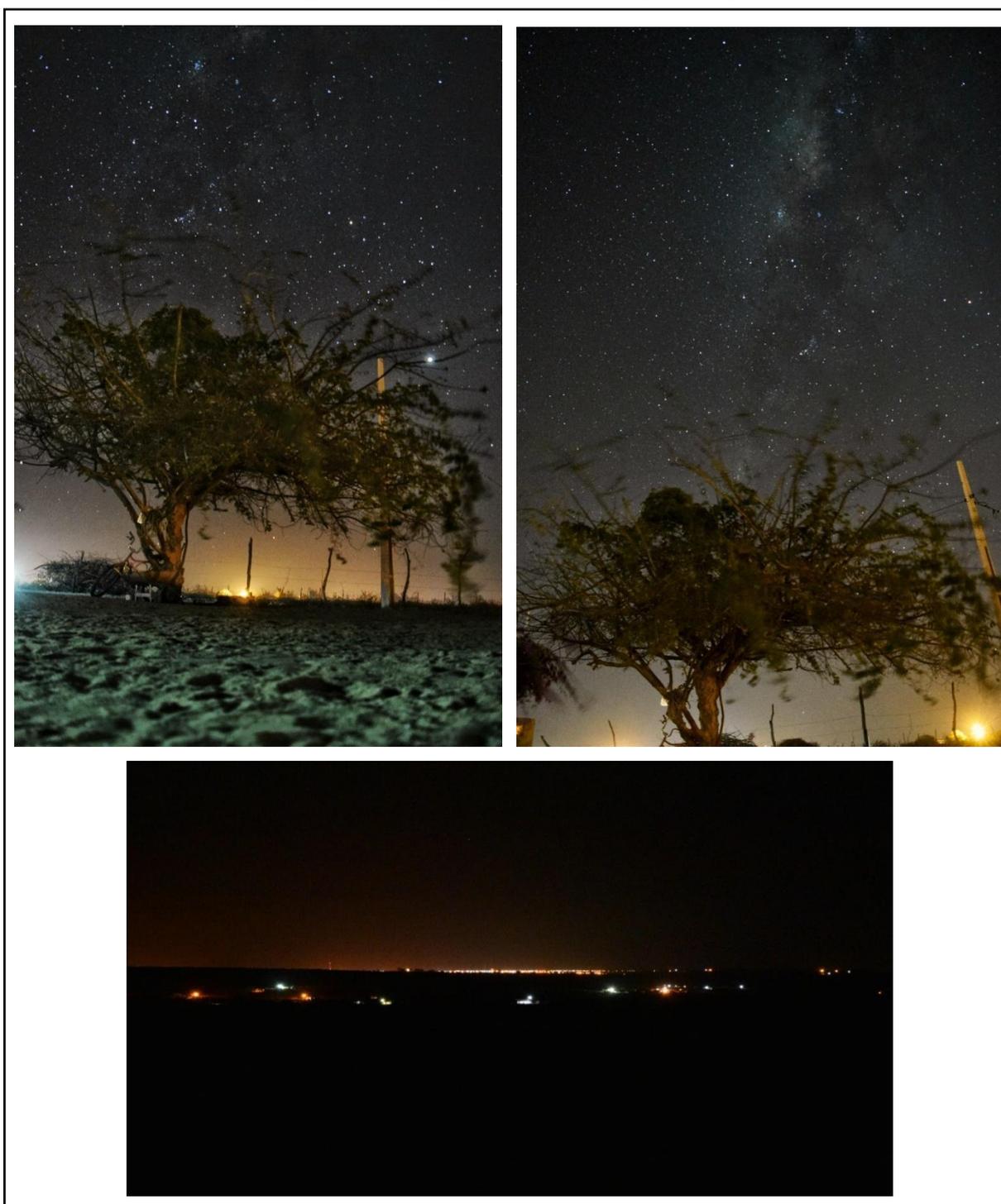
Figura 27. Registro de encontro (setembro)



Fonte: Das autoras (2022)

No mês de outubro realizamos um encontro presencial com alguns participantes da pesquisa na zona rural do município de Picuí-PB. Nem todos participaram devido à distância que moram e devido à pandemia. Nessa ocasião, conversamos sobre Poluição Luminosa, observamos a constelação de Sagitário e ainda fotografamos a faixa da Via Láctea e a cidade de Baraúna-PB, vista ao longe.

Figura 28. Registro de encontro (outubro)



Fonte: Das autoras (2022)

Abaixo, mais registros feitos para o projeto, dessa vez na zona rural do município de Pedra Lavrada-PB mostrando o contraste entre a Poluição Luminosa e a vida selvagem (foto 1) e a Poluição Luminosa causada pelo vilarejo mais próximo (foto 2).

Figura 29. Registro de encontro (novembro)

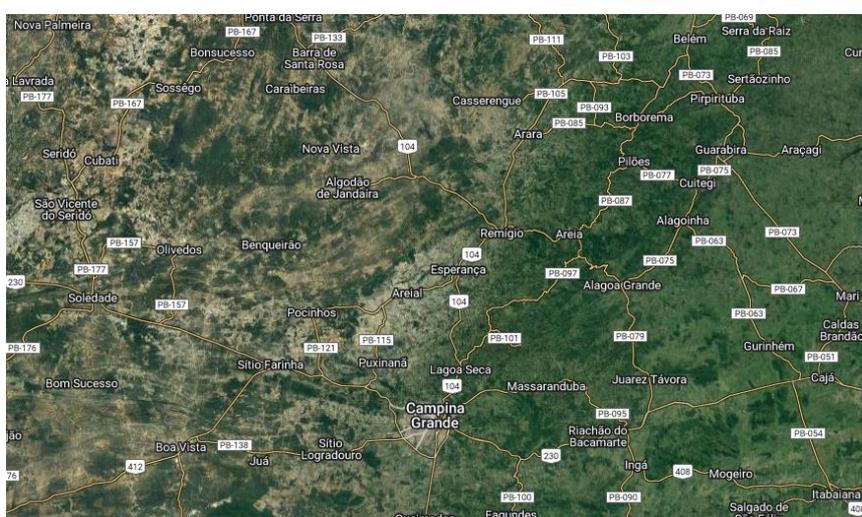


Fonte: Das autoras (2022)

Durante a execução da pesquisa, e também ao final, os participantes foram bastante ativos e muitas discussões foram mobilizadas a partir dos conhecimentos construídos sobre Poluição Luminosa e iluminação adequada/inadequada.

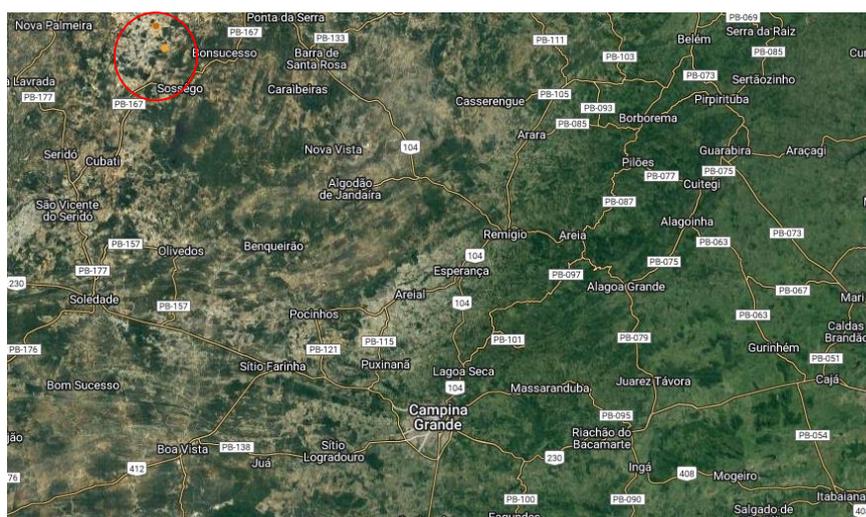
As imagens seguintes mostram o mapa interativo do *Globe at Night* dos anos de 2018, 2019, 2020 e 2021. Note que na região destacada não há contribuições em 2018, apenas a partir de 2019, quando o Grupo 2 começou a enviar dados para o projeto. E no ano de 2021 essa participação foi ampliada com a participação no projeto com representantes de diversas cidades.

