

A ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL E O IMPACTO SOBRE O MEIO AMBIENTE

RESUMO

O desenvolvimento de fontes alternativas de energia e o aumento da eficiência dos sistemas de iluminação artificial estão permitindo a difusão da iluminação artificial em áreas isoladas. Do momento em que muitos insetos são fortemente atraídos pela iluminação artificial, são lançadas hipóteses sobre as conseqüências ambientais e sanitárias da crescente difusão da iluminação artificial. São também apresentados os resultados de testes com luminárias de diferentes comprimentos de onda da radiação, indicando os meios para reduzir os impactos.

PALAVRAS-CHAVE

Iluminação artificial, vetores de doenças, impacto ambiental.

ABSTRACT

The development of alternative energy sources and the increase in the efficiency of artificial lighting systems are allowing for the widespread diffusion of artificial lighting in isolated areas. Since many insects are strongly attracted by artificial lighting, we hereby launch hypotheses on the possible impact of the rising increase in the use of artificial lighting on the diffusion of diseases. Herein are also presented the results of attraction tests with different wavelengths of light radiation, indicating means of minimizing impacts.

KEY WORDS

Lighting, insect vectors, ecological impact.

Alessandro Barghini

Pesquisador do Instituto de Eletrotécnica e Energia –
IEE-USP e do Laboratório de Estudos Evolutivos
Humanos – Instituto de Biologia - USP
barghini@terra.com.br

Bruno de Medeiro

Pesquisador aluno da graduação do
Instituto de Biociência – USP

INTRODUÇÃO

Pode parecer paradoxal – no meio de eventos aparentemente mais graves como a emissão de gases de efeito estufa, a destruição da camada de ozônio, a poluição atmosférica, das águas e do solo, e o desmatamento descontrolado – falar de poluição luminosa. Temos dificuldade em considerar a luz, tradicionalmente símbolo de pureza, de segurança, de vida, mais uma fonte de contaminação do ambiente.

Para um biólogo, o excesso de iluminação artificial é uma fonte objetiva de perturbação dos ciclos vitais. Afinal, por mais de 3,5 bilhões de anos, a vida evoluiu com uma alternância de períodos de luz natural e de obscuridade, e está demonstrado que há pelo menos 3 bilhões de anos os seres vivos desenvolveram relógios biológicos para acompanhar as variações cíclicas da luz e da obscuridade (PAIETA, 1982). Portanto, não existem dúvidas que níveis excessivos de iluminação artificial podem ser extremamente prejudiciais para vida silvestre, mas apenas nos últimos anos esse fato começou a ser percebido com clareza e tomadas providências para minimizar esse impacto.

Naturalmente, o tema da poluição luminosa não é novo na literatura e nas normas técnicas. Com o desenvolvimento e o uso generalizado de sistemas mais eficientes de iluminação (principalmente com as lâmpadas à descarga que começaram a difundir-se depois da Segunda Guerra Mundial), iniciou-se a manifestação de uma crescente preocupação sobre o impacto de fluxos luminosos crescentes.¹ Os primeiros a mostrar interesse, e ainda hoje os mais ativos no combate à poluição luminosa foram os astrônomos, os quais perceberam que, com o aumento da iluminação artificial externa, perdia-se a

capacidade de observar o céu noturno, como declarou recentemente Oransky (2005) à revista *The Scientist*: “*Please Stop, You are interfering with my research, Lights – these must be kept to an absolute minimum. There are astronomers on the East coast of the US who have not seen a star in years.*”

Como *big science* significa ciência que exige grandes investimentos, os astrônomos conseguiram introduzir as primeiras medidas restritivas ao uso da iluminação externa e ao controle da poluição luminosa. Por essa razão foram baixadas normas específicas em diferentes países do mundo, pelas quais a iluminação externa é fortemente controlada em termos de direção da propagação do fluxo luminoso, de intensidade e de tipo de lâmpadas utilizadas, e os astrônomos do mundo inteiro, reunidos na organização Dark Sky (2005), fornecem a mais ampla documentação sobre o tema da poluição luminosa. Hoje, provavelmente, a proteção dos observatórios astronômicos é a área na qual existe maior controle da iluminação artificial externa.

