



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB
IG/ IB/ IQ/ FACE-ECO/ CDS
CURSO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS

Bárbara Lima Gomes

**POLUIÇÃO LUMINOSA E A BIODIVERSIDADE: ANÁLISE DA ÁREA DO CENTRO
DE EXCELÊNCIA EM TURISMO E CENTRO DE DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL NO CAMPUS UNIVERSITÁRIO DARCY RIBEIRO**

BRASÍLIA
2022

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
CIÊNCIAS AMBIENTAIS

Bárbara Lima Gomes

**POLUIÇÃO LUMINOSA E A BIODIVERSIDADE: ANÁLISE DA ÁREA DO CENTRO
DE EXCELÊNCIA EM TURISMO E CENTRO DE DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL NO CAMPUS UNIVERSITÁRIO DARCY RIBEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Ciências Ambientais como requisito
parcial para receber o título de bacharel em
Ciências Ambientais.

Orientador: Prof^o Dr. Pedro Henrique Zuchi da
Conceição

BRASÍLIA
2022

Gp

GOMES, BÁRBARA LIMA

POLUIÇÃO LUMINOSA E A BIODIVERSIDADE: ANÁLISE DA ÁREA DO CENTRO DE EXCELÊNCIA EM TURISMO E CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NO CAMPUS UNIVERSITÁRIO DARCY RIBEIRO / BÁRBARA LIMA GOMES; orientador Pedro Henrique Zuchi da Conceição. - Brasília, 2022.

51 p.

Monografia (Graduação - Ciências Ambientais) --
Universidade de Brasília, 2022.

1. Poluição Luminosa. 2. Campus Darcy Ribeiro. 3. Biodiversidade. I. da Conceição, Pedro Henrique Zuchi , orient. II. Título.

Bárbara Lima Gomes

Poluição Luminosa e a Biodiversidade: Análise da área do Centro de Excelência em Turismo e o Centro de Desenvolvimento Sustentável no Campus Darcy Ribeiro.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciências Ambientais como requisito parcial para receber o título de bacharel em Ciências Ambientais.

Brasília- DF, 4 de maio de 2022

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Profº. Dr. Pedro Henrique Zuchi da Conceição

Examinador: Profª. Dra. Cristiane Gomes Barreto

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho ao meu avó José Gomes da Costa (*in memoriam*), que sempre me incentivou a estudar por um futuro melhor

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus e aos meus guias espirituais que estão comigo, principalmente nos meus dias mais difíceis.

Agradeço os meus pais, Elizabeth e Adalberto, que me deram o dom da vida e sempre acreditaram em mim. Agradeço principalmente a minha mãe me ensina diariamente que desistir não está no vocabulário de mulheres fortes.

Sou sempre grata a minha irmã, Lorena, que me apoia em tudo, se cheguei até aqui, pode ter certeza de que ela está ao meu lado segurando minha mão.

Agradeço ao amor da minha vida, a minha avó Augusta, que cuidou de mim quando criança e até hoje se preocupa com todos os meus passos e vibra com as minhas vitórias.

Agradeço ao Júlio César por todo companheirismo e dedicação, por todo apoio e suporte durante essa longa e louca jornada da graduação.

Sou grata a todos os colegas e amigos que fiz ao longo da minha jornada na Universidade de Brasília, todos que cruzaram o meu caminho nessa jornada acrescentaram algo na minha formação e no meu crescimento pessoal.

O meu agradecimento especial vai para o Antonio, o meu melhor amigo, que me ajudou com críticas e sugestões no presente trabalho.

Sou grata infinitamente ao Professor Pedro Zuchi que me estendeu a mão e me ensinou como elaborar um bom trabalho acadêmico. Gratidão por todo o crescimento e aprendizado acrescentado na minha vida.

Por fim, agradeço a toda comunidade acadêmica da Universidade de Brasília, principalmente a Elaine, a secretária do curso de ciências ambientais, por sempre ser tão solicitada.

Sou grata por cada aula que eu tive ao longo dessa jornada, agradeço ao Universo por me permitir ter acesso a todo aprendizado adquirido até aqui.

“A maioria de nós anda pelo mundo sem olhar para ele, sem se dar conta de suas belezas, de suas maravilhas, e da estranha e às vezes terrível intensidade da vida que nos cerca.”

Rachel Carson

RESUMO

O trabalho em tela buscou discutir a questão da Poluição Luminosa a luz das Ciências Ambientais, pensando nos danos que a luminosidade possa causar, o presente trabalho, visa analisar a poluição luminosa e os possíveis impactos sobre a biodiversidade local, referente a iluminação constante na área dos estacionamentos do Centro de Excelência em Turismo – CET e o Centro de Desenvolvimento Sustentável – CDS e o Prédio da Fiocruz na Universidade de Brasília. A área do estudo também contempla um trecho dos corredores de segurança, no qual requer iluminação adequada devido alto fluxo de pedestres.

A problemática do trabalho foi direcionada aos danos provenientes da iluminação artificial à biodiversidade. Apesar desta iluminação trazer segurança para as pessoas que circulam à noite, também tem levado à insegurança e instabilidade para outros seres que são tão importantes para a sobrevivência na Terra.

Abordagem que norteará este estudo, e o embasamento será por revisões bibliográficas e levantamentos empíricos dos dados da luminosidade existente na área, delimitada para o estudo.

PALAVRAS-CHAVE: Poluição luminosa, Campus Darcy Ribeiro, Biodiversidade.

ABSTRACT

The work on screen sought to discuss the issue of Light Pollution in the light of Environmental Sciences, thinking about the damage that light can cause, the present work aims to analyze light pollution and the possible impacts on local biodiversity, referring to constant lighting in the area of the parking lots of the Center of Excellence in Tourism – CET and the Center for Sustainable Development – CDS and the Fiocruz Building at the University of Brasília.

The study area also includes a section of safety corridors, which requires adequate lighting due to the high flow of pedestrians. The problem of the work was directed to the damages from artificial lighting to biodiversity. While this lighting brings security to people who walk around at night, it has also led to insecurity and instability for other beings that are so important to survival on Earth.

Approach that will guide this study, and the basis will be bibliographic reviews and empirical surveys of data on the existing luminosity in the area, delimited for the study.

KEYWORDS: Light pollution, Campus Darcy Ribeiro, biodiversity

SUMÁRIO

RESUMO.....	8
-------------	---

ABSTRACT	9
Lista de Figuras.....	11
INTRODUÇÃO	12
Conceitos de iluminação	16
Iluminância	16
Poluição Luminosa	18
Biodiversidade.....	21
Ciclo circadiano	24
Legislação sobre poluição luminosa.....	25
OBJETIVOS	27
Objetivo Geral	27
Objetivos Específicos	27
ÁREA DO ESTUDO	27
MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
Materiais Utilizados	29
<i>Luxímetro</i>	29
<i>Aplicativo Map Marker</i> ©.....	30
<i>ArcMap</i>	30
<i>Simulação do lux</i>	30
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
Classificação e marcação dos postes da área de estudo	33
CONCLUSÃO.....	48

Lista de Figuras

Figura 1- Poste em formato de pétala com a luz direciona ao chão. _____	15
Figura 2- Panorama da iluminação artificial no mundo. Os pontos com maior incidência de iluminação correspondem aos grandes centros urbanos. Data da imagem: 31 de dezembro 2016. _____	19
Figura 3- O brilho alaranjado que fica sobre as cidades devido à poluição luminosa. _	20
Figura 4 - Esquema mostrando a transgressão de luz. _____	20
Figura 5-. Ilustração do Ciclo circadiano. _____	25
Figura 6- Área escolhida para a amostra do levantamento de dados é o polígono em amarelo que delimita a área do Centro de Desenvolvimento Sustentável – CDS; Centro de Excelência em Turismo - CET; Pavilhão Multiuso e o Prédio da Fiocruz. _____	28
Figura 7- Luxímetro: Equipamento utilizado para medições da luz artificial. _____	29
Figura 8- Gambás encontrados no Campus Universitário Darcy Ribeiro _____	31
Figura 9- Ilustração do método de cálculo de compatibilidade com a arborização com o ângulo de máxima incidência de luz para o sentido longitudinal. _____	33
Figura 10- Ilustração do método de cálculo de compatibilidade com a arborização com (ângulo de máxima incidência de luz para o sentido transversal _____	33
Figura 11 - Mapa da área trabalhada com a marcação dos postes de iluminação e os tipos de poste encontrados. _____	34
Figura 12- Marcação dos postes próximo ao prédio do Centro de Desenvolvimento Sustentável (CDS) e do Pavilhão Multiuso. _____	36
Figura 13- Marcação dos postes próximos ao prédio Centro de Excelência em Turismo (CET). _____	36
Figura 14- Marcação dos postes próximos ao prédio da Fiocruz. _____	37
Figura 15- - Exemplo de como é feita a de medição da iluminação em ambientes exteriores. _____	38
Figura 16- A figura mostra o modelo do retângulo confeccionado. _____	39
Figura 17- O corredor de número 4 é o primeiro da esquerda para direita. Ele engloba o Instituto de Biologia (IB), Beijódromo, Blocos de Salas de Aula Sul (BSA Sul), final do ICC Sul, Faculdade de Medicina e Ciências da Saúde, Multiuso, CET, CDS, Fiocruz e Hospital Universitário. _____	40

Figura 18 - Resultado da malha de luxes do Centro de Excelência em Turismo - Estacionamento _____	41
Figura 19- Resultado da área do estacionamento do CET após a interpolação dos dados. _____	41
Figura 20 - Resultado da malha de luxes da calçada próxima ao Centro de Excelência em Turismo. _____	42
Figura 21- Resultado da interpolação dos dados da calçada próxima ao Centro de Excelência em Turismo. _____	43
Figura 22- Resultado da malha de luxes do estacionamento provisório na entrada principal do CDS. Observação: Postes situados nos quadrantes dentro da tabela. Poste 1 está situado entre a numeração da esquerda para a direita: 56, 82; Poste 2 está situado no quadrante com a numeração 47, 18, respectivamente na ordenação. _____	43
Figura 23- Resultado simulação da malha de luxes do estacionamento provisório na entrada principal do CDS. _____	44
Figura 24- Resultado da malha de calçada no Centro de Desenvolvimento Sustentável direcionando à entrada principal. _____	45
Figura 25 - Resultado simulação da malha de luxes da calçada próxima ao CDS. ____	46
Figura 26 - Incidência luminosa sobre a vegetação no estacionamento do CET. ____	47

INTRODUÇÃO

A vida na Terra evoluiu por mais de 3,5 bilhões de anos com períodos de luz alternando entre o claro e escuro. Os seres vivos evoluíram com a Terra e seus relógios

biológicos se adaptaram para acompanhar essa alternância entre o dia e a noite (o período claro e o período escuro) (BARGHINI; MEDEIRO, 2006 apud PAIETA, 1982).

Os últimos raios solares era o indicativo de descanso e de recolhimento aos lares, visto que dentro de suas casas se sentiam seguros. Com a Revolução Industrial as cidades buscaram prolongar o dia, escapando assim do domínio da natureza sobre a luz. Com o advento da luz artificial os seres humanos passaram a dominar os dias e as noites (RONCAYOLO, 1999).

Antes da energia elétrica, o óleo de baleia era o combustível das luminárias nas cidades, por muitos anos esses animais foram caçados gerando um declínio na população de baleias (COMERLATO, 2010). Quando abatida uma baleia podia chegar a fornecer 50% do seu peso em óleo. No Brasil, o óleo de baleia foi muito usado nos engenhos de açúcar durante a noite na época da safra (TEIXEIRA, 1985 apud COMERLATO, 2010). O óleo de baleia perde importância econômica em 1859 com a descoberta do petróleo na Pensilvânia e com o advento da comercialização das lâmpadas elétricas em 1879 (COHAT, 1992 apud COMERLATO, 2010).