Figura 30. Mapa do Globe at Night 2018



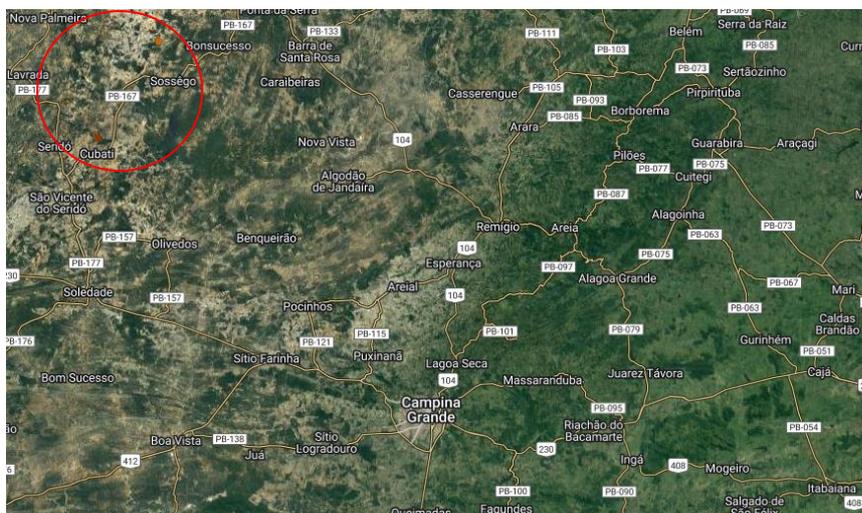
Fonte: <https://www.globeatnight.org/map/?2018> Acesso em jun. de 2022.

Figura 31. Mapa do Globe at Night 2019



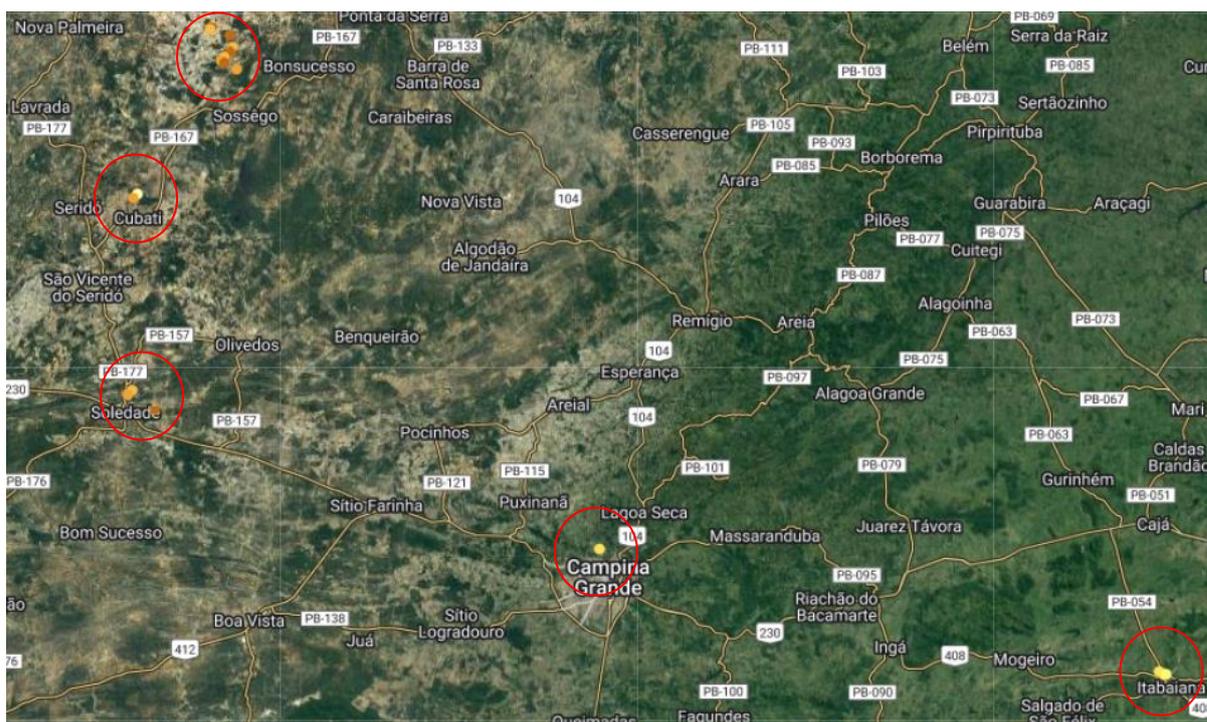
Fonte: <https://www.globeatnight.org/map/?2019> Acesso em jun. de 2022.

Figura 32. Mapa do Globe at Night 2020



Fonte: <https://www.globeatnight.org/map/?2020> Acesso em jun. de 2022.

Figura 33. Mapa do Globe at Night 2021

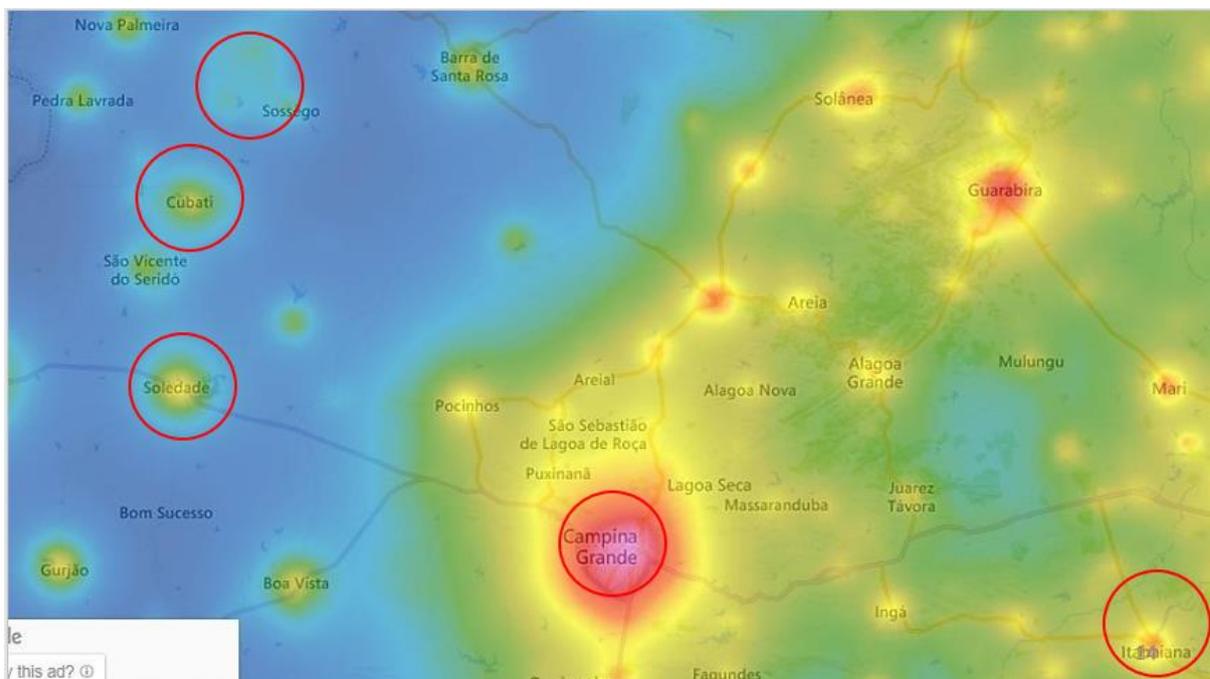


Fonte: <https://www.globeatnight.org/map/> Acesso em jun. de 2022.

Na imagem seguinte é possível observar essa mesma região no mapa de poluição luminosa. Observamos que nesse projeto foi possível realizar observações sistemáticas em pelo menos 5 cidades com níveis de poluição luminosa bastante diversificados. Isso gerou muitas discussões significativas entre os participantes. Dentre elas, a discussão em torno de quanto tempo mais ainda teremos acesso à essa

visualização do céu com pouca poluição luminosa, tendo em vista que a urbanização continua aumentando e, conseqüentemente, a Poluição Luminosa também.

Figura 34. Mapa de Poluição Luminosa



Fonte: <https://www.lightpollutionmap.info/> Acesso em jun. de 2022.

Com a colaboração dos participantes nomeamos o projeto como “Projeto Exploradores do Céu Estrelado” e ao final todos receberam um certificado de participação.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho pretendeu estudar o papel fundamental da educação formal e não formal na conscientização sobre os impactos da Poluição Luminosa, a fim de responder ao seguinte problema: *De que maneiras podemos contribuir para a conscientização sobre os impactos da Poluição Luminosa e, conseqüentemente, para a preservação do céu escuro através do ensino de Astronomia e ciências e afins?*

Para chegar a uma compreensão da problemática da Poluição Luminosa e propor atividades de conscientização sobre os impactos da mesma definiu-se cinco objetivos específicos. O primeiro, analisar o contexto atual da discussão sobre Poluição Luminosa no Brasil, nos mostrou que a Poluição Luminosa ainda é pouco trabalhada e conhecida entre os participantes. Do grupo estudado, 65% destes nunca haviam ouvido falar no tema. Além disso, a discussão sobre Poluição Luminosa ainda é limitada na literatura acadêmica.