Paralelamente a essa preocupação dos astrônomos, surgiram movimentos, em muitas partes do planeta contra a poluição luminosa como elemento de desconforto humano, e ainda hoje a batalha contra o incremento indiscriminado da iluminação noturna, por razões apenas estéticas ou genericamente ambientais, faz parte da luta contra a poluição. Mais recentemente, sentiu-se a necessidade de criar um termo, ao lado do termo poluição luminosa genérica; Longcore e Rich (2004) propuseram utilizar-se dois termos separados: “poluição luminosa astronômica” – indicando a poluição de luzes que atrapalham a visão das estrelas ou, em geral, a observação da noite – e “poluição luminosa ecológica”, com o significado de “iluminação artificial que

exerce efeitos adversos sobre a vida silvestre”. Bons exemplos dessa preocupação podem ser vistos no *White Paper* do Office of the Deputy Prime Minister Britânico (1996), no relatório *Lighting in the Countryside* e no Health Council of the Netherlands (2000), que analisam, em detalhes, os diferentes aspectos do incremento da iluminação artificial sobre a visão do céu noturno, mas também sobre o ambiente em geral. Quando observamos as fotografias noturnas de satélite (NASA, 2005), é fácil entender o porquê de essas preocupações surgirem nesses dois países: aí, como na maioria dos países europeus, e no Japão, praticamente não existe área do território nacional que seja isenta de poluição luminosa. Esse fenômeno está se expandindo rapidamente, e Cinzano et al (2001) calcularam que apenas 40% dos americanos vivem em um ambiente no qual o olho humano consegue fazer a transição de uma visão fotópica a uma visão escotópica, portanto, de um olho acomodado à luz a um olho acomodado ao escuro. Eles também calcularam que 18,7% da superfície terrestre possui um céu noturno considerado poluído, conforme o padrão da astronomia.

Estudos nacionais e internacionais iniciaram, portanto, a elaboração de normas técnicas de iluminação externa que, compatível com o conforto humano, fossem menos agressivas com o ambiente e, ao mesmo tempo, assegurassem uma redução do consumo de energia. Foram elaboradas novas regulamentações para reduzir a poluição luminosa do céu noturno, a indústria desenvolveu luminárias com controle direcional do fluxo luminoso, e em muitos países, começaram a ser fixados níveis máximos de iluminância, dependendo de um zoneamento rigoroso.

Se esses movimentos podem, para o cidadão comum, ser aparentemente

irônicos, e muitos consideram essas posições retrógradas e exóticas, o aprofundamento dos estudos em matéria começou a mostrar que os impactos dos atuais níveis de iluminação externa podem prejudicar seriamente o ambiente.

Na visão antropomórfica, ou “vertebratomórfica” do homem, as primeiras providências se iniciaram nas situações mais evidentes de danos ambientais do excesso de iluminação.

O exemplo, sem dúvida, mais famoso é a proteção da desova das tartarugas marinhas. Nesse caso, a iluminação artificial da orla exerce dois efeitos perversos: quando próxima à deposição dos ovos, a tartaruga marinha procura uma praia e evita as outras nas quais existe iluminação artificial. Portanto, a iluminação artificial exerce um fototropismo negativo. Quando da abertura do ovo, os filhotes de tartaruga marinha, se a orla for iluminada, são atraídos pela iluminação artificial (com um fototropismo positivo) e não se dirigem em direção ao mar, sendo expostos à ação dos predadores. Essa situação específica gerou algumas das regulamentações estaduais e municipais mais restritivas em matéria de iluminação externa. Por exemplo, a empresa elétrica da Flórida (Florida Power Company, 2002) elaborou um manual de iluminação externa que minimiza o impacto da iluminação artificial sobre as tartarugas. O manual mostra, uma vez estudado o impacto da iluminação, como é possível chegar a projetos os quais, sem reduzir, ou reduzindo ao mínimo o conforto para o homem, é possível utilizar a iluminação artificial sem perturbar as tartarugas. Ao contrário, no caso do Brasil, na Bahia, para proteger a desova das tartarugas marinhas foi passada a Lei n. 7.034 de 13 de fevereiro 1997, a qual “proíbe uso de fonte de iluminação que ocasione intensidade luminosa superior a zero lux tendo em vista proteger as