A iluminação artificial, tem se expandido para acompanhar o ritmo crescente de transformação das paisagens, que tem perdido os ares rurais e ganhado *status* de urbanos. As espécies de animais e vegetais que sobrevivem a essas transformações tentam se adaptar a essa iluminação artificial que impacta diretamente nas interações tróficas da biodiversidade. Nos seres humanos a iluminação artificial pode causar insônia devida a constante exposição (SCHROER e HÖLKER, 2018).

A iluminação tem sido vista como um dos principais fatores de segurança pública, devido à necessidade de acompanhar o crescimento e desenvolvimento das cidades. Logo, a iluminação se faz presente e necessária no dia a dia das populações, sejam nos grandes centros ou em áreas de tráfegos de veículos e pedestres, e tem sido utilizada como principal estratégia para prevenir a criminalidade, viabilizar atividades noturnas em áreas urbanas e periurbanas, trazendo conforto para a população (FERREIRA *et al*, 2009).

A população urbana em 2020 atingiu 4,4 bilhões de pessoas representando 56,2% da população total (ALVES, 2021). Assim questões que envolvem saúde, envelhecimento, migrações, urbanização, moradias, água, alimentos e energia

demandam muito dos recursos naturais, e estes necessitam de um tempo para que se recomponham. Logo, a manutenção do equilíbrio destes fatores é essencial para a manutenção de toda população que existe na terra, seja ela humana ou não (ONU, 2019).

Em artigo publicado pelo Institute of Biology, HÖLKER et al (2010), explica que embora as luzes artificiais tenham trazido melhoria de vida para a humanidade, seja ela no âmbito socioeconômico, na modernidade ou no quesito segurança, muito se perdeu. As paisagens antes vista, como por exemplo a via láctea, tem sido cada vez mais difícil de ser observada. A velocidade com que a luz artificial se instalou nos últimos 60 anos, é a razão da transformação de muitas paisagens.

Percebe-se então que com as expectativas de desenvolvimento crescente, tanto da economia como da populacional, a necessidade de iluminação será progressiva. (CINZANO *et al.*, 2001 apud BARGHINI; MEDEIRO, 2006). A ONU prevê uma mudança considerável no modo de vida das futuras populações.

O Manual do Programa Cidades Sustentáveis que foi publicado em 2012, apresenta uma Plataforma com uma extensa agenda voltada para a sustentabilidade. A cartilha conta com 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável¹ proposto pela ONU, e estes devem ser implementados até 2030. Entre as premissas constantes na agenda está a de assumir desafios e aceitar responsabilidades, o que requer um envolvimento de todas as nações e de suas populações. A agenda tem entre seus compromissos proteger e curar o nosso planeta, de forma que ele seja resiliente e sustentável, além da preocupação de que nenhum ser vivente neste planeta seja prejudicado (ONU BRASIL, 2019).

Os objetivos propostos, reforça que a integração e a indivisibilidade entre as áreas econômicas, sociais e ambientais, são essenciais para que haja um desenvolvimento sustentável. O objetivo 11 fala sobre as Cidades e Comunidades Sustentáveis e tem como meta geral tornar as cidades e assentamentos humanos resilientes e sustentáveis, buscando mitigar os impactos ambientais causados pelo

¹ Somente em 1987, em outra conferência que foi presidida por Gro Harlem Brundtland, foi lançado o Relatório Brundtland, onde surgiu o conceito de Desenvolvimento Sustentável, que é “aquele capaz de suprir as necessidades dos seres humanos da atualidade, sem comprometer a capacidade do planeta para atender as futuras gerações” (ONU, 2019).

adensamento urbano. O objetivo 15 tem como meta “proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combatendo a desertificação e detendo a perda de biodiversidade. Em seu subitem 15.5, percebe-se a urgência na implantação de medidas mitigadoras para redução da degradação dos habitats naturais e deter a perda de biodiversidade, evitando-se assim a extinção de espécies (ONU-BRASIL, 2019).

A instalação de iluminação pública deve partir da necessidade do local em receber essa iluminação, para uma instalação efetiva das luminárias é necessário fazer um desenho mostrando a abrangência dos raios luminosos, para que os postes não iluminem copas de árvores, ou que essa iluminação fique restrita a área da luminária e do poste, para então decidir quais tipos de luminária e postes serão instalados naquela área (SCHIMID *et al.*, 2005).

Uma maneira de mensurar essa poluição luminosa em locais que possuem áreas verdes com a presença de fauna e para que exista um equilíbrio entre a segurança dos transeuntes e a biodiversidade, as luminárias ideais são postes baixos de até 2,5 metros de altura com o fluxo luminoso direcionado ao chão (Figura 1), com iluminância de 10 a 5 lux, pois o fluxo luminoso desses postes abrange apenas a região de interesse, o que reduz os efeitos da luminosidade sobre a biodiversidade e o fluxo luminoso é direcionado para o local que precisa ser iluminado.

Figura 1- Poste em formato de pétala com a luz direciona ao chão.



Fonte: Google imagens

Conceitos de iluminação

- a) Fluxo luminoso: É a quantidade de luz ou lumens, produzida por uma lâmpada. A produção da luz que é espalhada por todos os lados é denominada Fluxo Luminoso. É o somatório de todos os feixes luminosos.
- b) Intensidade luminosa: É a luz direcionada e tem como unidade de medida básica a Candela. É o feixe de luz direcionada. A intensidade luminosa pode ser caracterizada pelo tipo de lâmpada e do tipo de refletor.
- c) Iluminância: A iluminância é determinada pelos LUX.
- d) Lux: É a quantidade de luz que atinge determinado ponto P, gerando a iluminância no ponto, determinando assim o valor o LUX.

Iluminância

A luz, sendo ela artificial ou natural, influencia no comportamento das espécies. A luz natural da lua em uma noite de lua cheia e céu aberto tem iluminância entre 0,1 e 0,3 lux, e em noites nubladas essa iluminância pode variar de 0,00003 e 0,0001 lux. A iluminância é medida em lux e é o resultado da divisão de quantidade de luz emitida por uma fonte em lúmens, pelo tamanho da área em metros quadrados (RIBEIRO, 2021).

Luzes direcionadas para o chão, como as de postes de luz, tendem a ter uma iluminância entre 10 e 20 lux quando medida exatamente abaixo da fonte. Na medida em que nos distanciamos (~20 metros) esse valor cai para menos de 1 lux. Em contrapartida, os faróis de carros atingem distâncias muito maiores, pois são direcionados horizontalmente, e podem chegar há mais de 100 metros com valores acima de 1 lux. Comparando essas iluminâncias com a da noite mais iluminada possível (aproximadamente 0,3 lux), podemos o impacto gerado na fauna e na flora local (RIBEIRO, 2021).

A iluminação mal posicionada afeta diretamente a orientação dos animais, como aves e insetos e o excesso de luz afeta diretamente o ser humano no seu ciclo

circadiano. Buscando mitigar os efeitos da poluição luminosa a Associação Brasileira de Normas Técnicas estabeleceu a NRB 5101 que estabelecem diretrizes para a iluminação de áreas públicas externas (ABNT, 2018).

A NBR 5101 busca estabelecer a segurança no tráfego entre veículos e pedestres. A norma possui diversas classificações das vias, pois cada via possui recebe a sua iluminação pública de acordo com a classificação pré-estabelecida (ABNT, 2018).

No presente trabalho as vias foram classificadas de acordo com as normas da NBR5101 ao redor da área que abrange a Fiocruz, Centro de Excelência em Turismo, Centro de Desenvolvimento Sustentável e o Pavilhão Multiuso por possuir vias de tráfego de veículos e ser uma área que possui muitas árvores e tráfego de pedestres no período noturno.

De acordo com a NBR 5101 a classificação do volume de tráfego de vias públicas é feita de duas formas, a primeira é o tráfego motorizado (Tabela 1) e a segunda é o tráfego de pedestres (Tabela 2).

Tabela 1. Classificação de tráfego motorizado

Classificação	Volume de tráfego noturno ^a de veículos por hora, em ambos os sentidos ^b , em pista única
Leve (L)	150 a 500
Médio (M)	501 a 1 200.
Intenso (I)	Acima de 1 200

^a Valor máximo das médias horárias obtidas nos períodos compreendidos entre 18 h e 21 h.

^b Valores para velocidades regulamentadas por lei.

NOTA Para vias com tráfego menor do que 150 veículos por hora, consideram-se as exigências mínimas do grupo leve (L) e, para vias com tráfego muito intenso, superior a 2 400 veículos por hora, consideram-se as exigências máximas do grupo de tráfego intenso (I).

Fonte: ABNT, 2018

Tabela 2. Classificação de pedestre ^a

Classificação	Pedestres cruzando vias com tráfego motorizado
Sem tráfego (S)	Como nas vias arteriais
Leve (L)	Como nas vias residenciais médias
Médio (M)	Como nas vias comerciais secundárias
Intenso (I)	Como nas vias comerciais principais

^a O projetista deve levar em conta esta tabela, para fins de elaboração do projeto.

Fonte: ABNT, 2018

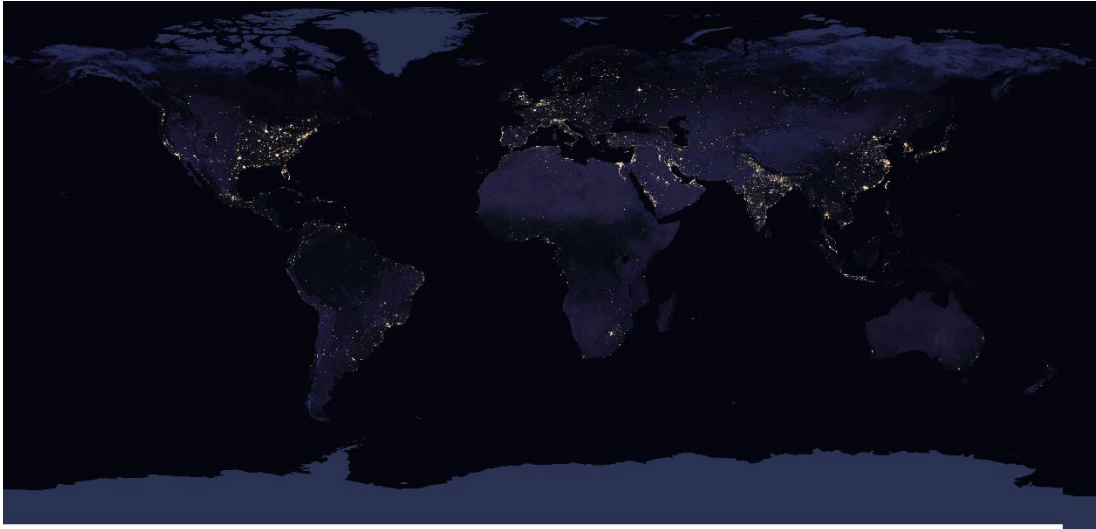
Poluição Luminosa

Dentro dos centros urbanos, a biodiversidade tem se adaptado às pequenas áreas verdes que restam, mas a falta de *habitat* não é o único problema que a biodiversidade enfrenta. Um elemento potencializador que atinge todos os seres nesses centros é a poluição luminosa. Todo excesso de luz produzido de maneira artificial é considerado poluição luminosa, muitas vezes não consideramos a luz uma fonte de poluição ao meio ambiente (HAGEN; BARGHINI, 2016)

Um estudo realizado por Freitas (2017) avaliou diferentes áreas de vegetação no Brasil exposto a iluminação artificial ao longo do tempo. O estudo mostra que a área costeira do Brasil, onde está localizada a Mata Atlântica, que é o bioma mais devastado, é o local com maior poluição luminosa, onde está a maior incidência de luz artificial, no Brasil, e onde se localizam as maiores metrópoles brasileiras. Em contrapartida, pode-se observar que a área com menos incidência de luz artificial está localizada na Amazônia.

A iluminação artificial se expande para acompanhar o ritmo crescente de dos grandes centros urbanos, imagens de satélite mostram um panorama da iluminação terrestre a nível global (Figura 2).