Quanto ao segundo objetivo - promover palestra acerca da temática da Poluição Luminosa e seus impactos -, foi realizada de forma remota com os estudantes em questão, versando sobre o conceito de Poluição Luminosa, seus impactos negativos e como podemos contribuir para uma conscientização da comunidade. Obtivemos um retorno bastante positivo, com a presença online de todos os participantes.

No terceiro e quarto objetivo, “Desenvolver oficinas sobre a medição da Poluição Luminosa” e “Participar de programa de ciência cidadã para medição da Poluição Luminosa”, apresentamos aos estudantes a Campanha *Globe at Night*, levando-os a participar ativamente do Programa Ciência Cidadã. Aqui os alunos faziam suas medições durante as datas de campanhas e enviavam seus dados diretamente no site do Programa. Disponibilizamos um grupo do WhatsApp para interação entre os participantes e orientações sobre a prática da participação no *Globe at Night*. Dessa forma, pudemos acompanhar o desenvolvimento das atividades mais perto. Percebeu-se que na primeira campanha alguns participantes tiveram dúvidas de como fazer as observações e/ou enviar os relatórios. Mas, a partir da campanha seguinte todos já estavam participando sem necessitar de ajuda.

Quanto ao último objetivo, “Produzir Guia didático para educadores com foco na Poluição Luminosa”, produzimos este material pensando no professor, logo

focamos em um conteúdo prático e mais direto, usando uma linguagem adequada ao contexto do professor. Mesmo apresentando as discussões e conceitos de forma curta e direta, disponibilizamos dentro do próprio guia links que poderão ajudar esses professores a se aprofundarem em cada tópico apresentado. Além disso, trouxemos sugestões de encontros a serem desenvolvidos com alunos do 8º e 9º anos do ensino fundamental e alunos do ensino médio abordando as mais diversas faces da Poluição Luminosa, podendo ser desenvolvidos por professores de diversas áreas, em conjunto ou não.

De forma geral, nossas hipóteses de que a Poluição Luminosa e seus impactos ainda é um tema desconhecido pela maioria das pessoas e pouco discutido na literatura acadêmica e que para uma conscientização capaz de gerar mudança duradoura é imprescindível a articulação com a educação, foi confirmada, dentro dos limites da nossa amostra. No caso da primeira hipótese, pela busca de referências bibliográficas nacionais sobre o tema e pela pesquisa feita com os participantes em questão, e na segunda hipótese, pelo engajamento dos participantes durante o desenvolvimento do trabalho. Ressaltamos também, que a educação formal e não-formal consiste em formas igualmente viáveis para a conscientização acerca da Poluição Luminosa e de seus impactos.

Como desdobramentos futuros destacamos a importância de levar a discussão sobre Poluição Luminosa para cada vez mais espaços, sejam espaços de educação formal ou não-formal, em todos os níveis de ensino. Inclusive, no ensino superior, para que a produção acadêmica sobre a temática possa ser expandida.

Sabemos que isto é um grande desafio, quando observamos que a própria Astronomia, por exemplo, ainda não é efetivamente inserida no contexto educacional. Mas, por outro lado, entendemos que é uma temática com grande potencialidade de trabalho interdisciplinar, mesmo quando pensamos em disciplinas que não são diretamente relacionadas às áreas das Ciências Exatas e Matemática. Dentre as possibilidades podemos ressaltar as relações que podem ser trabalhadas entre Astronomia, poesia, literatura, música e a arte, de forma geral.

Tendo em vista as discussões apresentadas, esperamos que a pesquisa e o produto educacional possam ser um ponto de partida para educadores e demais interessados começarem a discutir a Poluição Luminosa e, assim, possamos

promover uma maior conscientização sobre a mesma. E a partir da conscientização é possível pensar coletivamente estratégias capazes de minimizar o avanço da Poluição Luminosa.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, Jones; MOTTA, Paulo. **Metodologia Científica** / Jones Albuquerque; Paulo Motta – Recife: Unidade Acadêmica de Educação a Distância e Tecnologia, UFRPE, 2007. 3ª edição.
- ARAÚJO, J. L. A Poluição Luminosa, suas implicações na ciência e na sociedade. **Dissertação de Mestrado**. USP, 2016.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo, SP: Edições 70, 1977.
- BARGHINI, Alessandro. **Antes que os vaga-lumes desapareçam ou influência da iluminação artificial sobre o meio ambiente**. São Paulo: Annablume; Fapesp, 2010.
- BORTLE, John E. Gauging Light Pollution: The Bortle Dark-Sky Scale. **Sky and Telescope**, 2006. Disponível em: <https://skyandtelescope.org/astronomy-resources/light-pollution-and-astronomy-the-bortle-dark-sky-scale/> Acesso em out./2021.
- BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999**. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília, 1999.
- CLARKE T., Day One for Light Pollution Law, **Nature Magazine**, Londres, Inglaterra, 2002.
- CRARY, Jonathan. **24/7: capitalismo e os fins do sono**. Editora Cosac Naify, 2014.
- 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> .
- DOMINICI, Tania Pereira; RANGEL, Marcio F. Utilizando conceitos de patrimônio como uma estratégia de proteção do direito à luz das estrelas. **Museologia e Patrimônio**, v. 10, n. 1, p. 32, 2017.
- FALCHI, Fabio et al. **The New World Atlas of Artificial**. Night Sky Brightness. Science Advances, 2016.
- FREITAS, J. R. et al. Exposure of tropical ecosystems to artificial light at night: Brazil as a case study. **PLOS ONE**. 8 fev. 2017.
- GARGAGLIONI, S. R. Análise Legal Dos Impactos Provocados Pela Poluição Luminosa Do Ambiente. **Dissertação de Mestrado**, UNIFEI, 2007.
- IAU. International Astronomical Union (IAU). **Poluição Luminosa**. Office for Astronomy Outreach, 2018.
- IDA. International Dark-Sky Association. **The Promise And Challenge Of Led Lighting: A Practical Guide**, 2020. Disponível em: https://www.darksky.org/wp-content/uploads/bsk-pdf-manager/2020/10/IDA_LED_handout_rev201016.pdf Acesso em nov./2021.
- IDA. International Dark-Sky Association. **Light Pollution Effects on Wildlife and Ecosystems**. <https://www.darksky.org/light-pollution/wildlife/> Acesso em: jul./2021.

IDA. International Dark-Sky Association. **Light Pollution**. <https://www.darksky.org/light-pollution/> Acesso em: jul./2021.

KRAUS, Louis J.; CHAIR, MD. **Human and Environmental Effects of Light Emitting Diode (LED) Community Lighting**. American Medical Association, 2016. Disponível em: https://www.darksky.org/wp-content/uploads/bsk-pdf-manager/AMA_Report_2016_60.pdf Acesso em: jul./2021.

KYBA, Christopher C. M. Artificially lit surface of Earth at night increasing in radiance and extent. **SCIENCE ADVANCES**, Vol 3, Issue 11, 2017. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.1701528> Acesso em jun./2022.

LEITE, H. P. S. **Poluição Luminosa: Seus Impactos Sobre A Saúde, A Segurança, A Economia E O Meio Ambiente – E Propostas Para A Sua Regulação No Brasil**. Consultoria Legislativa. Março de 2021. Disponível em: <https://bd.camara.leg.br/bd/handle/bdcamara/40211> Acesso em 01 de novembro de 2021.

LONGCORE, Travis; RICH, Catherine. Ecological light pollution. **Frontiers in Ecology and the Environment**, 2004. Disponível em: [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2004\)002\[0191:ELP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2004)002[0191:ELP]2.0.CO;2) Acesso em nov./2021.

MOURÃO R. R. F. **Os céus estrelados de Van Gogh**. 1988. Disponível em: <https://super.abril.com.br/cultura/os-ceus-estrelados-de-van-gogh/> Acesso em nov.2021.

OWENS, Steve Owens. **Naked Eye Limiting Magnitude: Assessing Sky Brightness**. Dark Sky Diary: In Pursuit of Darkness, 2012. Disponível em: <https://darkskydiary.wordpress.com/2012/01/20/naked-eye-limiting-magnitude-assessing-sky-brightness/> Acesso em out./2021.

PINTO, Telma Filipa Vilarinho. A Poluição Luminosa à luz do conceito de Antropoceno. **Tese de Doutorado**. ISCTE-IUL, 2017.

RCEP. Royal Commission on Environmental Pollution (RCEP). **Artificial Light in the Environment**. RCEP, 2009.

RITCHIE, Hannah; ROSER, Max. Urbanization. **World Population Growth**. Publicado em Our World In Data [recurso online]. Disponível em: < <https://ourworldindata.org/urbanization#what-share-of-people-will-live-in-urban-areas-in-the-future>> Acesso em: jun./2022.