tartarugas marinhas no litoral norte”. Naturalmente, uma medida desse tipo, apesar de ser positiva para as tartarugas, pode criar um conflito muito forte para a população e tende a ser violada.

A proteção das tartarugas marinhas é apenas um exemplo, pode ser o mais conhecido, de normas específicas de controle da iluminação externa para diminuir a agressão ao meio ambiente. Outras espécies foram, porém, tema de estudo e o Aubon Institute (BOWER, 2000) assinala que milhões de aves, a cada ano, são vítimas de fatalidades ligadas ao excesso da iluminação artificial. No caso das aves, o excesso de iluminação noturna provoca dois graves danos: de um lado, as aves esbarram em fontes luminosas fortes, como faróis e antenas; de outro lado, outras áreas fortemente iluminadas acabam afetando as rotas das aves migratórias. Sobre esses temas a literatura é, realmente, muito ampla e existem estudos muito detalhados, como o do Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1999) da Holanda, e o Collision Course, financiado pelo WWF (LESLEY, 1996), e a resenha detalhada das ocorrências realizada pela California Energy Commission (HEBERT, REESE, 1996).

Também no caso das aves, estudos mais acurados como, por exemplo, o de Jones e Francis (2003, p. 328), mostraram que, com um projeto a levar em conta o impacto sobre as aves, é possível, ao mesmo tempo, garantir a segurança da navegação, reduzir o consumo de energia e as fatalidades com aves. Nas palavras dos autores:

“In 1989, the Long Point lighthouse was automated, with a simultaneous change in beam characteristics the new beam is narrower and less powerful. This change brought about a drastic reduction in avian mortality at the lighthouse to a mean of only 18.5 birds per year in spring, and 9.6 in autumn

from 1990 to 2002. Our results highlight the effectiveness of simple changes in light signatures in reducing avian light attraction and mortality during migration.”

Estudos detalhados foram também realizados sobre os mamíferos. Espécies com sistema cerebral mais desenvolvido, os mamíferos registram reações mais articuladas em relação à iluminação artificial. Para muitos mamíferos, a iluminação artificial representa um sinal de ocupação antrópica, portanto pode representar um atrativo, ou, em outros casos, uma barreira. Especialmente para os pequenos mamíferos, linhas contínuas de iluminação artificial, como rodovias, podem representar uma barreira que divide o ecossistema, impedindo a circulação e acentuando a fragmentação dos ambientes, como mostram, por exemplo, Beier (1995) sobre o cougar, Bird et al (2004), sobre os gatos selvagens, e Sanderson et al (1998) sobre os morcegos.

Um caso à parte é representado pelo efeito da iluminação artificial sobre o homem, sem dúvida o animal mais estudado. Ao lado dos amplos estudos sobre as condições de conforto visual, começam a surgir, com insistência, novos estudos sobre os danos que o excesso de iluminação artificial pode ocasionar. A área na qual existem mais estudos é, sem dúvida, a área da radiação ultravioleta B (280-320 nm) com efeitos conhecidamente mutagênicos. A legislação internacional, e hoje também a nacional, está introduzindo medidas restritivas específicas sobre esses tipos de radiação, especialmente no que diz respeito às lâmpadas a vapor de mercúrio, a vapores metálicos e à halogênio, que são as lâmpadas com maior conteúdo de ultravioleta. Em muitos países, surgem medidas restritivas sobre a radiação ultravioleta A (320-400 nm). No meio desses estudos, aceitos universalmente pela indústria da iluminação artificial,

estudos mais polêmicos apontam riscos mais sutis da iluminação artificial sobre o homem: alteração dos ciclos circadianos, dependendo do tipo de iluminação, são apontados sempre com maior frequência e surgiram, recentemente, fortes suspeitas de a iluminação artificial não-controlada poder levar a alterações profundas do metabolismo e gerar doenças degenerativas, conforme debatido, por exemplo, por Stevens et al (2001), Stevens (2005), Schernhammer et al (2004) e Davis et al (2001).