Figura 2- Panorama da iluminação artificial no mundo. Os pontos com maior incidência de iluminação correspondem aos grandes centros urbanos. Data da imagem: 31 de dezembro 2016.

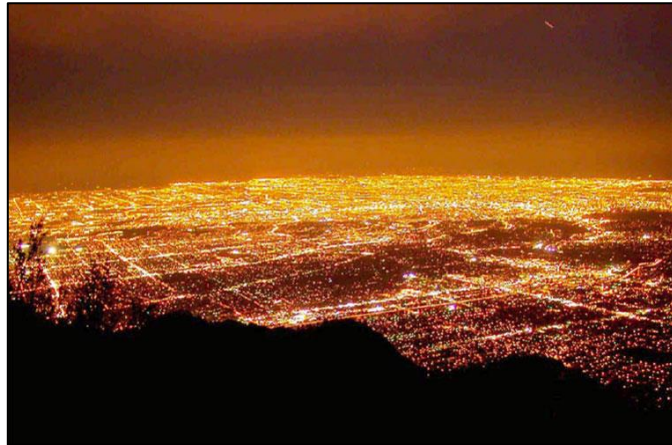


Fonte: <https://worldview.earthdata.nasa.gov/>.

Para Fernandes, Coelho e Caires (2010) existem três classificações para poluição luminosa:

- Brilho no céu (*Sky Glow*) é o brilho alaranjado que é avistado sobre as cidades. Esse tipo de poluição pode ser visto a vários quilômetros de distância da fonte (Figura 3). O brilho alaranjado é decorrente do uso de lâmpadas de vapor de sódio.

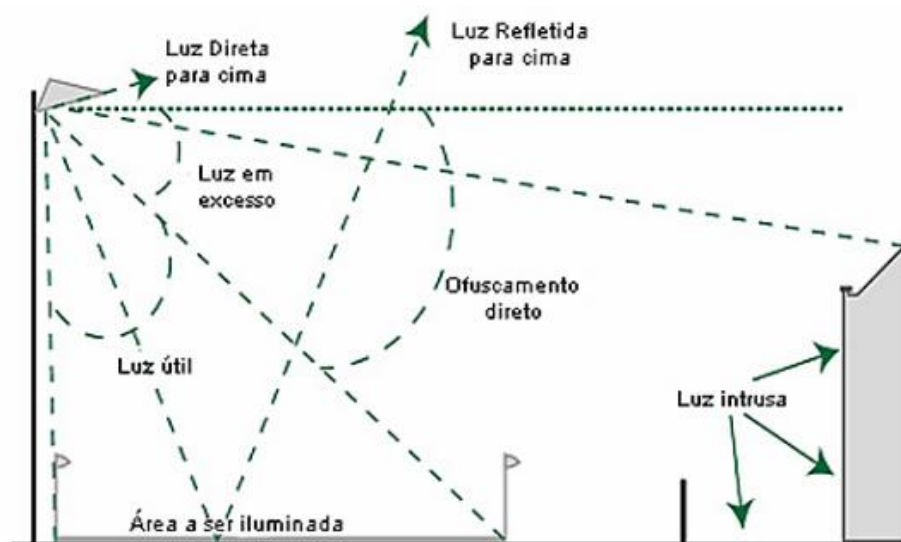
Figura 3- O brilho alaranjado que fica sobre as cidades devido à poluição luminosa.



Fonte: Watley, 2018. Disponível em: <<https://lightedmag.com/sky-glow-closing-the-gap-between-differing-views-part-i/>>

- Ofuscamento (*Glare*) é o que ocorre quando olhamos diretamente para uma fonte de luz. Essa luz ofusca momentaneamente a visão do motorista ou do pedestre, podendo causar acidentes nas vias de tráfego.
- Transgressão de luz (*Light Trespass*) ocorre quando a luminária dispersa a luz e acaba iluminando áreas onde ela não é necessária (Figura 4).

Figura 4 - Esquema mostrando a transgressão de luz.



Fonte: Gargaglione (2007), adaptado House of Commons (2003).

Por meio de estudos nacionais e internacionais foi elaborado normas técnicas para iluminação nas áreas externas, visando o conforto humano e que não fosse tão agressiva ao meio ambiente e ainda que fosse fonte com baixo consumo de energia. Alguns países que possuem normas de zoneamento mais rigorosos fixaram um valor máximo no nível de luminância (BARGHINI; MEDEIRO, 2006).

Bogard (2013) concluiu que 30% dos animais vertebrados e 60% dos invertebrados são ativos nos períodos noturnos. Ainda de acordo com o autor, a luminosidade advinda principalmente dos grandes centros urbanos tem causado grandes danos aos animais, como por exemplo, os processos de acasalamento, migração e polinização.

Biodiversidade

A iluminação artificial causa danos à biodiversidade, um exemplo nas grandes cidades e o desaparecimento dos vagalumes. O vagalume é uma espécie de besouro onde a fêmea usa bioluminescência atrair os machos, como as fêmeas não voam elas usam a luz para atrair os machos para o acasalamento. O excesso de iluminação nas cidades faz com que os vagalumes machos fiquem desorientados e eles acabam indo de encontro as fontes artificiais, fazendo com que muitos morram queimados não gerando descendentes (VIVIANI, 2001 *apud* CARNEIRO, 2018).

Segundo Harden e Barghini (2016) um bom bioindicador sobre a poluição luminosa são os vagalumes, pois essa espécie só aparece em locais onde a pouca ou nenhuma luz artificial. Outras espécies de insetos também são afetadas pela poluição luminosa, o excesso de luz faz com que alguns besouros e mariposas não consigam se orientar, tornando-se presas fáceis para aves e morcegos.

Os insetos se desenvolveram para trabalharem durante o dia, com as cidades cada vez mais iluminadas, os insetos têm seus ciclos circadianos alterando fazendo que eles mantenham as suas atividades durante a noite. O mosquito *Aedes aegypti* é um inseto de hábito diurno, mas com a iluminação artificial das cidades é possível encontrar esses insetos durante a noite (CARNEIRO, 2018).

Bernardes (2009) diz que a iluminação artificial tem atraído cada vez mais os insetos transmissores de doenças. O aumento da incidência de doenças como Dengue, Chikungunya e Leishmaniose é devido ao aumento da iluminação artificial em regiões periféricas, principalmente locais próximos a áreas rurais.

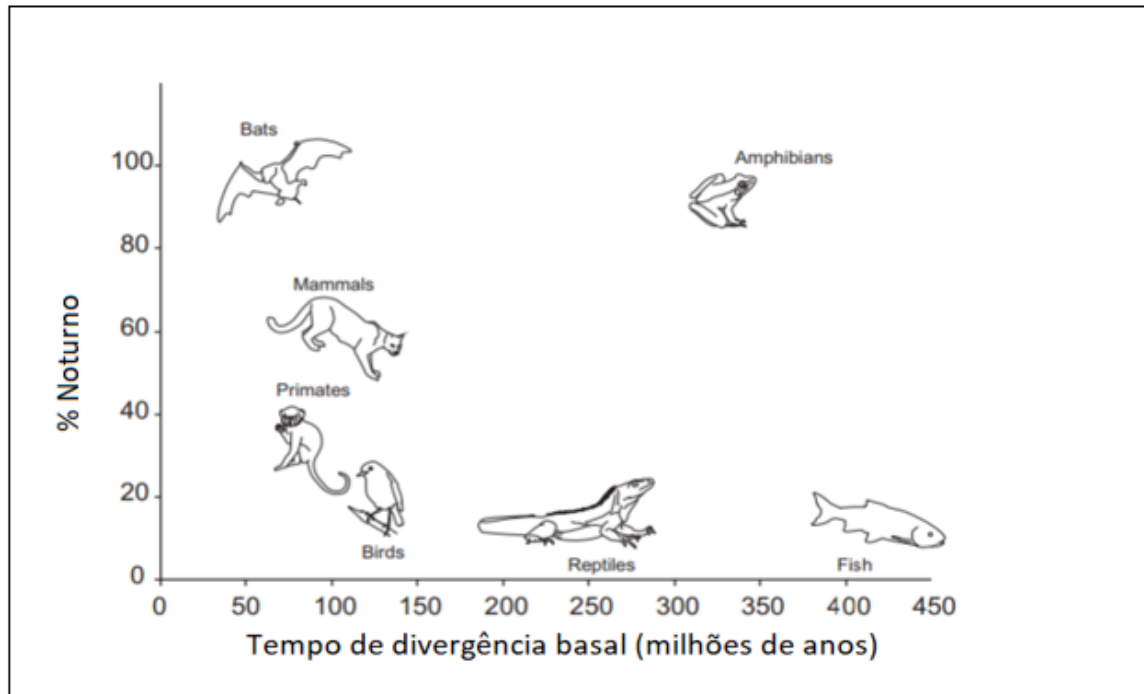
Uma pesquisa do Instituto de Biociência da Universidade de São Paulo – USP, aponta que a poluição artificial luminosa, causa uma desorientação no movimento dos insetos, e gera alterações no ciclo reprodutivo, podendo levar a espécie a extinção. Outro ponto a destacar são as consequências direta sobre a vegetação, visto que elas dependem de seus polinizadores (BERNARDES, 2009).

Os pássaros migratórios são os mais afetados pelas luzes artificiais (RICH; LANGCORE, 2004). As aves migratórias constantemente morrem em decorrência do excesso de luzes artificiais no caminho percorrido durante a migração (HEYERS, 2007 apud CARNEIRO, 2018). Poot *et al.* (2008) mostraram que as aves migratórias desviam seu percurso e acabam pousando nas plataformas de petróleo atraídas pelas luzes. Desde o final dos anos 90 cientistas, estudam as melhores fontes de iluminação artificial para tentar minimizar esses danos causados as aves migratórias, constatou-se que as fontes luminosas de cores verde e azul afetam menos as aves, mas em contrapartida à luz de cor azul afeta diretamente o ciclo circadiano dos seres humanos (CARNEIRO, 2018).

As espécies de animais e vegetais que sobrevivem a essas transformações tentam se adaptar, porém, nem todas conseguem devido à velocidade com que as mudanças ocorrem (HÖLKER *et al*, 2010).

Hölker *et al* (2010) apresenta um percentual de espécies que possuem hábitos noturnos em diferentes classes e ordens. O gráfico 1 mostra a radiação das espécies nos últimos 450 milhões de anos, e o quanto as espécies foram modificando os hábitos para uma maior sobrevivência. A exceção são os anfíbios, devido a permeabilidade de sua pele, visto que são suscetíveis aos raios solares, o que inviabiliza uma irradiação diurna. Logo, a iluminação artificial, os coloca em rota de declínio, deixando-os vulneráveis frente aos seus predadores.

Gráfico 1 - Adaptação das espécies à vida noturna



Fonte: HÖLKER *et al*, 2010

Logo a adaptação à vida noturna foi e é importante para a evolução das espécies. Enquanto as noites claras, têm afetado negativamente toda uma cadeia que são interdependentes. No entanto as iluminações públicas avançam em todas as direções com feixes luminosos cada vez mais poderosos, como por exemplo os *LEDs* e apesar de possuírem capacidade de imitar a iluminação natural tem gerado cada vez mais impactos, sobre a biodiversidade (HÖLKER *et al*, 2010).

Os primeiros cientistas a observar esse excesso de iluminação (Figura 3) no planeta foram os astrônomos, pois eles perceberam que o excesso de luz atrapalhava nas observações à noite, os obrigando a fugirem para áreas mais remotas em busca de escuridão (HÖLKER *et al*, 2010). Este grupo de cientistas emplacou um movimento para que as noites voltassem a ser escuras. Em 2009, a ONU, em comemoração ao Ano da Astronomia, despertou a atenção mundial para o fato que a poluição luminosa tem sido um estressor ambiental, o qual tem sido negligenciado (CINZANO *et al*, 2004; HÖLKER *et al*, 2010), resultando em uma atenção maior para que as luzes sejam apagadas, dado

que o excesso de luminosidade tem trazido prejuízos para os estudos de observação do espaço.