ROSER, Max; RITCHIE, Hannah; ORTIZ-OSPINA, Esteban. **World Population Growth**. Publicado em Our World In Data [recurso online]. Disponível em: <https://ourworldindata.org/world-population-growth> Acesso em: jun./2022.

SHERMAN, Lawrence W.; et. al (Orgs.) **Preveting Crime: What works, what doesn't, What's Promising**. Disponível em: <https://www.ncjrs.gov/works/> Acesso em jul./2021.

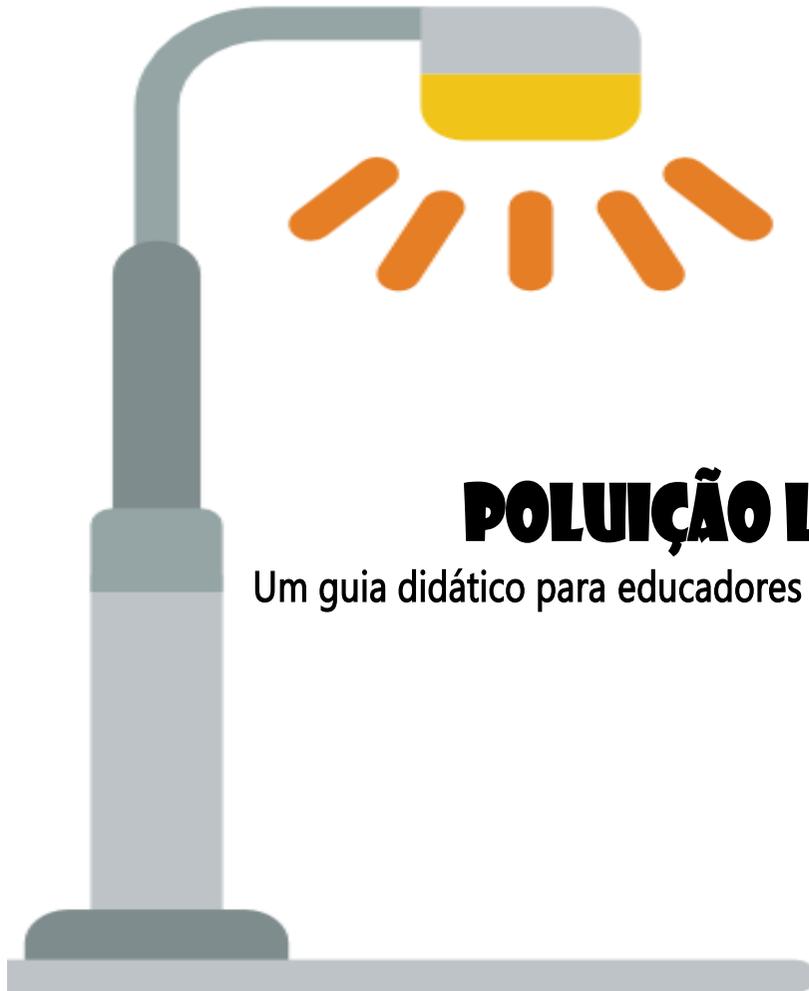
SOARES, D. **Vincent van Gogh e as cores da noite**. 2009. Disponível em: <http://lilith.fisica.ufmg.br/~dsoares/UAI/vangogh.htm> Acesso em nov./2021.

STEVENS, R. G. et. al. Meeting report: the role of environmental lighting and circadian disruption in cancer and other diseases. **Environ. Health Perspect.**, v. 115, n. 9, 2007.

VILLAS BÔAS, N., DOCA, R. H., BISCUOLA, J. **Conecte tópicos de física**, 2: física /. — 2. ed. — São Paulo: Saraiva, 2014.

APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL

Maria Lucivânia Souza dos Santos
Érica Diniz Abrantes Gonçalves



POLUIÇÃO LUMINOSA

Um guia didático para educadores de Astronomia e Ciências Afins

Recife
2022

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	2
O QUE É POLUIÇÃO LUMINOSA?	3
QUAIS OS SEUS IMPACTOS?	3
FONTES E TIPOS DE POLUIÇÃO LUMINOSA	4
Encandeamento ou Ofuscamento (<i>Glare</i>)	13
Brilho Artificial do Céu (<i>Skyglow</i>)	15
Luz Intrusa (<i>Light Trespass</i>)	18
Desordem (<i>Light Clutter</i>)	19
Luz Esbanjada (<i>Light Profligacy</i>)	20
ILUMINAÇÃO ADEQUADA	10
MEDINDO A POLUIÇÃO LUMINOSA	12
CIÊNCIA CIDADÃ E POLUIÇÃO LUMINOSA	13
SUGESTÃO DE AÇÃO PEDAGÓGICA	14
SUGESTÃO DE RECURSOS	23

APRESENTAÇÃO

A poluição luminosa e seus impactos negativos nos mais diversos âmbitos ainda é um tema desconhecido pela maioria das pessoas e pouco discutido na literatura acadêmica. Isso é um problema uma vez que, a maneira como convivemos com a iluminação artificial hoje é insustentável, sendo necessária a conscientização urgente sobre tal problemática.

Como educadoras, entendemos que para promover uma conscientização que seja capaz de gerar uma mudança significativa e duradoura é imprescindível que esta esteja articulada à educação.

Pensando nisso, apresentamos este guia didático para educadores de Astronomia e áreas afins, com informações, sugestões de atividades, experimentos e ações sobre a temática da poluição luminosa.

Esperamos que esse guia possa contribuir e ser um ponto de partida para que educadores se envolvam com a defesa do céu escuro juntamente aos estudantes e, assim, promovam mudanças significativas em seu ambiente de casa, na sua escola e na sua comunidade.

Érica e Lucivânia

O QUE É POLUIÇÃO LUMINOSA?

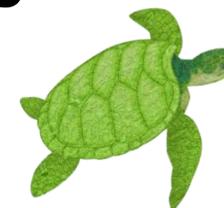
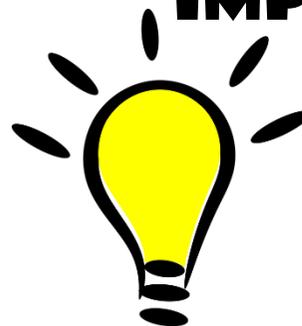
A poluição luminosa pode ser caracterizada como o **excesso de luz artificial**. Esse termo foi popularizado no início nos anos 1970 por astrônomos que perceberam que suas observações celestes estavam sendo prejudicadas pela intensificação da iluminação urbana.

O excesso de iluminação não traz problemas apenas para a observação do céu. Além de reduzir a visibilidade das estrelas, ele altera os padrões naturais de luz e escuridão, afetando os ecossistemas e, com isso, gerando grandes prejuízos à vida selvagem e à saúde humana.

Além disso, a Poluição Luminosa afeta a nossa segurança e contribui para o desperdício de energia elétrica, uma vez que grande parte da iluminação usada à noite é ineficiente, excessivamente brilhante, mal direcionada, mal protegida e, em muitos casos, desnecessária.



QUAIS OS SEUS IMPACTOS?



AFETA A SEGURANÇA



ALTERA O ECOSISTEMA

DESPERDIÇA ENERGIA

PREJUDICA A SAÚDE

REDUZ A VISIBILIDADE DAS ESTRELAS



Créditos das Imagens: Pixabay

FONTES E TIPOS DE POLUIÇÃO LUMINOSA



As principais fontes de poluição luminosa incluem iluminação interna e externa de edifícios, residências, anúncios publicitários, estabelecimentos comerciais, escritórios, fábricas, estufas, postes de luz, instalações esportivas iluminadas, iluminação viária, sinalização aérea e marítima, bem como toda outra fonte artificial de luz. Os principais tipos de poluição luminosa são:

Encandeamento ou Ofuscamento (*Glare*); Brilho Artificial do Céu (*Skyglow*); Luz Intrusa (*Light Trespass*); Desordem (*Clutter* ou *Light Clutter*) e Luz Esbanjada (*Light Profligacy*). Na imagem ao lado vemos um exemplo de Poluição Luminosa obtida em Brazópolis – MG por Tânia Dominici.