O IMPACTO SOBRE OS INSETOS

No meio dessa produção crescente de estudos sobre o impacto da iluminação artificial sobre a vida, foram realizados muitos estudos de impacto sobre os insetos; por exemplo, Verheijen (1958), Bhattacharya et al (1995), Eisenbeis et al (2000), Frank (1988) e as atas do congresso Ecological Consequences of Artificial Night Lighting (2002), entre os seres vivos mais afetados pela iluminação artificial, mas, curiosamente,

pouco foi escrito sobre os possíveis impactos da alteração da quantidade de insetos sobre o resto do ecossistema. O tema pode parecer secundário; os insetos, na visão antropocêntrica, são apenas uma fonte de incômodo e, se a iluminação conseguir reduzir seu número, é um ponto a favor. Os ecólogos, na realidade, são bem conscientes do rol dos insetos, inclusive, como salientaram bem Losey e Vaugam (2006), do rol econômico. Se analisarmos com atenção, especialmente em uma região tropical ou equatorial, o rol dos insetos pode ser vital, em sentido positivo e negativo, para o ecossistema e para o homem.

O fato de a iluminação artificial exercer um poder de atração muito forte sobre muitas espécies de insetos é bem conhecido dos entomólogos, os quais utilizam diferentes tipos de armadilhas luminosas para as coletas. Esse poder de atração pode ter duas conseqüências distintas: a primeira, atrair os insetos e limitar a capacidade reprodutiva; a segunda, atrair os insetos para uma região de impacto antrópico, acentuando a possibilidade de difusão de epidemias.

A atração dos insetos e a limitação na capacidade de reprodução já foram apontadas por muitos pesquisadores. De fato, muitas espécies, especialmente lepidópteros e coleópteros, são atraídas com tal ímpeto pela iluminação artificial, que, com frequência, esbarram nela e morrem. Por outro lado, também aqueles que não são vítimas de fatalidades, tornam-se presas fáceis de predadores, principalmente morcegos, que à noite podem ser vistos voando em volta das luminárias. Em todos os casos, o tempo perdido circulando em volta da luminária diminui a capacidade de forrajamento e a possibilidade de reprodução. O caso mais famoso é, sem dúvida, aquele relatado por Denton (1900): no começo do século 20, em Washington (EUA), as luminárias públicas eram um importante lugar para as coleções entomológicas. Atualmente, muitos poucos lepidópteros podem ser coletados à luz dos lampiões em Washington. Na cidade de São Paulo, Rob de Góes (2004) contou, de forma divertida, a progressiva redução dos insetos dentro da cidade com o processo de expansão urbana. Nos últimos anos nota-se uma progressiva redução da fauna de lepidópteros, e é difícil dizer se essa redução é em razão apenas aos efeitos da iluminação artificial. É provável que outras causas concorram ao fenômeno, mas indubitavelmente, a iluminação artificial é uma das causas.

Apesar de a iluminação urbana ter reduzido muito a fauna de insetos noturnos das grandes cidades, fontes intensas de iluminação podem atrair insetos e aves até em ambientes urbanos, onde não seria de esperar-se o fenômeno. Por exemplo, em Nova York o monumento luminoso do Marco Zero, que homenageia as vítimas do atentado de 11 de setembro, exerce, por causa de sua potência, uma atração tão forte sobre os insetos e as aves, que os raios luminosos brilham, como pode ser visto na Figura 1, pelo

Figura 1 – Nova York, fotografia noturna do monumento do Marco Zero, em homenagem às vítimas do atentado de 11 de setembro
Crédito: Foto de Keith Kin Yan, <http://www.overshadowed.com/mt/archives/000250.html>



número de animais presentes. O fenômeno é tão acentuado que gerou polêmica nos jornais da qual participaram leitores, o diretor da Sociedade municipal de arte, o representante da Audubon Society e o Departamento Federal de Aviação (*New York Times* n. 10, 12 de outubro de 2004), discutindo a possibilidade de interromper o funcionamento do museu (DE CANDIDO, 2005).