O movimento, que atraiu a atenção de diversos estudiosos, tem destacado cada vez mais os prejuízos que a luminosidade excessiva desencadeia nos humanos. Através de estudos nacionais e internacionais, foram elaboradas normas técnicas para iluminação nas áreas externas, visando o conforto humano e não tão agressivo ao meio ambiente, e ainda uma fonte com baixo consumo de energia. Alguns países que possuem normas de zoneamento mais rigorosos fixaram um valor máximo no nível de luminância (BARGHINI e MEDEIRO, 2006).

Ciclo circadiano

Segundo Oliveira e Gomes (2016) a poluição luminosa afeta fauna, flora e os seres humanos, o excesso de luz traz consequências para todos que convivem com ela. Um dos efeitos causados por essa poluição é a alteração dos ciclos circadianos (Figura 5), que afeta o crescimento e desenvolvimento dos seres vivos, colaborando para o aparecimento de doenças. A mesma visão é corroborada por Barghini (2009) onde, em um de seus livros, destaca os problemas de saúde que os humanos podem vir a desenvolver através de contato com insetos transmissores de doenças atraídos pela iluminação artificial.

Figura 5-. Ilustração do Ciclo circadiano.



Fonte: <http://www.petquimica.ufc.br/o-ritmo-circadiano-o-conhecimento-que-pode-salvar-vidas> (2018).

A origem do termo Ciclos Circadianos vem do latim *circa diem*, que significa, cerca de um dia, pois esse é o período de duração do ciclo. O ciclo circadiano, que pode ser definido como o relógio biológico dos seres vivos, é alterado devido a faixa de luz azul que é absorvida pelo organismo. As células fotorreceptoras e ganglionares estão ligadas diretamente aos ciclos circadianos, estas células evoluíram e se adaptaram de acordo com os ciclos ambientais (CARNEIRO, 2018). A iluminação artificial impacta diretamente os processos reguladores e a atividade hormonal nos ciclos de todos os seres vivo (LONGCORE, 2005 apud CARNEIRO, 2018).

A luz natural é fundamental para que tais processos ocorram, pois é através dela que todos os seres vivos se organizam tanto espacial como temporal. Assim, alterar a iluminação natural dos ambientes é extremamente prejudicial aos seres vivos que tem como consequência alterações em seus ciclos, gerando sérias consequências (SCHROER e HÖLKER, 2018).

Legislação sobre poluição luminosa

Os primeiros cientistas a observar esse excesso de iluminação no planeta foram os astrônomos, pois eles perceberam que o excesso de luz atrapalhava nas observações à noite. Através de estudos nacionais e internacionais foram elaboradas

normas técnicas para iluminação nas áreas externas, visando o conforto humano e que não fosse tão agressiva ao meio ambiente e ainda que fosse fonte com baixo consumo de energia. Alguns países que possuem normas de zoneamento mais rigorosas fixaram um valor máximo no nível de luminância (BARGHINI e MEDEIROS, 2006)

Segundo Schimid *et al.* (2005) e a NBR 5101, a iluminação eficiente é aquela em que o poste ou a iluminação jogue o feixe de luz diretamente para o chão e esse tenha luminância suficiente para não prejudicar a visão dos transeuntes. Por meio dessa norma é possível encontrar caminhos sustentáveis para a iluminação de forma a conciliar o bem estar da fauna e da sociedade, proporcionando segurança e uma melhor qualidade de vida (FERREIRA *et al.*, 2009).

A Lei 6.938 publicada em agosto de 1981, que regulamenta a política Nacional do Meio Ambiente, traz em seus artigos normas de proteção ao meio ambiente. No artigo 2º o texto deixa claro que o objetivo da Lei é a preservar, e recuperar a qualidade de vida ambiental, propícia à vida. E vai além, no artigo 3º a lei chama a atenção para a poluição ambiental, que é conceituada como uma degradação da qualidade do ambiente. A poluição pode causar diversos malefícios tanto para a humanidade, quanto para os outros seres existentes na terra (LEI 6938,1981).

A poluição pode ser advinda de vários segmentos, e dependendo do grau de conhecimento da sociedade, criam-se mecanismos de combate visto que ela é altamente prejudicial. A poluição luminosa, ainda é pouco conhecida (OLIVEIRA e GOMES, 2014). É necessário que haja um maior engajamento entre os cientistas e as mídias, de forma a divulgar para a sociedade este velho e silencioso mal que tem atingido cada vez mais a vida planetária. E a Lei, traz as punições para as áreas degradadas pela poluição, porém o que precisa são medidas públicas mitigadoras voltadas para os impactos que a poluição luminosa possa causar aos humanos, à flora e a fauna (MMA,2019).

OBJETIVOS

Objetivo Geral

O objetivo do presente estudo é apresentar um levantamento bibliográfico sobre a poluição luminosa e os impactos sobre a biodiversidade e apresentar um levantamento qualitativo e quantitativo da iluminação de uma amostra da Gleba A no campus Darcy Ribeiro.

Objetivos Específicos

- a) Efetuar o levantamento sobre os impactos a fauna noturna presente na região do *Campus Darcy Ribeiro* a partir de dados secundários;
- b) Apresentar o levantamento quantitativo e qualitativo da iluminação na área do Centro de Desenvolvimento Sustentável – CDS; Pavilhão Multiuso e ao redor do Prédio da Fiocruz.

ÁREA DO ESTUDO

O presente trabalho² contempla um estudo realizado na disciplina Trabalho Interdisciplinar Integrado II do Curso de Ciência Ambientais da Universidade de Brasília no ano de 2019 no campus Darcy Ribeiro, cujo Bioma é o Cerrado. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente, o bioma configura-se como o segundo maior da América do Sul, e tem sido considerado o mais rico em diversidade biológica do mundo (MMA,2019). O Campus Universitário Darcy Ribeiro, abrange uma área de aproximadamente 400 hectares e mais de 500 mil m² construídos, e atualmente 50 mil alunos circulam diuturnamente entre os diversos edifícios que a compõe (UnB,2019). Devido a esse contingente, a iluminação tem sido um fator essencial para a segurança das pessoas que circulam à noite. Porém, é importante salientar que o campus está

² - Os dados quantitativos e qualitativos foram coletados no ano de 2019 pelas graduandas em Ciências Ambientais da Universidade de Brasília Bárbara Lima Gomes, Ilza Fujiyama e Mariana Cavalcante. Os dados foram utilizados no trabalho final da disciplina obrigatória Trabalho Interdisciplinar Integrado II.

localizado em uma área rica em vegetação e animais, sejam eles vertebrados ou invertebrados, e que possui uma abundância de espécies endêmicas (RIBEIRO; WALTER, 1998). A área escolhida para o levantamento de dados está inserida dentro da área interna da Quadra Central 01, da Gleba A da Universidade de Brasília, o Centro de Desenvolvimento Sustentável – CDS; Centro de Excelência em Turismo, o Pavilhão Multiuso e o Prédio da Fiocruz estão presentes nessa área (Figura 6).

Figura 6- Área escolhida para a amostra do levantamento de dados é o polígono em amarelo que delimita a área do Centro de Desenvolvimento Sustentável – CDS; Centro de Excelência em Turismos - CET; Pavilhão Multiuso e o Prédio da Fiocruz.



Fonte: Google Earth, com marcação do autor, 2022.

MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais Utilizados

Luxímetro

O luxímetro (Figura 7) é uma tecnologia que foi desenvolvida para medir a intensidade da iluminação presente em vários ambientes. Com o luxímetro é possível identificar a necessidade da quantidade de luz necessária para cada ambiente e ou espaços, visto que o olho humano não possibilita a exatidão dessa iluminação devido às variações dos diferentes tipos de onda que compõe o feixe luminoso.

Figura 7- Luxímetro: Equipamento utilizado para medições da luz artificial.



Fonte: Imagem do autor

A intensidade luminosa é medida por LUX (lx), e essa grandeza é que indica o fluxo luminoso da fonte até a superfície. Este trabalho utilizou o equipamento citado acima para a coleta dos dados que foram a base das informações necessárias sobre os LUX irradiados, assim foi possível medir a quantidade de luz na área de estudo de forma a identificar se há intensidade luminosa ou não.

A coleta de dados foi feita no primeiro semestre de 2019, não foi verificado qual período da Lua estávamos, esse levantamento seria importante para uma melhor análise do impacto da poluição luminosa.

Aplicativo Map Marker©

É um aplicativo desenvolvido para *smartphone* que permite o usuário adicionar marcadores aos locais onde ele está. Esse aplicativo usa fontes como o Google Maps para encontrar a localidade do usuário. O aplicativo funciona mesmo se o usuário estiver *off-line*.

ArcMap

É a ferramenta de interpolação de dados presente no software ArcGis (programa de sistema de informação geográficas), ele utiliza os valores estabelecidos no *shapefile* de pontos criado, baseado na distância das normas de medida do cálculo, onde foi computado os coeficientes de lux medidos pelo luxímetro e transcritos no documento. A partir dessa ferramenta de Análise Espacial, os pontos computados são analisados numa escala a partir do menor ao maior valor do coeficiente, sendo transcritos para uma simulação dos dados gráficos, gerando a visualização do índice dentro das áreas propostas.

Simulação do lux

A simulação tem como intuito a comparação entre o modelo de iluminação público atual das áreas específicas, a comparação foi feita entre o CET que possui sua área de estacionamento e calçadas definidos e a área do CDS que ainda não possui a área de estacionamento definido, no CDS a marcação do lux foi feita no estacionamento provisório, sendo então projetadas no ArcMap.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Cerrado possui uma grande diversidade de fauna, ficando atrás da Amazônia e da Mata Atlântica. Estima-se que ele possua 199 espécies de mamíferos, 864 espécies de aves, 180 espécies de répteis, 210 espécies de anfíbios e 1200 espécies de peixes com um total de 2653 espécies de animais vertebrados (TRAVASSO, 2021).

Os artrópodes são afetados pela poluição luminosa causando desorientação ou alteração dos períodos de acasalamento, por exemplo (SCHROER e HÖLKER, 2018). O campus Darcy Ribeiro possui fragmentos de cerrados, um estudo realizado por Pinheiro *et al.* (2008) no Campus Universitário Darcy Ribeiro encontrou 128 espécies de borboletas nas áreas de cerrado *sensu stricto* e pequenas manchas de mata ciliar presente no campus.

No campus também podemos encontrar gambás (*Didelphis albiventris*) (Figura 8), conhecidos também como saruê, que é um animal de hábito noturno e solitário. Os gambás são importantes controladores de espécies transmissora de doenças como o carrapato, um gambá pode se alimentar de até 4000 carrapatos em uma semana (FRANCA, 2022). Outras espécies comuns de encontrar no campus são as corujas-buraqueiras (*Athene cunicularia*) e os morcegos (*Lonchophylla deskeyseri*). Os gambas, corujas e morcegos são espécie periantrópicas pois toleram a presença do ser humano, mas essas espécies vivem na natureza ou em pequenos fragmentos de florestas dentro dos grandes centros urbanos.

Figura 8- Gambás encontrados no Campus Universitário Darcy Ribeiro



Fonte: Instagram @faunaunb

As vias da área escolhidas foram classificadas quanto ao tráfego de veículos como Leve e quanto ao tráfego de pedestre também foi classificado como Leve. De

acordo com a ABNT (2018) após a classificação quanto ao tráfego (veículos e pedestres) das vias é feita a classificação da iluminação das vias. Como ambas foram classificadas como Leves, elas são caracterizadas como Vias de conexão e Vias de acesso por possuir volume de tráfego leve (Tabela 3 e Tabela 4).

Tabela 3. Vias de tráfego Leve de veículos.

Classificação	Iluminância média mínima
Leve (L)	10 a 5 lux

Tabela 4. Vias de tráfego Leve de pedestre.