SAIBA MAIS:

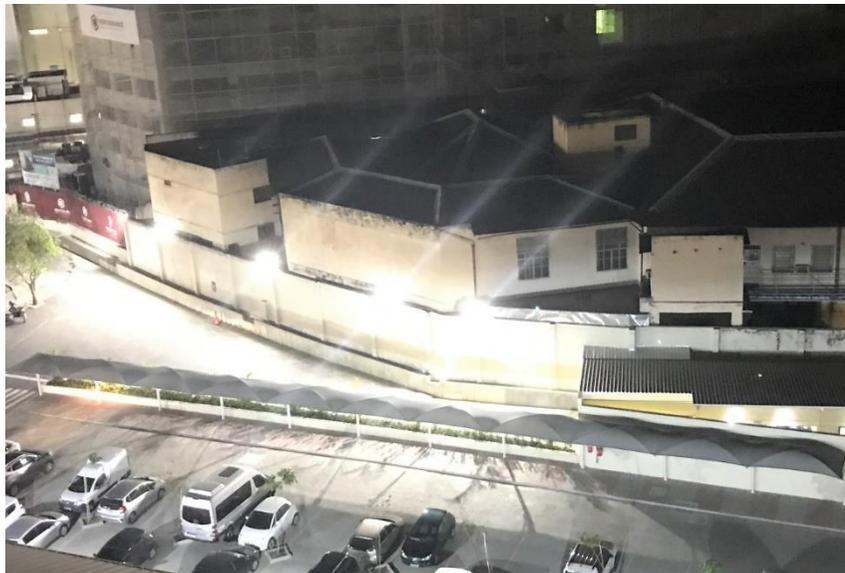
- International Dark-Sky Association (IDA). **Light Pollution**. Acesse clicando [AQUI](#).
- Brochura da International Astronomical Union (IAU). **Poluição Luminosa**. Acesse clicando [AQUI](#).
- Documento da Royal Commission on Environmental Pollution (RCEP). **Artificial Light in the Environment**. Acesse clicando [AQUI](#).

BRILHO DO CÉU *(Skyglow)*

Skyglow é o clareamento do céu noturno sobre áreas habitadas. Trata-se de uma combinação de luz refletida e refratada da atmosfera. Ou, mais especificamente, é a luz desperdiçada de fontes artificiais emitida para cima (em ângulos horizontais e superiores) que se espalha, tais como nuvens e neblina, ou por pequenas partículas, como poluentes na atmosfera. As imagens seguintes são exemplos de Skyglow.

A imagem 1 (abaixo) foi obtida em Ilha Grande – RJ e as imagens 2 e 3 (à direita) foram obtidas em Brazópolis – MG e nos arredores do Estádio do Maracanã no RJ, respectivamente. Créditos: Tânia Dominici.





OFUSCAMENTO *(Glare)*

Brilho excessivo que causa desconforto visual. Há um contraste excessivo entre as áreas claras e escuras no campo de visão. Esse brilho excessivo noturno cria contrastes elevados e reduz a visibilidade, provocando desconforto ou, em casos extremos, um efeito de ofuscamento.

As imagens ao lado são exemplos da luz ofuscante, embora as mesmas também possam ser classificadas como luz desordenada (Clutter). A imagem 1 (à esquerda) foi obtida em Rosana – SP, por Vítor Barbato e a imagem 2 (à esquerda) foi obtida no Rio de Janeiro – RJ, por Tânia Dominici.



Ofuscamento. Créditos: IDA (<https://www.darksky.org/wp-content/uploads/2021/01/Outdoor-Lighting-Crime-and-Safety-English.pdf>). Acesso em jun. em 2022.

LUZ INTRUSIVA *(Light Trespass)*

Luz caindo onde não se destina ou é necessária. É uma luz indesejada, por exemplo, de propriedades e atividades adjacentes. Essa luz não desejada pode entrar através das janelas das casas e apartamentos provocando perturbações no sono devido à exposição a luz excessiva.



Exemplo de Luz invadindo o quarto
Créditos: Reprodução/Site Regenerati
(<https://regenerati.com.br/insomnia-quando-e-normal-ter-insomnia/>).
Acesso em dez. de 2021.



Exemplo de Luz intrusa em Coimbra – Portugal
Créditos: Hayashina (<https://www.flickr.com/hayashina/16396435835>).
Acesso em jun. de 2022.



DESORDEM (*Light Clutter*)

Agrupamentos brilhantes, confusos e excessivos de fontes de luz. Esse agrupamento excessivo de luzes, por exemplo, em publicidade na estrada pode provocar uma distração perigosa para os motoristas. A imagem ao lado é Exemplo de Clutter, imagem obtida em Paris (França). Créditos: Tânia Dominici;

LUZ ESBANJADA

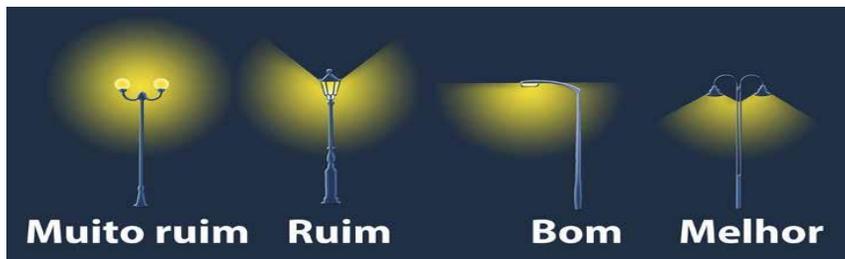
(Light Profligacy)

Excesso de iluminação que desperdiça energia e dinheiro. As imagens são exemplos de Luz esbanjada nos EUA (imagem 1) e no Rio de Janeiro – RJ (imagens 2 e 3). Créditos: Tânia Dominici



ILUMINAÇÃO ADEQUADA

Embora o problema da poluição luminosa seja sério e afete a todos, as medidas de minimização são simples e viáveis. O cuidado na escolha de lâmpadas com temperatura de cor abaixo dos 3000K e a troca das luminárias inadequadas por adequadas são medidas que vão gerar uma mudança positiva significativa. É preciso observar também a potência, a eficiência, a temperatura de cor, a direção, a uniformidade e o tempo de uso das lâmpadas.



Examples of Acceptable / Unacceptable Lighting Fixtures

Unacceptable / Discouraged
Fixtures that produce glare and light trespass

Unshielded Floodlights or Poorly-shielded Floodlights

Unshielded Wallpacks & Unshielded or Poorly-shielded Wall Mount Fixtures

Drop-Lens & Sag-Lens Fixtures w/ exposed bulb / refractor lens

Unshielded Bollards

Unshielded Streetlight

Unshielded Barn Light

Louvered 'Marine' style Fixtures

Unshielded PAR Floodlights

Unshielded 'Period' Style Fixtures

Drop-Lens Canopy Fixtures

Acceptable
Fixtures that shield the light source to minimize glare and light trespass and to facilitate better vision at night

Full Cutoff Fixtures

Fully Shielded Wallpack & Wall Mount Fixtures

Fully Shielded Fixtures

Full Cutoff Streetlight

Fully Shielded Barn Light

Fully Shielded Walkway Bollards

Fully Shielded Decorative Fixtures

Fully Shielded 'Period' Style Fixtures

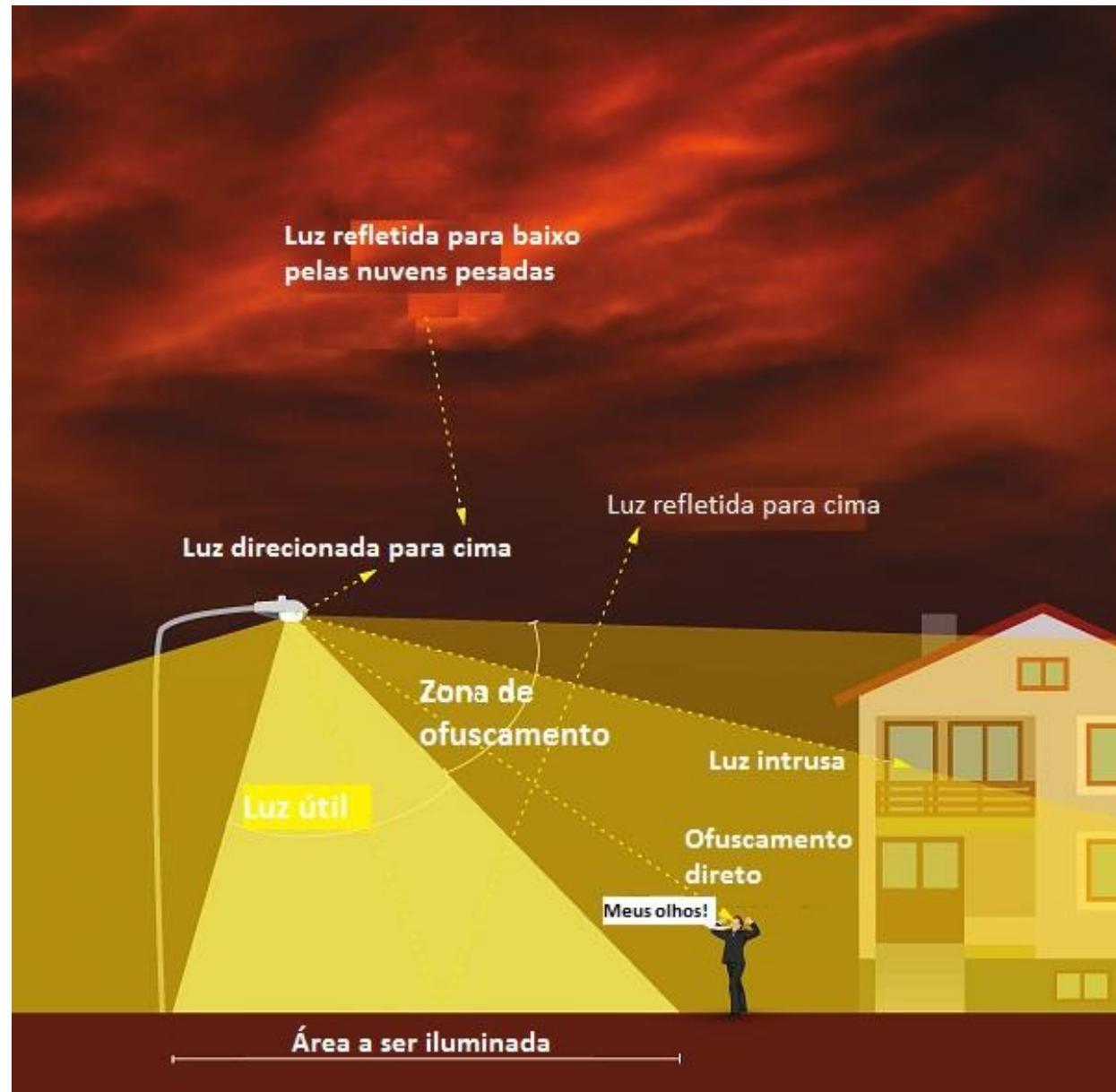
Shielded / Properly-aimed PAR Floodlights