Outro grupo de insetos dos quais está sendo assinalada uma progressiva diminuição é o dos lampírideos (os conhecidos vaga-lumes). Já nos anos 70 um escritor italiano, Pierpaolo Pasolini (1975), denunciava o desaparecimento dos vagalumes e atribuía o fenômeno à corrupção do governo. Retirando a discussão política, pode ser notado que a diminuição de vagalume corresponde exatamente ao início do período de difusão em larga escala, na Itália, das luminárias a vapor de mercúrio e da iluminação pública extra-urbana. Como notou o pesquisador brasileiro Vadim Viviani (2001), os vagalumes utilizam a emissão da luz como meio de comunicação e começam a piscar apenas quando o nível de luminância do ambiente é inferior a 0,5 lux (portanto, quando a mensagem tem potencial de ser recebida por conspécífico). Parece, portanto, razoável pensar que, com o aumento da iluminação pública, os vagalumes acabaram diminuindo na Itália nos anos 70. O fenômeno da diminuição, foi por outro lado, assinalado pelo próprio Vadim Viviani (2001) no Brasil, o qual notou uma diminuição no número de indivíduos observados no arco de 30 anos, na região de Campinas (fortemente urbanizada), e uma aparente estabilidade no número desses insetos na reserva natural de Boracéia, longe de qualquer centro urbano.

A redução da população de insetos, especialmente dotados de potenciais polinizadores, pode exercer conseqüências graves em ambiente tropical. Diferente do ambiente de clima temperado, no qual o número de espécies de polinizadores é limitado, e, em muitas espécies vegetais, a polinização é propiciada pelo vento, no clima tropical e equatorial o número de polinizadores aumenta proporcionalmente ao número de espécies vegetais. Como destacado de forma sintética por Janzen (1975), em muitos casos se verifica uma verdadeira co-evolução, pela qual apenas um polinizador assegura a reprodução de uma espécie vegetal. Por outro lado, um recente estudo de Vamosi et al (2006) mostra como, nos *hot spots*, regiões de maior biodiversidade, a competição das plantas para polinizadores representa a maior ameaça à biodiversidade. Como conseqüência da redução do número de insetos, portanto, poderá verificar-se uma redução de espécies vegetais. Esse fenômeno é especialmente grave em regiões de fragmentos de vegetação nativa, como nos estados com maior densidade demográfica – São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná, onde todo o ecossistema vegetal pode ser colocado em perigo, mas pode ser significativo também, em outras áreas do Brasil, com a menor densidade demográfica, nas quais existam, porém, formas acentuadas de endemismos. O significado das interações entre insetos e plantas e o perigo do desaparecimento de espécies de insetos é bem destacada por Brown e Gifford (2004), e por Oliveira e Gibbs (2004). Analisando esses aspectos, é importante lembrar que o efeito de atração dos insetos, por parte da iluminação artificial, é um efeito a distância e alguns pesquisadores apontam: mariposas chegam a ser atraídas até de 2-3 km de distância.

Também admitindo essa estimativa ser muito elevada, Janzen (1983) afirma que uma lâmpada pode atrair a uma distância de pelo menos 500 metros. Trata-se de um valor elevado, se pensarmos no tamanho dos fragmentos. Nos EUA Albers e Duriscoe (2001) estimam que 20% do território nacional se encontra sob a influência de 150 metros de iluminação externa; se estendermos o efeito a 500 metros, a área será maior. Curiosamente, em um artigo publicado no mesmo número da revista da fundação George Wright dedicado ao problema da poluição luminosa, Duriscoe (2001) destaca apenas o aspecto visual da poluição luminosa nos parques e nas reservas, e não o efeito sobre a biodiversidade.