Classificação	Iluminância média mínima
Leve (L)	5 a 3 lux

A NBR 5101 também mostra como as luminárias devem ser instaladas próximas as árvores para que a iluminação seja eficiente. Foi desenvolvida uma equação onde é calculado a incidência de luz das luminárias (longitudinal e transversal) distância da árvore e a altura da montagem da luminária.

Segundo ABNT (2018), “Cálculo para desobstrução da iluminação em árvores no sentido longitudinal e transversal da via ($Z = H - (A \times D)$)”

onde:

Z é a altura mínima de um galho;

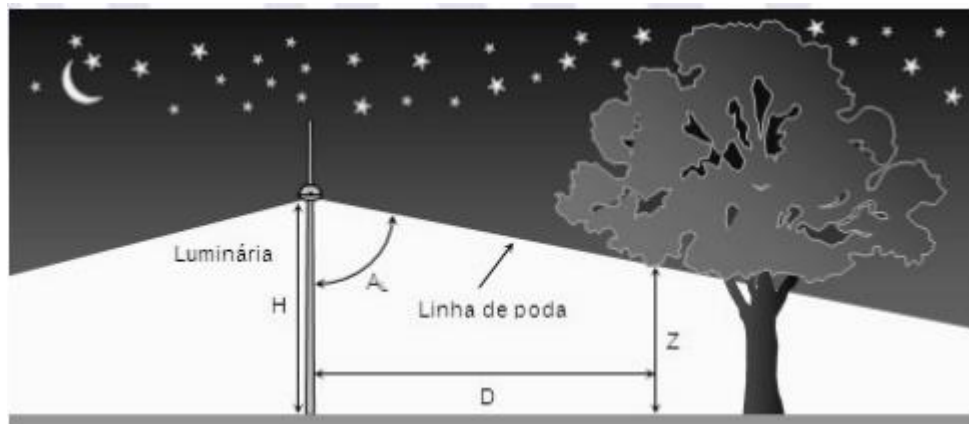
H é a altura de montagem da luminária;

AL é igual a cotang 75° , igual a 0,26 (ângulo de máxima incidência de luz para o sentido longitudinal) (Figura 9);

AT é igual a cotang 60° , igual a 0,57 (ângulo de máxima incidência de luz para o sentido transversal) (Figura 10);

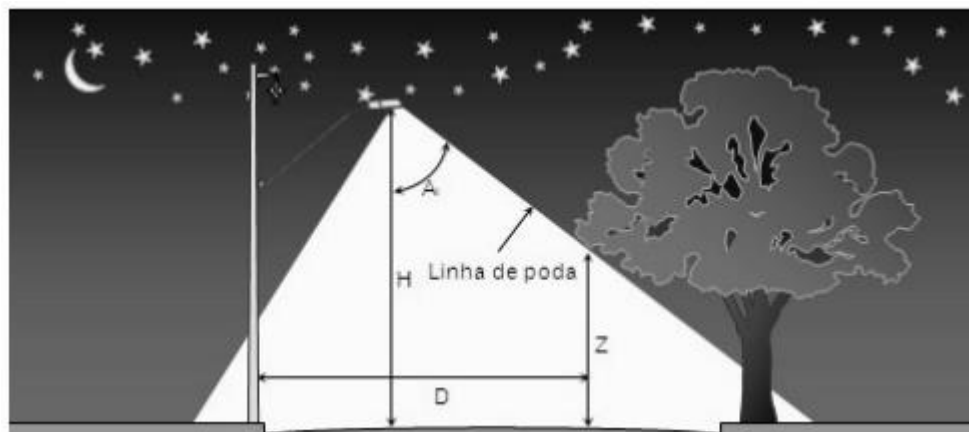
D é a distância mínima do galho de menor altura.

Figura 9- Ilustração do método de cálculo de compatibilidade com a arborização com o ângulo de máxima incidência de luz para o sentido longitudinal.



Fonte: ABNT, 2018.

Figura 10- Ilustração do método de cálculo de compatibilidade com a arborização com (ângulo de máxima incidência de luz para o sentido transversal)



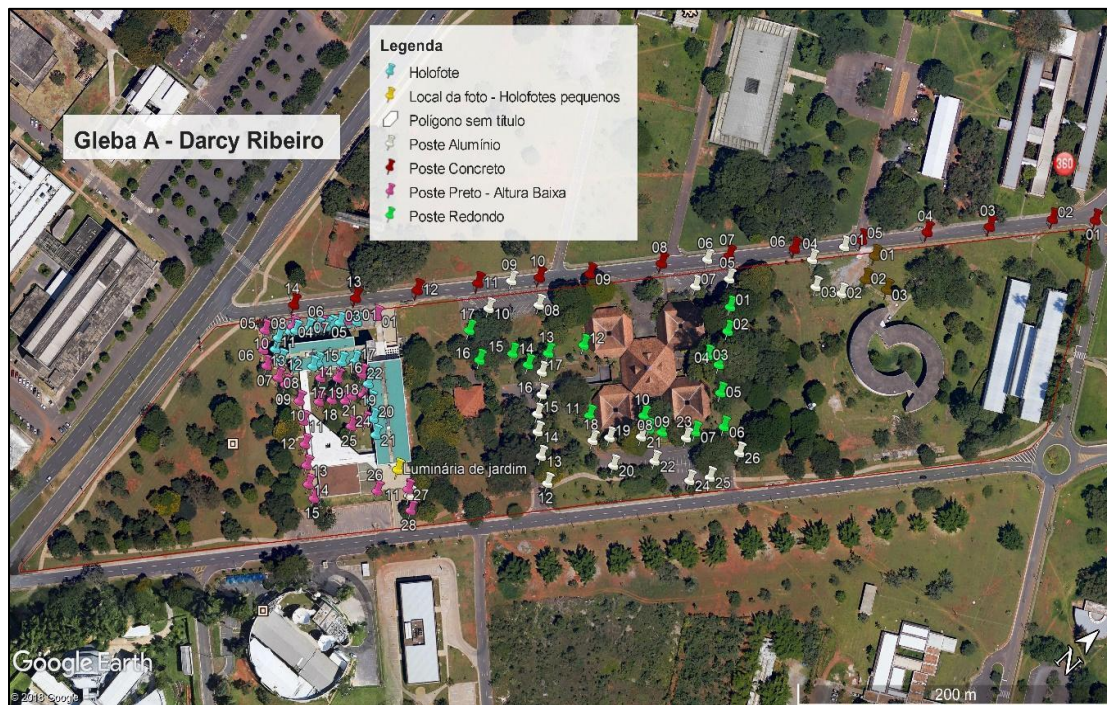
Fonte: ABNT, 2018.

Classificação e marcação dos postes da área de estudo

Dentro da área escolhida, foram classificados os tipos de postes presentes e separados com base em suas similaridades e que possuem mesmo modelo arquitetônico, muitos deles com a mesma constituição de lâmpada, mesma altura, cor, independentes de seu funcionamento ou não. Foram realizadas marcações com o aplicativo Map Marker© nos locais onde os postes estavam (Figura 11), após as devidas

marcações, os postes foram classificados por tipo, características e quantidade presente dentro da área escolhida (Tabela 5).

Figura 11 - Mapa da área trabalhada com a marcação dos postes de iluminação e os tipos de poste encontrados.



Fonte: Google Earth, Map Marker©

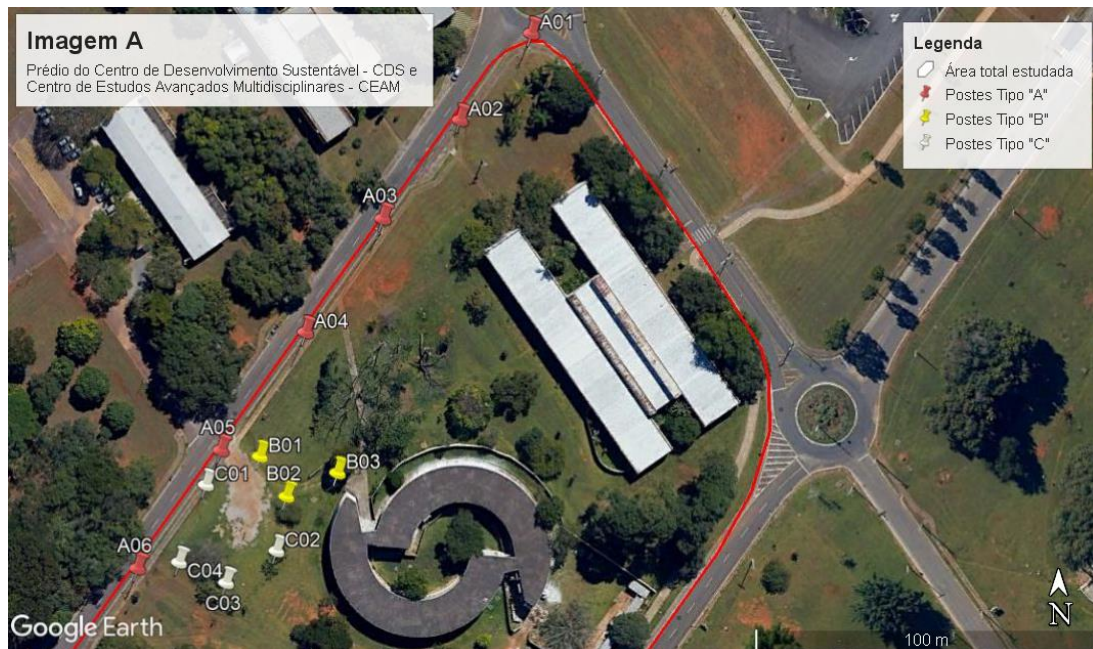
Tabela 5. Tipos de postes, características e quantidades de postes encontrados dentro da área estudada.

TIPO DE POSTE	CARACTERÍSTICA	QUANTIDADE
Poste – concreto Vermelho – Tipo A	Poste adaptado à fiação elétrica do campus.	14
Poste – alumínio Amarelo- Tipo B	Poste usual com uma haste, com altura que ultrapassa copa das árvores diminuindo sua intensidade de lux (lx) até o chão.	26
Poste baixo – preto Rosa – Tipo E	Postes localizados na região do edifício FIOCRUZ, de estatura baixa.	28
Poste baixo – proteção Verde – Tipo D	Postes localizados na região do Instituto Confúcio e CET, postes com proteção para direcionar a luz para baixo. Alguns postes sem manutenção das cúpulas.	17
Postes duplos Branco – Tipo C	Postes com duas hastes, estatura mediana localizados no estacionamento do CDS	3
Holofote Azul – Tipo F	Holofotes que iluminam a estrutura do edifício FIOCRUZ.	21

Fonte: Autor

Usando os aplicativos Map Marker© e o Google Earth foram marcados com cores diferentes e classificados os tipos de poste, em vermelho, os postes tipo A, em amarelo, os postes tipo B, em branco, os postes tipo C. Os locais escolhidos para a marcação foram: os postes presentes próximos ao Pavilhão Multiuso e Centro de Desenvolvimento Sustentável (Figura 12), os postes presentes no Excelência em Turismo e Centro (Figura 14) e os postes presentes na Fiocruz (Figura 13). Foi considerada apenas a presença ou ausência do poste, independente do funcionamento de lâmpadas.

Figura 12- Marcação dos postes próximos ao prédio do Centro de Desenvolvimento Sustentável (CDS) e do Pavilhão Multiuso.