Flush Mounted or Side Shielded Under Canopy Fixtures

Illustrations by Bob Cretni © 2005. Rendered for the Town of Southampton, NY. Used with permission.

Créditos das imagens: International Dark-Sky Association (IDA)

A imagem ao lado demonstra a importância de direcionar a iluminação para onde a mesma é efetivamente necessária, destacando os tipos de poluição luminosa causados pela iluminação excessiva e mal direcionada.



Créditos da imagem: *International Dark-Sky Association (IDA)*, traduzida por Tânia Dominici

MEDINDO A POLUIÇÃO LUMINOSA

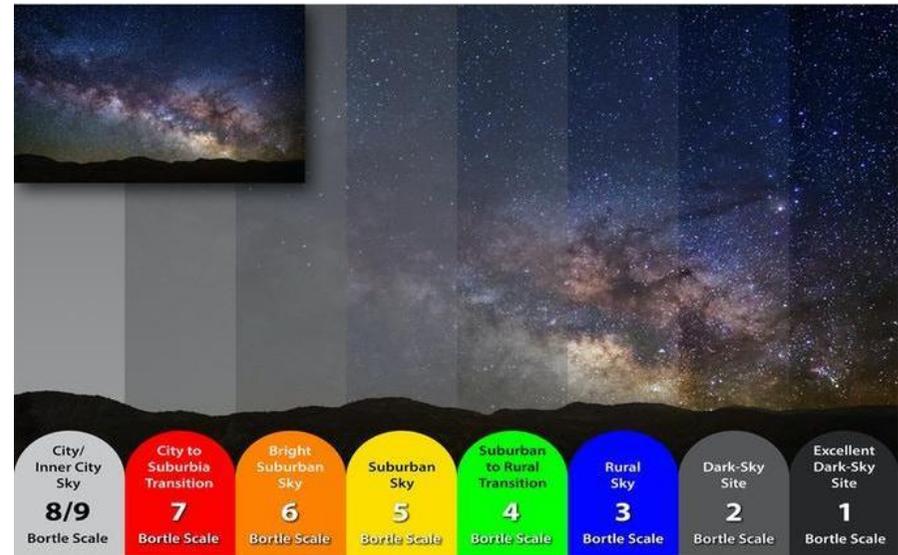
John Bortle criou uma escala com nove níveis, se baseando nos seus quase 50 anos de experiência de observação astronômica, que nos fornece um padrão consistente para classificar e comparar as observações quanto à interferência pela poluição luminosa.

A escala criada por Bortle varia da classe 1, para um céu extremamente escuro, até a classe 9, que representa o céu dos grandes centros urbanos. Na imagem seguinte, pode-se conferir visualmente a qualidade de visualização do céu nas classes da escala de Bortle.

Saiba mais:

EXOSS Citizen Science Project. **A Escala de Bortle**. Para acessar clique [AQUI](#).

BORTLE, John E. Gauging **Light Pollution**: The Bortle Dark-Sky Scale. Sky and Telescope. Para acessar clique [AQUI](#).



Créditos: Royce Bair (<https://press.exoss.org/escala-de-bortle-2/>). Acesso em nov. de 2021.

CIÊNCIA CIDADÃ E POLUIÇÃO LUMINOSA

Participar da campanha de ciência cidadã *Globe at Night* é uma ótima maneira de ajudar nossa compreensão do *skyglow* e seu impacto. Não são necessárias ferramentas especiais e as observações podem ser facilmente relatadas por smartphone, tablet ou computador.

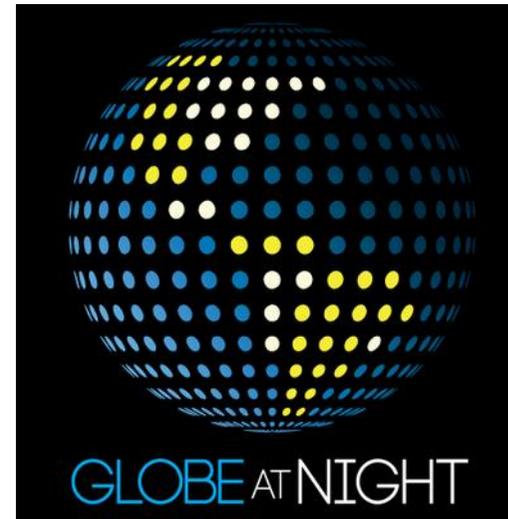
Saiba mais no site da Campanha *Globe at Night*, acessando [AQUI](#).

Também é possível usar seu smartphone para fazer medições de brilho do céu noturno, através de aplicativos como o *Dark Sky Meter* e o *Loss of the Night*.

Outra forma de ajudar é participando do projeto Cidades à Noite, que conta com cientistas cidadãos para mapear e identificar fotos de cidades tiradas da Estação Espacial Internacional. Essas informações valiosas ajudam os pesquisadores a avaliar melhor a poluição luminosa em todo o mundo.

Saiba mais na Cartilha de atividades didáticas do Projeto, acessando [AQUI](#).

Créditos das Imagens: Reprodução/Google imagens



SUGESTÃO DE AÇÃO PEDAGÓGICA

PÚBLICO-ALVO: Estudantes do Ensino Fundamental II (8º e 9º anos) e do Ensino médio

DISCIPLINAS: Ciências, Biologia, Física, Matemática e Geografia.

TEMA: Poluição Luminosa e seus impactos.

OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM:

- Estimular a consciência ambiental, ao destacar a importância da qualidade da iluminação artificial noturna, bem como seu impacto em todos os seres vivos, ressaltando a necessidade de preservação de regiões sem poluição noturna.
- Promover o trabalho cooperativo por meio da apreciação de um projeto a ser desenvolvido com a participação de todos os estudantes.
- Entender o que é poluição luminosa, quais as suas principais fontes e tipos, bem como as formas de evita-la.
- Desenvolver consciência a respeito dos efeitos negativos da poluição luminosa para a vida selvagem, a saúde humana, o desperdício de energia elétrica, para a segurança e para a astronomia.
- Aprender sobre a importância de instalações luminosas bem planejadas.
- Compreender o que é ciência cidadã e perceber a importância desta como agente de transformação da sociedade.