EFEITO SOBRE OS VETORES DE DOENÇAS

Uma situação diferente se apresenta por outras espécies, especialmente por aquelas de interesse médico. Nesse caso deparamos com dois comportamentos distintos: entre os insetos a amplo raio de vôo e insetos com menor mobilidade.

Nos insetos de amplo raio de circulação, como, por exemplo, os culicídeos, a iluminação artificial exerce uma forte atração a distância, mas os insetos, como salientam Clements (1999) e Service (1993), não chegam a esbarrar na luminária e apenas circulam em volta dela. Nesse caso, chegando a um ambiente antrópico, o inseto pode ser atirado pelo cheiro e picar, transmitindo possíveis doenças. Um exemplo do amplo raio de circulação verifiquei no município de Mucajáf (Roraima), onde anofelinos visitavam a cidade, apesar de ter os criadouros a mais de um quilometro de distância. É

provável que a iluminação a vapores de mercúrio exercesse um elemento adicional de atração. Acentuando a atração a distância, a iluminação artificial pode ampliar a área de influência para instauração de epidemias. Por outro lado, com a eletrificação em áreas isoladas, na impossibilidade de pulverizar em um amplo raio, corre-se o risco de expor as populações locais a surtos de epidemias conhecidas e desconhecidas. A região tropical é, conforme relatado, entre outros, por Travasso et al (1998), o maior reservatório de arbovírus e a iluminação artificial pode ser mais um elemento antrópico que concorre na instauração de novas doenças (BARGHINI et al 2004).

Em outros insetos com mobilidade menor, como os flebótomos e os barbeiros, a iluminação artificial pode gerar situações mais sutis: o inseto não é atraído diretamente até as luminárias, portanto não pode ser capturado em armadilhas próximas a elas, mas pode ser atraído pelo cone luminoso. No caso dos flebótomos, uma pesquisadora, Dos Santos (2001), escreveu, recentemente, que luminárias de luz branca, quando se encontram a menos de 50 metros de um ambiente silvestre, podem representar perigo para difusão da leishmaniose.

O caso do mal de Chagas é exemplar no que diz respeito à possibilidade de instauração de epidemias com influência parcial da iluminação artificial. O *trypansomoma Cruzi* é uma doença pré-colombiana, difundida em grande parte da América Latina com elevada concentração na região andina, uma presença no planalto central e praticamente ausente na região amazônica. As justificativas dessa diferente concentração da doença em época pré-colombiana são bastante evidentes. Na região andina, a criação de animais domésticos (o *cui* e o *llama*) e

o tipo de cobertura das casas facilitaram a domiciliação do vetor, e a doença se tornou endêmica. No planalto central, especialmente após a época colombiana, as casas de adobe e as coberturas de sapé facilitaram a instauração da epidemia. Diferente dessas duas situações, na região amazônica, como destacado por Coimbra (1988), apesar de existir o patógeno e sete potenciais vetores, o mal de Chagas não se instaurou até a época recente. Esse elemento foi destacado por Coimbra como uma das argumentações pelas quais não existiram sociedades estáveis na região: o processo contínuo de deslocamento das aldeias não permitiu a domiciliação do vetor.

Em tempos recentes começaram a registrar-se casos de mal de Chagas, esporádico em diversas regiões da Amazônia, e a surgir a suspeita de o mecanismo de transmissão poder ser diferente daquele tradicionalmente conhecido, no qual o barbeiro podia ser encontrado no domicílio. Em alguns casos, confirmados recentemente, a transmissão se verificou, provavelmente, pela ingestão do próprio vetor, esmagado, ou pelas fezes do mesmo, encontradas em alimentos, como o fruto do açaí (*Euterpe precatoria*) e a cana-de-açúcar, triturados para produção do suco, conforme relatado por Geraque (2005).