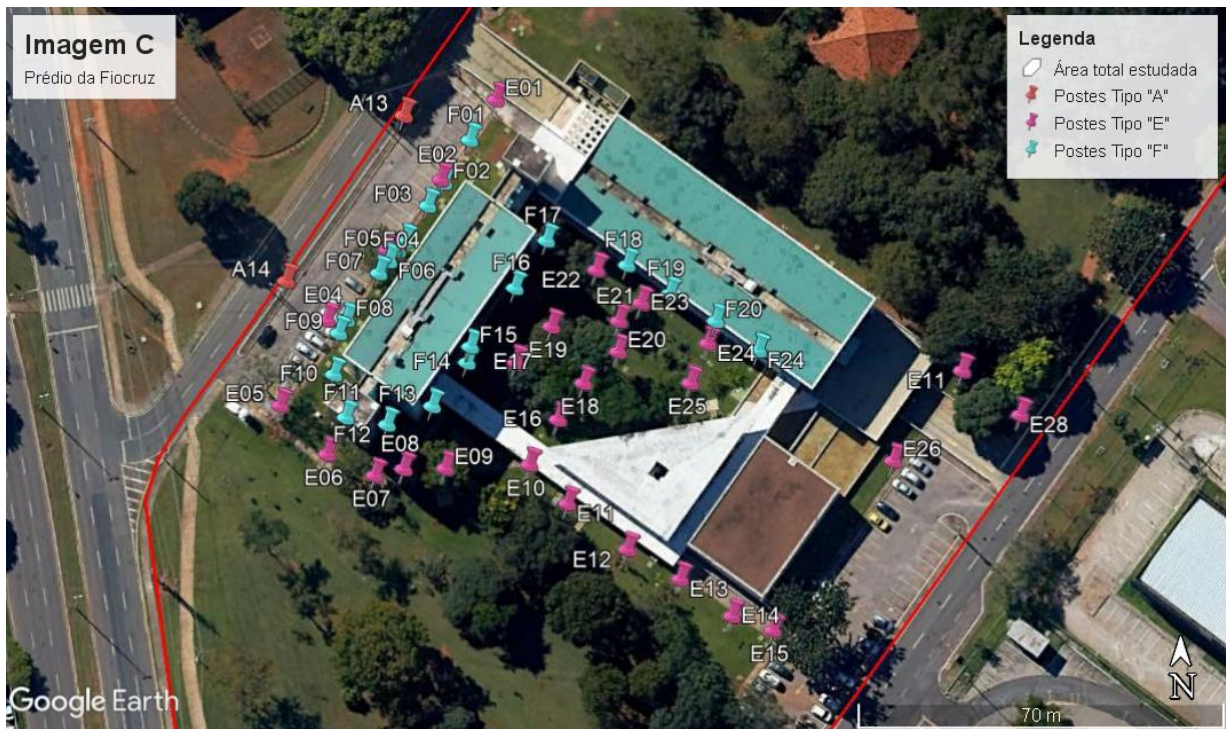
Fonte: Google Earth e Map Marker©

Figura 13- Marcação dos postes próximos ao prédio Centro de Excelência em Turismo (CET).



Fonte: Google Earth e Map Marker©

Figura 14- Marcação dos postes próximos ao prédio da Fiocruz.

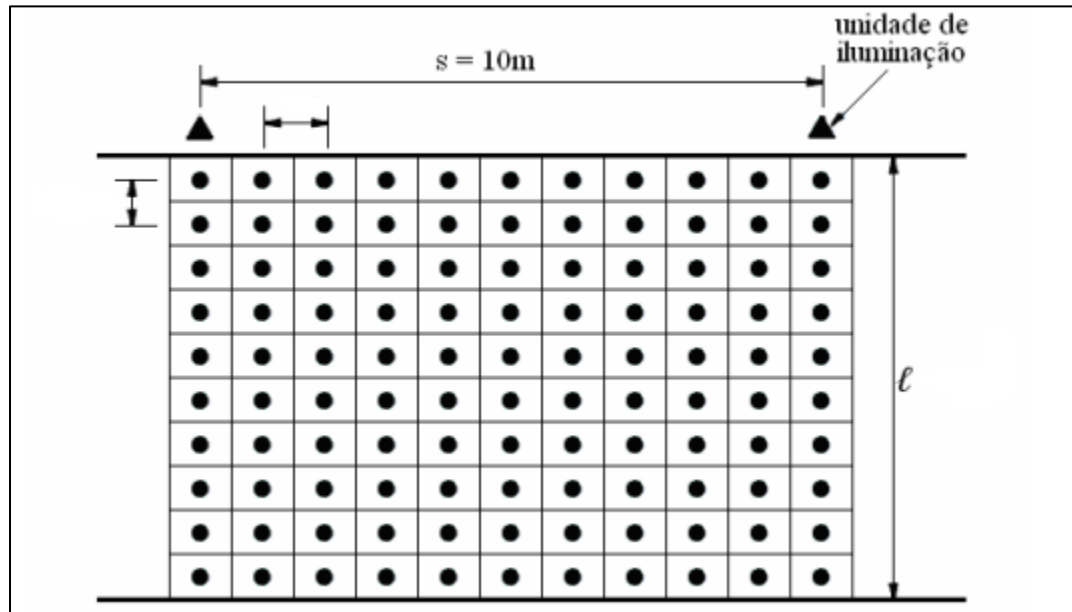


Fonte: Google Earth e Map Marker©

Por ser uma área arborizada e pertencer ao corredor de segurança da universidade, a área escolhida foi analisada quanto a eficácia da iluminação presente de acordo com a NBR 5101. Por ser um prédio novo no campus do CDS ainda não possui um estacionamento definido. O CET possui um estacionamento definido, por estar próximo ao CDS foi buscado traçar um comparativo entre os dois locais.

A NBR 5101 estabelece um método para medir a iluminação em ambientes externos, o cálculo é feito entre a distância de dois postes ou duas luminárias e a largura da via. Essa área precisa ser dividida em retângulos elementares, que corresponde 10% da área total, a medição do lux deve ser feita no centro desses retângulos com o luxímetro em diversos pontos na área (Figura 15).

Figura 15- - Exemplo de como é feita a de medição da iluminação em ambientes exteriores.

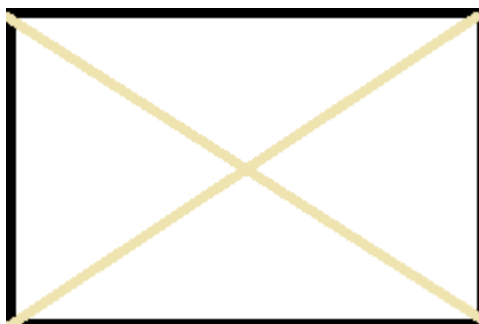


Fonte: Ferreira *et al.* (2009) adaptado pelo autor

A área após a marcação da área no estacionamento foi obtida aos seguintes dados, distância entre os postes de iluminação principal do estacionamento do CET com comprimento de 24 metros por de 16 metros de largura.

A partir dessa medida foi confeccionado um retângulo com cano PVC com 2,4 metros de comprimento por 1,60 de largura, essas medidas do retângulo de PVC equivalem 10% da área do estacionamento do CET, para encontrar o centro dos retângulos para que o lux das áreas em diversos pontos fosse medido com precisão foi amarrado um barbante nas diagonais para que fosse encontrado com precisão o centro do retângulo (Figura 16). O luxímetro foi posicionado a uma altura de um metro do chão no centro do retângulo e a medida do lux anotada.

Figura 16- A figura mostra o modelo do retângulo confeccionado.



Fonte: Imagem do autor.

Vale ressaltar que durante a avaliação dos postes, durante a noite, alguns encontravam-se desligados, devido a fatores desconhecidos, comprometendo até mesmo caminhos que são denominados na área pertencentes ao corredor de segurança da UnB.

Os corredores de segurança são as rotas que trazem proteção ao caminho percorrido pela comunidade acadêmica no *campus* Darcy Ribeiro. De acordo com o site da Universidade de Brasília, são trajetos que são os mais frequentados em relação ao trânsito de pessoas, visando então pela equipe da segurança da UnB efetuar patrulhamentos em horários de pico específicos, onde também há a presença de uma iluminação mais reforçada (Secom/UnB, 2018).

O corredor de número quatro (Figura 17) percorre desde o seu início no “Beijódromo”, e subindo o campus, segue a direção desde o Instituto de Ciências Biológicas - IB, Instituto de Central de Ciências Sul - ICC, Blocos de Salas de Aula Sul - BSA Sul, Faculdades de Medicina e Ciências da Saúde - FM, Pavilhão Multiuso II, Centro de Excelência em Turismo - CET, Fiocruz, e, por fim, chegando à travessia por dentro do Hospital Veterinário da UnB.

Figura 17- O corredor de número 4 é o primeiro da esquerda para direita. Ele engloba o Instituto de Biologia (IB), Beijódromo, Blocos de Salas de Aula Sul (BSA Sul), final do ICC Sul, Faculdade de Medicina e Ciências da Saúde, Multiuso, CET, CDS, Fiocruz e Hospital Universitário.



Fonte: Youtube – Secretaria de Comunicação da UnB, <<https://www.youtube.com/watch?v=6T3UNSXdkRM>>, acesso em 10 de julho de 2019.

Portanto, dentro desses cinco trajetos, um deles é pertencente ao paralelo da área de estudo, onde também foi analisado a eficiência dos postes pertencentes, que iluminam o caminho dos corredores de segurança.

Para uma melhor visualização em escala, a partir da ferramenta de Análise Espacial do ArcMap de interpolação. A ferramenta de interpolação de dados no software ArcMap utiliza os valores estabelecidos no *shapefile* de pontos criado, baseado na distância das normas de medida do cálculo, onde foi computado os coeficientes de lux medidos pelo luxímetro e transcritos no documento.

A primeira área onde foi realizada a medição dos luxes dos postes foi a área do CET (Figura 18). Foram marcados pontos de luzes específicos embaixo dos postes e pontos considerados em um nível de sombreamento devido à ausência de postes acesos, ou presença de árvores que se situam abaixo dos postes e locais de trânsito de pessoas.

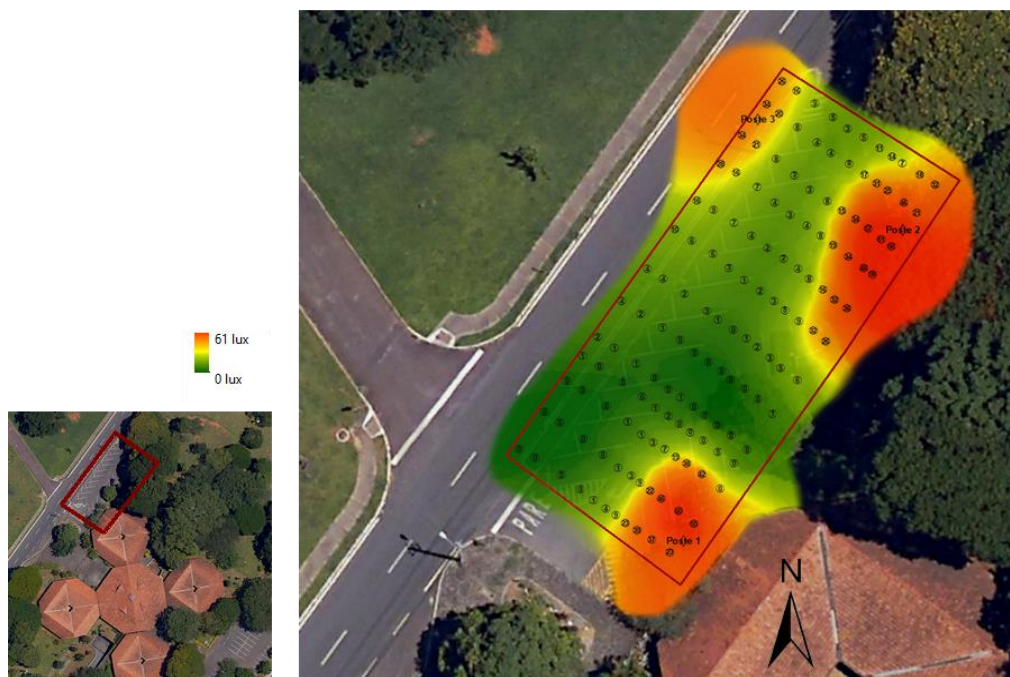
Figura 18 - Resultado da malha de luxes do Centro de Excelência em Turismo - Estacionamento

💡 Poste 2										Poste 1 💡		
32	21	56	58	38	26	6	1	0	0	0	55	23
18	46	61	48	32	17	5	0	0	5	42	60	37
7	25	57	34	16	9	3	0	0	0	38	46	39
14	31	34	19	8	5	2	0	0	0	19	22	23
11	17	15	8	4	3	1	0	0	0	7	9	9
5	8	8	4	2	2	0	0	1	2	3	3	4
3	4	3	3	2	1	1	0	0	1	1	1	1
5	4	3	4	4	3	3	0	0	0	1	0	0
9	8	8	7	7	5	2	1	1	0	0	0	0
16	20	21	16	9	6	4	2	1	0	0	0	0
26	34	34	28	16	10	4	4	2	1	0	0	0
Poste 3 💡												

Fonte: Autor

Os pontos computados foram analisados numa escala a partir do menor ao maior valor do coeficiente, sendo transcritos para uma simulação dos dados gráficos, onde o verde representa zero lux e o vermelho representa 61 lux (Figura 19).