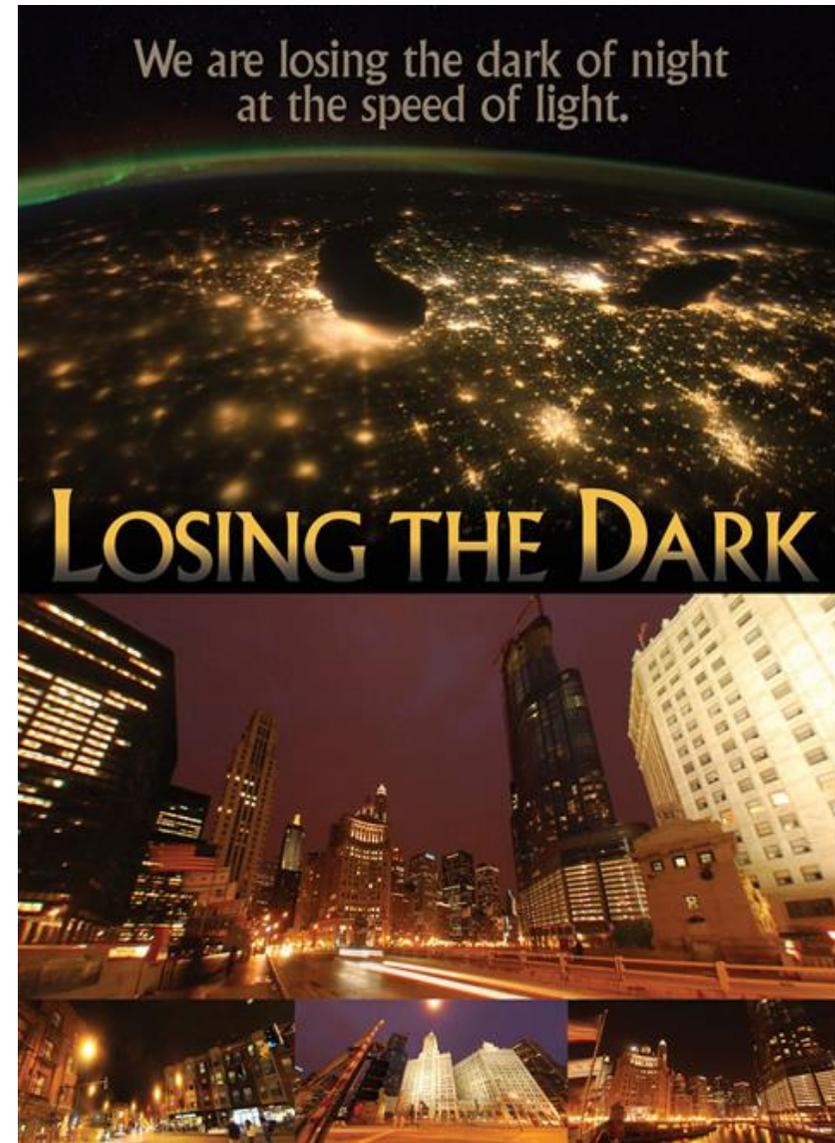
1º ENCONTRO

TEMA: O que é poluição luminosa?

OBJETIVO: Fazer uma introdução ao tema da poluição luminosa.

SUGESTÃO DE ROTEIRO:

- Apresentação inicial (1 min.)
- Questionamentos iniciais (5 min.): conhecimentos prévios sobre tipos e usos de iluminação ao longo da história. Iluminação natural – lua, sol, estrelas e iluminação artificial – fogo, tochas, lamparinas, lâmpadas, etc.).
- Introdução ao tema da poluição luminosa (5 min.)
- Documentário "*Losing the Dark*" (6 min.). Disponível [AQUI](#). Baixe o arquivo "Brazilian Portuguese LTD_0320x0180wmv_BR.zip" no seu computador, clique com o botão direito do mouse no arquivo baixado e escolha a opção "extrair aqui", em seguida o vídeo ficará disponível no seu computador.
- Discussão sobre o documentário (10 min.)
- Aprofundamento (15 min.): tipos e fontes de poluição luminosa.
- Orientações sobre os próximos encontros (10 min.): cronograma, atividades, materiais, caso necessário, etc.
- Encerramento (1 min.).



Créditos da imagem: *International Dark-Sky Association (IDA)*,



Créditos das Imagens: Reprodução/Youtube

2º ENCONTRO

TEMA: Acendendo as estrelas!

OBJETIVO: Apresentar e discutir os efeitos da poluição luminosa para a observação das estrelas.

SUGESTÃO DE ROTEIRO:

- Apresentação inicial e retomada do encontro anterior (5 min.)
- Provocações sobre a vida cotidiana e a observação das estrelas: Você costuma observar o céu? Você sabe identificar alguma constelação? Você sabe a diferenciar um planeta de uma estrela? Você já viu alguma "estrela cadente"? Você sabe o que são meteoros? E chuva de meteoros? (10 min.).
- Animação "*Borrowed Light*" (4 min.). Disponível [AQUI](#).
- Aprofundamento (15 min.): Efeitos da poluição luminosa para a observação das estrelas, comparação dos céus antes e hoje, céus poluídos e não-poluídos, céus urbanos e rurais (15 min.).
- Apresentar a exposição de Thierry Cohen que demonstra como seria a visão do céu das maiores cidades do mundo, caso não houvesse luzes artificiais. Confira [AQUI](#). (10 min.).
- Orientações sobre o próximo encontro (5 min.): Pedir aos alunos que tentem observar o céu à noite onde moram. Você consegue ver as estrelas? E a Via Láctea? E meteoros?
- Encerramento (1 min.).

3º ENCONTRO

TEMA: Poluição luminosa e ecossistemas.

OBJETIVO: Discutir os impactos da poluição luminosa para a vida selvagem e os ecossistemas.

SUGESTÃO DE ROTEIRO:

- Apresentação inicial e retomada do encontro anterior (5 min.)
- Apresentação expositiva e dialogada sobre os efeitos da poluição luminosa para a vida selvagem e os ecossistemas. (20 min.)
- Reflexões com os estudantes sobre a temática (20 min.): Onde você mora é possível observar animais de hábitos noturnos (morcegos, vagalumes, corujas, insetos, tartarugas, etc.)? De que maneiras a poluição pode afetá-los?
- Orientações sobre o próximo encontro (5 min.): Pedir que os estudantes observem atentamente durante à noite o lugar onde mora para identificar que animais podem encontrar, especialmente ao redor de lâmpadas, postes de iluminação, etc. Se possível, eles devem fotografar esses animais.
- Encerramento (1 min.).



Créditos da Imagem: Pixabay



Créditos das Imagens: Reprodução/Youtube

4º ENCONTRO

TEMA: Males da poluição luminosa para a saúde humana.

OBJETIVO: Apontar os males causados pela poluição luminosa para a saúde humana.

SUGESTÃO DE ROTEIRO:

- Apresentação inicial e retomada do encontro anterior (5 min.)
- Explanação geral sobre os efeitos negativos da poluição luminosa para a saúde humana, especificamente os males da luz azul. (10 min.)
- Apresentação da história em quadrinhos "Ilumina teu relógio – De que forma o teu corpo sabe as horas" que trata sobre o ritmo circadiano. Acesse [AQUI](#). (10 min.).
- Discussão sobre a história em quadrinhos (5 min.).
- Apresentação e reflexão sobre a animação "Higiene do sono". Disponível [AQUI](#). (15 min.).
- Orientações sobre o próximo encontro (5 min.): Sugerir que os estudantes adotem uma rotina de higiene do sono, anotando o que fizeram e que efeitos perceberam ao longo de pelo menos 7 dias.
- Encerramento (1 min.).

5º ENCONTRO

TEMA: Pensando a segurança nas cidades/no campo.

OBJETIVO: Demonstrar que mais iluminação não implica em mais segurança.

SUGESTÃO DE ROTEIRO:

- Apresentação inicial e retomada do encontro anterior (5 min.)
- Experimento "Acendendo as estrelas" (20 min.): demonstração dos efeitos dos mais diversos tipos de luminárias e suas temperaturas de cor para a observação das estrelas e para a segurança nas cidades. Sugestões que podem servir de modelo estão disponíveis [AQUI](#) e [AQUI](#).
- Incentivar os estudantes a pensarem soluções viáveis que minimizem a poluição luminosa na escola, em suas casas ou mesmo em suas comunidades/ruas. (20 min.).
- Orientações sobre o próximo encontro (5 min.): Pedir aos estudantes que cataloguem quantas e de quais tipos são as fontes de iluminação artificial em suas residências.
- Encerramento (1 min.).



Créditos das Imagens: Reprodução/Youtube



Créditos das Imagens: Pixabay

6º ENCONTRO

TEMA: Calculando o seu desperdício de energia elétrica.

OBJETIVO: Demonstrar os benefícios da utilização de iluminação adequada para a economia de energia elétrica.

SUGESTÃO DE ROTEIRO:

- Apresentação inicial e retomada do encontro anterior (5 min.)
- Através da atividade do encontro anterior ajudar os alunos a calcularem o gasto aproximado que é gerado pela iluminação artificial que utilizam em suas residências. (30 min.).
- Comparar a diferença para a economia de energia quando se utiliza iluminação artificial adequada e inadequada. (10 min.).
- Orientações sobre o próximo encontro (5 min.): Sugerir que os estudantes apresentem os seus resultados em casa, aos familiares, com o objetivo de conscientizá-los sobre a questão da poluição luminosa e seus impactos.
- Encerramento (1 min.).

7º ENCONTRO

TEMA: O quão escuro é o seu céu?