Ao lado desse meio de transmissão, está sendo assinalado sempre com maior frequência um meio de transmissão diferente, no qual o vetor não é encontrado no domicílio, mas apenas na região peridomiciliar. Aparentemente, o vetor seria atraído quando não disponíveis outros animais de sangue quente para parasitar, pela iluminação artificial até o domicílio, onde parasitariam humanos. Essa hipótese, já lançada por Bertram (1971), encontra um renovado interesse entre os

pesquisadores latino-americanos, na Venezuela, por Feliciangeli (2002); no Brasil, por diferentes pesquisadores, como Teixeira et al (2001); por fim, na Reunião Internacional sobre Vigilância e Prevenção da Doença de Chagas na Amazônia, mantida esse ano, os pesquisadores Roja, Vinhaes e Rodriguez (2005) colocaram a iluminação artificial entre os elementos os quais, potencialmente, podem afetar a transmissão da doença.

Evidentemente, esses elementos induzem a refletir seriamente sobre o perigo de uma difusão não-controlada da iluminação externa pública e privada sem estudos mais aprofundados sobre o impacto ambiental.

MÉTODOS DE PREVENÇÃO

O caso das tartarugas marinhas e das aves são exemplos claros de como é possível, conhecendo a biologia da espécie, minimizar o impacto da iluminação artificial. Conhecendo quais elementos provocam o impacto, como intensidade luminosa, comprimento de onda, direção do feixe luminoso, é possível tentar controlar essas variáveis e reduzir o impacto.

Apesar da complexidade do tema, existem diferentes meios de minimizar o impacto. Naturalmente, em primeiro lugar, trata-se de usar fluxos luminosos mínimos, compativelmente com as necessidades das tarefas a serem realizadas, e limitar, ao máximo, a propagação da radiação luminosa em áreas nas quais ela não é necessária.

Isso significa, em primeiro lugar, utilizar luminárias com fluxo luminoso controlado, que não desprendam luz onde esta não é necessária, conforme mostra a Figura 2 (NEMA, 2002). O conceito de luminária total *cutoff*, ou luminária na qual não exista dispersão

do fluxo luminoso 90° acima do nadir representa, provavelmente, o primeiro passo para um controle melhor do fluxo luminoso. No Brasil, a obrigatoriedade de luminária não *cutoff* está em fase de implementação na ABNT, e já é adotada por alguns municípios, como o de São Paulo. Sistemas mais avançados, com maior controle do fluxo, estão sendo desenvolvidos em outros países, especialmente em áreas de proteção ambiental, por exemplo, na iluminação da orla marítima da Flórida (WITHERINGTON; MARTIN, 1996), em lugares de deposição das tartarugas – Figura 3.

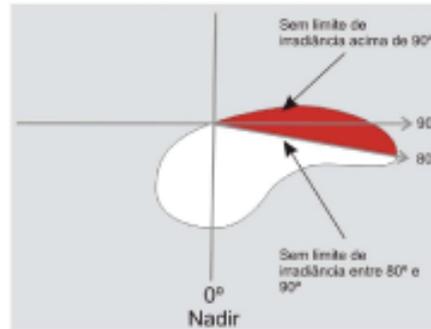
Essas providências, a reduzirem sensivelmente a poluição luminosa astronômica, são idôneas também para propiciar um menor impacto ambiental, e eliminam o desperdício de energia verificada todas as vezes que o fluxo luminoso não é dirigido onde não é estritamente necessário (INTERNATIONAL DARK SKY, 2002; IESNA, 1999).