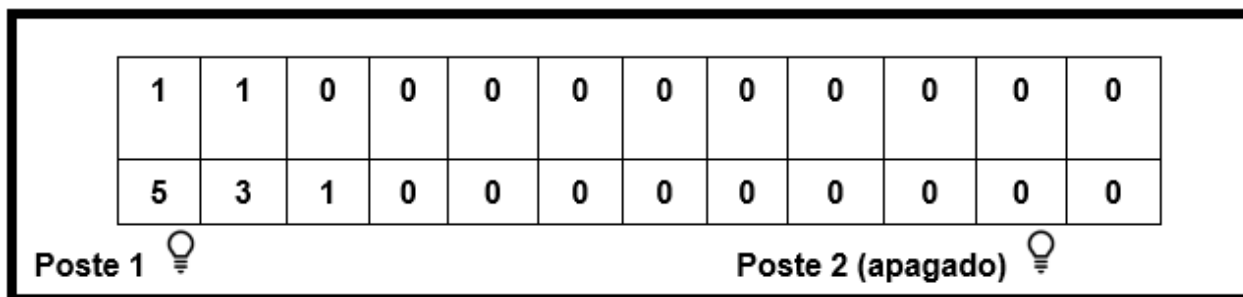
Figura 19- Resultado da área do estacionamento do CET após a interpolação dos dados.



Fonte: ArcMap e Google Earth

A segunda área que teve os seus luxes medidos foi a área da calçada interna que fica ao lado do CET (Figura 20).

Figura 20 - Resultado da malha de luxes da calçada próxima ao Centro de Excelência em Turismo.

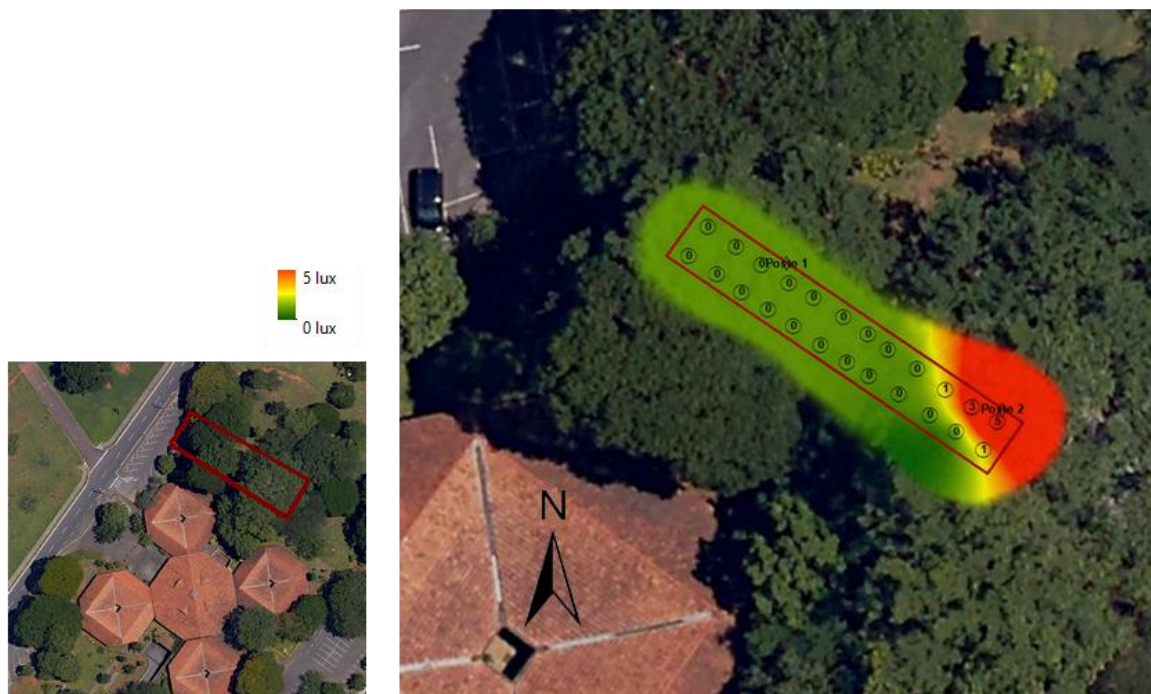


Fonte: Autor

Em 2019, quando ocorreu a medição dos luxes, havia um poste da calçada apagado, por causas desconhecidas. luminárias medianas e possuíam proteção na parte superior, fazendo com que a luz fosse direcionada para baixo, diminuindo a poluição luminosa nas árvores próximas da calçada. O local estava um pouco mais escuro que o estacionamento do CET. Os pontos computados são analisados numa escala a partir do

menor ao maior valor do coeficiente, sendo transcritos para uma simulação dos dados gráficos, onde o verde representa zero lux e o vermelho representa 5 lux (Figura 21).

Figura 21- Resultado da interpolação dos dados da calçada próxima ao Centro de Excelência em Turismo.





Fonte: ArcMap, Google Earth

Os luxes do estacionamento provisório do CDS também foram medidos, pois o estacionamento está localizado na entrada principal do CDS onde tem muitos transeuntes no período noturno (Figura 22).

Figura 22- Resultado da malha de luxes do estacionamento provisório na entrada principal do CDS. Observação: Postes situados nos quadrantes dentro da tabela. Poste 1 está situado entre a numeração da esquerda para a direita: 56, 82; Poste 2 está situado no quadrante com a numeração 47, 18, respectivamente nessa ordem.

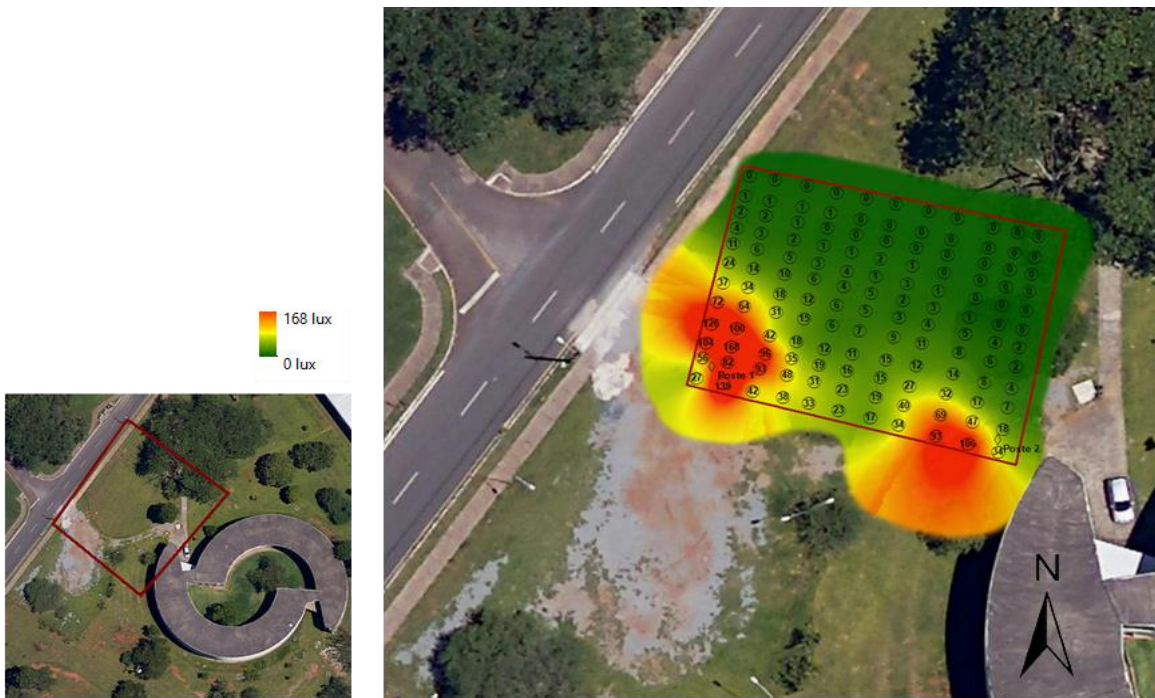
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
4	3	2	1	1	2	1	0	0	0	0
11	6	5	3	4	1	3	1	0	0	0
24	14	10	6	4	5	2	3	1	0	0
37	34	18	12	6	5	3	4	5	4	2
72	64	31	15	6	7	9	11	8	6	2
126	100	42	18	12	11	15	12	14	8	4
104	168	96	35	19	16	15	37	32	17	7
56	82	93	48	31	23	19	40	64	47	18
27	139	42	38	33	23	17	34	93	106	34

Poste 1 
Poste 2 

Fonte: Autor

Após a análise e computação dos dados obtidos numa escala a partir do menor ao maior valor do coeficiente, os mesmos foram transcritos para uma simulação dos dados gráficos, onde o verde representa zero lux e o vermelho representa 168 lux (Figura 23).

Figura 23- Resultado simulação da malha de luxes do estacionamento provisório na entrada principal do CDS.



Fonte: ArcMap e Google Earth.

No CDS existe uma calçada que poucos transeuntes utilizam pois ela não possui iluminação, essa calçada dá acesso a entrada principal do CDS. Por não possuir luminárias próximas a essa calçada o resultado dos pontos medidos ao longo da calçada foi toda igual a zero (Figura 24).

Figura 24- Resultado da malha de calçada no Centro de Desenvolvimento Sustentável direcionando à entrada principal.

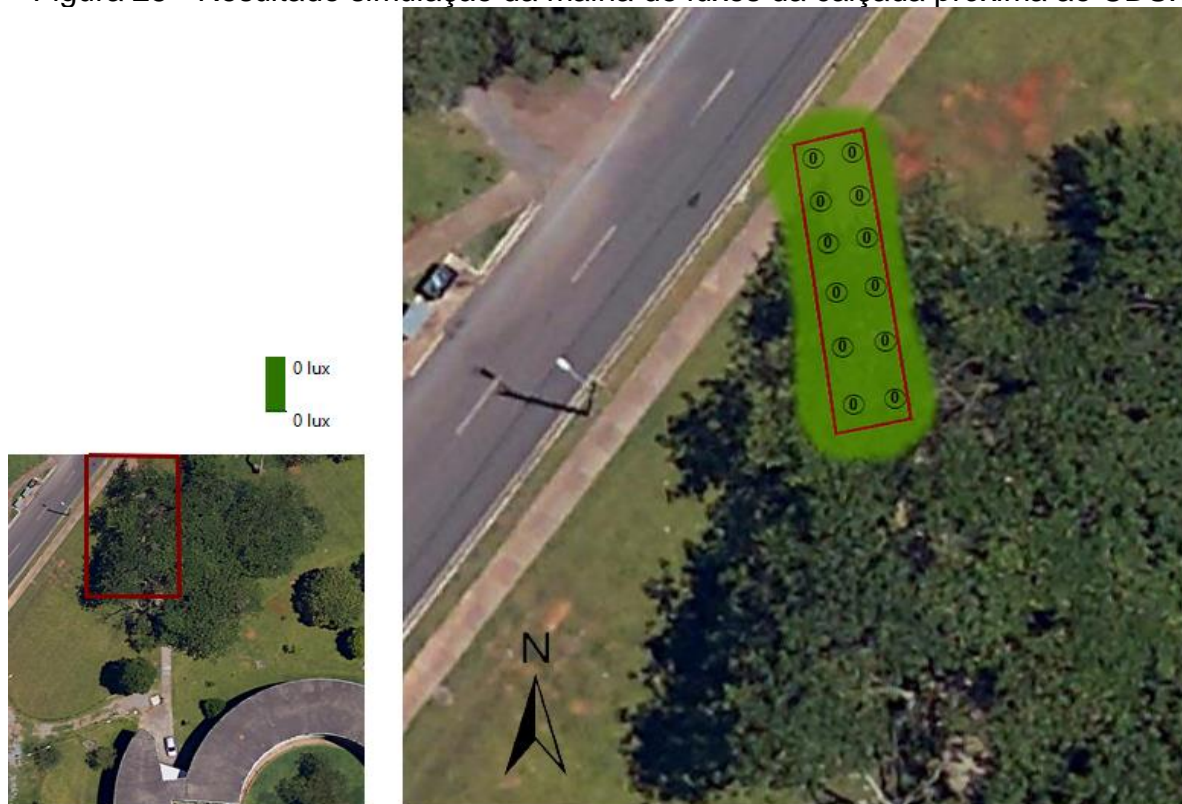
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0

----- SEM POSTES -----

Fonte: Autor

Na simulação de luxes, os pontos computados foram analisados, o verde representa zero lux (Figura 25).