OBJETIVO: Apresentar algumas formas de medição da poluição luminosa e ensinar a participar de campanha de ciência cidadã.

SUGESTÃO DE ROTEIRO:

- Apresentação inicial e retomada do encontro anterior (5 min.)
- Explicação sobre a medição da poluição luminosa usando a Escala de *Bortle* e o *Light Pollution Map* (20 min.).
- Apresentação do Programa de Ciência Cidadã *Globe at Night*, dos aplicativos *Dark Sky Meter*, *Loss of the Night* e *Stellarium*. (20 min.). É possível escolher outro programa de ciência cidadã para aplicar com os estudantes, como o *Cities @ Night*. Pode ser qualquer outro aplicativo que simule o céu estrelado.
- Orientações sobre o próximo encontro (5 min.): Pedir aos alunos que realizem observações do *Globe at Night* e enviem seus reportes. No encontro seguinte pode ser discutido o quão é escuro é o céu de cada um em comparação aos dos colegas.
- Encerramento (1 min.)

The screenshot shows the 'Globe at Night' data entry interface. It features a multi-step form with the following sections:

- 1 Quando fez as suas observações?**: Includes fields for 'Data de observação (precisada)' (2022/03/27) and 'Hora de observação (Tempo em 24 horas)' (12:25). A link 'Mudar para o versão nativa' is present.
- 2 Onde fez as suas observações?**: Includes a 'Mapa' section with a Google Map of the world, a 'Mapa' section with 'Mapa', 'Satélite', and 'Red' options, and a 'Local correto' section with fields for 'Latitude', 'Longitude', 'Altitude: metros', and 'País' (with a dropdown menu).
- 3 Como estava o céu escuro nessa noite?**: Features a star chart for the constellation 'Boötes' with stars like 'Vega', 'Arcturus', 'Johdici 89', and 'Deneb 105'. Below the chart are five icons representing different sky conditions, with the first one selected. A filter ' $< 3.50 \text{ mag}$ ' is shown.
- 4 Como estavam as condições de observação do céu nessa noite?**: Includes four icons for sky conditions: 'Limp', '1/3 do céu', '1/2 do céu', and 'Mais do que 1/2 do céu'. Below is a text area for 'Faça comentários sobre o céu' with a placeholder '(Ex., Nebulosa - direção? Névoa - tipo, direção? Brilho do céu - direção?)'.
- 5 Utilizou um medidor da qualidade do céu (SQM)?**: Includes a 'Valor da leitura' field and a 'Número de série' field.
- 6 Está pronto para nos enviar os seus dados?**: A 'SUBMETER DADOS' button is at the bottom.

Créditos das Imagens: Reprodução/Site *Globe at Night*

8º ENCONTRO

Planejamento de Mostra Didática

OBJETIVO: Dividir a turma em grupos de acordo com as cinco temáticas estudadas nos encontros anteriores, com o objetivo de produzir coletivamente, nos encontros posteriores, materiais educativos para a realização de uma mostra didática aberta à comunidade sobre a temática da poluição luminosa.

SUGESTÃO DE SUBTEMAS:

- G1 – Poluição luminosa e ecossistemas
- G2 – Poluição luminosa e saúde humana
- G3 – Poluição Luminosa e desperdício de energia
- G4 – Poluição luminosa e segurança
- G5 – Poluição luminosa e astronomia

SUGESTÕES DE MATERIAIS DIDÁTICOS:

Cartazes, posters, panfletos, experimentos, maquetes, jogos, atividades, apresentações artísticas, entre outros.

9º/10º ENCONTROS

Produção Coletiva de Mostra Didática

CULMINÂNCIA

Realização de Mostra Didática

SUGESTÃO DE RECURSOS

1º Encontro

Site da *International Dark-Sky Association (IDA)*. Link: <https://www.darksky.org/light-pollution/>

Apostila do Laboratório Nacional de Astrofísica (MCTI/LNA). Link: http://www.lna.br/lp/apostila_pl.pdf

Apostila da *International Astronomical Union (IAU)*. Link: https://www.iau.org/static/archives/images/pdf/light-pollution-brochure_pt.pdf

Matéria no site e-Cycle. Link: <https://www.ecycle.com.br/poluicao-luminosa/>

Vídeo "Poluição Luminosa: porque se preocupar" do Canal Meteoro Brasil. Link: <https://www.youtube.com/watch?v=pClSqppR9gU>

Documentário "*Losing the Dark*". Link: https://www.lochnessproductions.com/shows/ida/ltid_flatscreen.html

2º Encontro

Site da *International Dark-Sky Association (IDA)*. Link: <https://www.darksky.org/light-pollution/night-sky-heritage/>

Documentário "*Borrowed Light*". Link: <https://www.youtube.com/watch?v=YLXKxJccZx0>
Exposição Thierry Cohen. Link: <https://www.danzigergallery.com/artists/thierry-cohen/2?view=slider#5>

3º Encontro

Site da *International Dark-Sky Association (IDA)*. Link: <https://www.darksky.org/light-pollution/wildlife/>

Apostila "As Tartarugas Marinhas e a Iluminação" da Fundação Projeto TAMAR. Link: http://tamar.org.br/arquivos/fotopoluicao_web.pdf

Artigo "Luz e meio ambiente" da Silvia Carneiro (Lume Arquitetura). Link: https://issuu.com/revistalumearquitectura/docs/ed_96_lume_arquitetura/54?e=1122756/67558968

Matérias no site e-Cycle. Link: <https://www.ecycle.com.br/poluicao-luminosa-faz-com-que-enxames-de-mariposas-gigantes-causem-transtornos-no-malasia/>
<https://www.ecycle.com.br/poluicao-luminosa-afeta-ciclos-naturais-dos-animais-dizem-pesquisadores/>

4º Encontro

Site da *International Dark-Sky Association (IDA)*. Link: <https://www.darksky.org/light-pollution/human-health/>

Matérias no site e-Cycle. Links:

<https://www.ecycle.com.br/luz-azul/>

<https://www.ecycle.com.br/eletricidade-tem-impacto-negativo-na-duracao-do-sono-segundo-estudo/>

<https://www.ecycle.com.br/ritmo-circadiano/>

História em quadrinhos “Ilumina teu relógio – De que forma o teu corpo sabe as horas”. Link:

<https://osf.io/nx3ub/?show=view>

Artigo “Luz, sono e saúde: Os benefícios da iluminação e sua interferência no ciclo biológico” da Silvia Carneiro (Lume Arquitetura). Link:

https://lumearquitetura.com.br//pdf/ed50/ed_50%20At%20-%20Luz.%20sono%20e%20sa%C3%BAde.pdf

5º Encontro

Site da *International Dark-Sky Association (IDA)*. Link:

<https://www.darksky.org/light-pollution/lighting-crime-and-safety/>

Artigo “Combate à poluição luminosa, uma experiência em Nova Friburgo” de José Carlos Diniz do Grupo de astrofotografia do Planetário do RJ, CARJ, REA, CANF. Link:

http://www.astrosurf.com/diniz/combate_a_poluicao_luminosa.html

6º Encontro

Site da *International Dark-Sky Association (IDA)*. Link:

<https://www.darksky.org/light-pollution/energy-waste/>

7º Encontro

Site da *International Dark-Sky Association (IDA)*. Link:

<https://www.darksky.org/light-pollution/measuring-light-pollution/>

Site da Campanha do *Globe at Night*. Link:

<https://www.globeatnight.org/>

Mapa de Poluição Luminosa. Link:

<https://www.lightpollutionmap.info/>

Artigo “Ciência Cidadã Para Localizar Fontes De Poluição Luminosa”. Link:

<https://zenodo.org/record/5899617#.YpDPq2iZPcf>

LINKS GERAIS:

Recursos do site da Rede Céus Estrelados do Brasil (CEB). Link:

<http://ceusestreladosdobrasil.org/recursos/>

Vídeo “Poluição Luminosa no Mundo” do Canal do Youtube Repórter Eco. Link:

<https://www.youtube.com/watch?v=22JjFeRXGak>

Vídeo “Poluição luminosa | O que é poluição luminosa? | Poluição luminosa e seus efeitos” do Canal “Ervilha de Mendel”. Link:

<https://www.youtube.com/watch?v=opbswK4dOA>

Canal no Youtube *da International Dark-Sky Association (IDA)*. Link:

<https://www.youtube.com/user/IntDarkSkyAssoc>

Base de dados de artigos científicos sobre a luz artificial à noite (Artificial Light At Night, ALAN) mantida pela International Dark Sky Association (IDA). Link:

https://www.zotero.org/groups/2913367/alan_db

Artigo "The new world atlas of artificial night sky brightness".

Link:

<https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.1600377>

Créditos da Imagem de Capa: Pixabay