Figura 25 - Resultado simulação da malha de luxes da calçada próxima ao CDS.



Fonte: Fonte: ArcMap e Google Earth

Por ser uma área com muitas árvores e sabendo da biodiversidade que habita esses locais a simulação tem como intuito a verificação da eficiência da iluminação dessas áreas, a área escolhida possui muitos postes de iluminação, mas devido mal posicionamento alguns não estão iluminando adequadamente a área.

Conforme observado no levantamento de campo e seguindo as normas estabelecidas pela NBR 5101, verifica-se que algumas luminárias se encontram fora do padrão, seja pela quantidade de postes, ou pela falta de iluminação onde deveria haver ou pela presença de luminárias com a incidência da luz sobre as árvores (Figura 26).

Figura 26 - Incidência luminosa sobre a vegetação no estacionamento do CET.



Fonte: Foto do autor

Segundo SCHIMID *et al.* (2005), a iluminação eficiente é aquela que o poste ou a iluminação jogue o feixe de luz diretamente para o chão e esse tenha luminância suficiente para não prejudicar a visão dos transeuntes. Instalar postes de iluminação sem nenhum estudo da área onde ele vai ser colocado, os postes acabam perdendo a sua função que é iluminar a área escolhida. O mal posicionamento dos postes pode gerar a falta de iluminação na área escolhida, ou o excesso de postes, pode gerar o ofuscamento dos transeuntes e impactos para a fauna.

CONCLUSÃO

Nas áreas escolhidas foi observado que os postes – do ponto de vista do conforto social – não estão iluminando adequadamente, pois os luxes estão concentrados em pequenos locais, pode-se observar que as luminárias próximas às árvores não estão recebendo a manutenção correta de acordo com a NBR 5101 e nos postes mais altos, a luz incide sobre as árvores.

A poluição luminosa ainda não é vista como um problema ambiental nos locais estudados. Quando for possível mensurar os danos causados a fauna e flora talvez passe a ser visto como um dano ambiental.

Uma maneira de mitigar ou evitar os impactos na fauna advindo da poluição luminosa utilizar-se das tecnologias disponíveis no mercado, a iluminação externa da Universidade, pode ser automatizada, e assim melhorar sua eficácia e sua eficiência. A implantação de um sistema de iluminação fotocélula dimerizado, permite intensificar ou reduzir a luminosidade na presença ou ausência de movimentos, atentando-se ao fato que o grau de luminosidade estático, deverá ser pré-estabelecido, obedecendo à NBR 5101. O projeto quando implantado, mitigará os possíveis danos causados pela poluição luminosa à biodiversidade sem com isto prejudicar a segurança dos transeuntes. A utilização de soluções tecnológicas se fazem necessárias, de forma que a iluminação não prejudique a visibilidade dos pedestres e nem traga prejuízos a biodiversidade presente como por exemplo as aves que habitam o campus, entre elas podemos citar: *Athene cunicularia*, *Colaptes campestris*, *Vanellus chilensis* e outras espécies como os *quirópteros*, que são excelentes polinizadores e são frequentemente avistados na UnB.

Os gambás por serem animais silvestres de hábito noturno que estão inseridos nos centros urbanos, deveria ser analisado o impacto que a poluição luminosa causa nessa espécie. São animais que possuem uma importante função ecologia ao controlar as pragas, com a atração da luz pelos insetos transmissores de doença, os gambás podem coexistir com os seres humanos de maneira onde ambos são beneficiados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

O IMPACTO DA LUZ SOBRE AS FLORESTAS. São Paulo: Revista Pesquisa Fapesp, v. 255, maio 2017. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/o-impacto-da-luz-sobre-as-florestas/>. Acesso em: 17 jan. 2022.

ALVES, José Eustáquio Diniz. **O mundo mais urbanizado e as cidades virando saunas.** 2021. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2021/01/27/o-mundo-mais-urbanizado-e-as-cidades-virando-saunas/>. Acesso em: 05 abr. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5101:** Iluminação Pública - Procedimento. 3 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2018. 35 p. Disponível em: <https://pdfcoffee.com/nbr-5101-2018-iluminaao-publicapdf-2-pdf-free.html>. Acesso em: 12 mar. 2021.

BARGHINI, Alessandro; MEDEIROS, Bruno de. A iluminação artificial e o impacto sobre o meio ambiente. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 5, p. 4-15, dez. 2006. Disponível em: http://rbciamb.com.br/index.php/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/456/389. Acesso em: 13 mar. 2009.

BERNARDES, Júlio. **Controle de iluminação reduz contato com insetos transmissores de doenças.** 2009. Disponível em: <http://www.usp.br/agen/?p=6028..> Acesso em: 09 mar. 2019.

BOGARD, Paul. **Bringing Back The Night: A Fight Against Light Pollution.** 2013. Disponível em: <https://e360.yale.edu/features/bringing-back-the-night-a-fight-against-light-pollution>. Acesso em: 02 abr. 2022.

CARNEIRO, Sílvia. **O impacto da iluminação artificial na natureza.** 2018. Facebook: Sílvia Carneiro. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/o-impacto-da-ilumina%C3%A7%C3%A3o-artificial-na-natureza-silvia-carneiro/?originalSubdomain=pt>. Acesso em: 5 jan. 2022.

COMERLATO, Fabiana. A BALEIA COMO RECURSO ENERGÉTICO NO BRASIL. In: ANAIS DO SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE HISTÓRIA AMBIENTAL E MIGRAÇÕES, 1., 2010, Florianópolis -Sc. **Anais [...]**. Florianópolis -Sc: Labinha, 2010. p. 1119-11138.

Disponível

em: https://novonea.paginas.ufsc.br/files/2018/07/75148e_725eb4d0346342ceb6b79f939f3acb3c.pdf. Acesso em: 30 mar. 2022.

FERNANDES, Wilson; COELHO, Marcel Serra; CAIRES, Tarcísio. O impacto ambiental da poluição luminosa. **Scientific American Brasil Terra 3.0**, Brasil, v. 3, n. 1, p. 40-47, set. 2010.

FERREIRA, Rodrigo Sousa *et al.* PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO DE ILUMINÂNCIA DE EXTERIORES. In: CONFERÊNCIA DE ESTUDOS EM ENGENHARIA ELÉTRICA, 7., 2009, Uberlândia. **PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO DE ILUMINÂNCIA DE EXTERIORES**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2009. p. 1-5. Disponível em: https://www.peteletricaufu.com.br/static/ceel/doc/artigos/artigos2009/ceel2009_019.pdf. Acesso em: 13 mar. 2019.

FRANCA, Gabriella Rocha. **IMPORTÂNCIA ECOLÓGICA DOS GAMBÁS**. 2020. Disponível em: <https://waita.org/blog-waita/2020/08/13/importancia-ecologica-dos-gambas#:~:text=Eles%20tamb%C3%A9m%20>. Acesso em: 2 abr. 2022.

GARGAGLIONI, Saulo Roberly. **ANÁLISE LEGAL DOS IMPACTOS PROVOCADOS PELA POLUIÇÃO LUMINOSA DO AMBIENTE**. 2007. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências da Engenharia da Energia., Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2007. Disponível

em: https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/1796/dissertacao_0032988.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 13 mar. 2022.

HAGEN, Oskar; BARGHINI, Alessandro. O Lado Sombrio da Luz. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 57, n. 340, p. 20-25, set. 2016. Disponível em: <https://cienciahoje.org.br/>. Acesso em: 13 mar. 2022.

HÖLKER, F; WOLTER, C; PERKIN, K.E; TOCKNER, K. Light Pollution as a Biodiversity Threat. Article in Trends in Ecology & Evolution. Outubro 2010. Disponível em < [file:///C:/Users/55619/Downloads/Hoelker etal Light pollution biodiv threat%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/55619/Downloads/Hoelker%20etal%20Light%20pollution%20biodiv%20threat%20(1).pdf) > Acesso em 14 julho 2019.

HÖLKER, Franz *et al.* O lado negro da luz: uma agenda de pesquisa transdisciplinar para a política de poluição luminosa. *Ecologia e Sociedade*, volume 15, número 4, 2010. Disponível em: <<https://goedoc.uni-goettingen.de/handle/1/7268>> Acesso em 04 de abril de 2019 às 22h.

LONGCORE, Travis; RICH, Catherine. Ecological light pollution. **The Ecological Society Of America**, S.I, v. 4, n. 2, p. 191-198, jan. 2004. Disponível em: www.frontiersinecology.org. Acesso em: 13 mar. 2019.

PINHEIRO, Carlos Eduardo Guimarães *et al.* As borboletas (Lepidoptera, Papilionoidea) do Campus Universitário Darcy Ribeiro (Distrito Federal, Brasil). **Biota Neotrop**, [s. /], v. 8, n. 4, p. 139-144, nov. 2008. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/27379/1/a13v8n4.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2022.

POOT, Hanneke *et al.* **Green Light for Nocturnally Migrating Birds**. 2008. Ecology and Society. Disponível em: <http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss2/art47/>. Acesso em: 02 abr. 2022.

POPULAÇÃO mundial deve chegar a 9,7 bilhões de pessoas em 2050, diz relatório da ONU. 2019. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/83427-populacao-mundial-deve-chegar-97-bilhoes-de-pessoas-em-2050-diz-re>. Acesso em: 15 mar. 2019.

RIBEIRO, José Felipe; WALTER, Bruno Machado Teles. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, Sueli Matiko; ALMEIDA, Semiramis Pedrosa de. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina - Df: Embrapa, 1998. Cap. 3. p. 89-116.

RIBEIRO, Talita Menger. **Nem sempre ser iluminado é algo bom: o efeito da luz de rodovias na fauna.** 2021. Disponível em: <https://faunanews.com.br/2021/06/03/nem-sempre-ser-iluminado-e-algo-bom-o-efeito-da-luz-de-rodovias->. Acesso em: 30 jan. 2022.

SCHIMID, Aloísio Leoni *et al.* O ambiente visual noturno: eficiência energética, comodidade e acuidade visual na iluminação das cidades. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Paraná, v. 12, n. 11, p. 71-84, jan. 2005.

SCHROER, Sibylle; HÖLKER, Franz. Impact of Lighting on Flora and Fauna. **Handbook Of Advanced Lighting Technology**, [S.L.], p. 1-33, jan. 2016. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-00295-8_42-1.

TRAVASSOS, Isabela Fernandes. **Um Parque em Disputa: Conflitos Socioambientais na Chapada dos Veadeiros – Goiás.** 2021. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Porto, 2021.