A segunda medida importante é a regulagem da intensidade luminosa. Com o aumento da eficiência das lâmpadas, a quantidade de iluminação artificial pública e privada cresceu enormemente. Apenas

Luminárias non cutoff

Não possui controle da difusão da irradância no espaço

Noncutoff



Modelo Comercial de luminária não cutoff

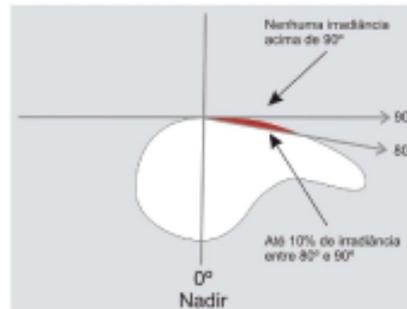


Resumo DI 35 I

Luminária total cutoff

Existe controle da distribuição da radiação no espaço

Full Cutoff

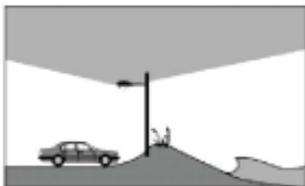


Modelo Comercial de luminária cutoff



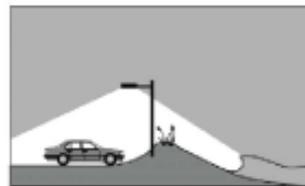
Figura 2 – Luminárias cutoff e não cutoff: Representação gráfica da difusão da radiação e modelos de luminárias

Figura 3 – Controle do fluxo luminoso para proteção das tartarugas marinhas



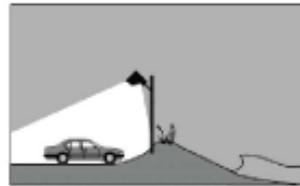
Luminária inadequada:

o poste alto e a falta de anteparo permitem a difusão da radiação luminosa em área ampla, inclusive desperdiçando energia. No caso de insetos, eles podem ser atraídos de longe



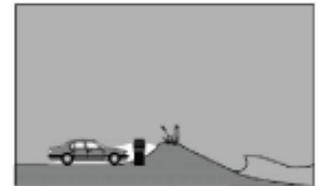
Luminária melhor:

a colocação de anteparo evita a difusão da radiação no ambiente, limitando, dessa forma, o impacto da atração, que permanece limitada ao cone no qual se registra a propagação do fluxo luminoso



Luminária muito melhor:

a orientação do fluxo luminoso, cobrindo apenas a região de interesse, reduz ainda mais o efeito sobre o ambiente e proporciona uma maior redução do consumo de energia. Um aspecto importante: é possível excluir seletivamente da difusão do fluxo luminoso áreas críticas



Luminária excelente:

reduzindo a altura do poste e direcionando o fluxo luminoso, esse tipo de luminária consegue minimizar o impacto. Em alguns países está sendo estudada a possibilidade de utilizar localmente LEDs a alta eficiência e com luz concentrada, utilizada como baliza

Dependendo do projeto de iluminação, a luz pode difundir-se mais ou menos no ambiente. Esses exemplos, extraídos das práticas recomendadas pela Florida Power Company, para defesa das tartarugas, mostram bem o impacto de diferentes projetos. É claro que, dependendo da finalidade e da espécie a ser protegida, as soluções podem ser diferentes

Fonte: Witherington e Martin (1996, 56)

para se ter uma idéia, Fouquet e Pearson (2006) estimam que, na Inglaterra, entre 1800 e hoje, a quantidade de iluminação artificial utilizada *per capita* aumentou 25.000 vezes. Apesar de existir uma forte variação do consumo entre diferentes países, esse aumento é da mesma ordem de grandeza em praticamente o mundo todo, já que depende, em grande parte, de um enorme aumento da eficiência na geração de luz, abandonando o sistema de queima e utilizando sistemas sempre mais eficientes de geração da luz. Não necessariamente fluxos de iluminação artificial representam um maior conforto visual e até, em muitos casos, níveis elevados de iluminação pública geram ofuscamento e desconforto. De fato, em ambientes intrinsecamente obscuros, como áreas rurais ou pequenos aglomerados de casas, o excesso de iluminação acaba prejudicando a percepção do entorno, criando zonas de sombra nas quais não existe percepção visual. Para contornar esse problema, a Comissão Internacional de Iluminação (CIE) já recomendou, em 1999, que os regulamentos de iluminação pública definissem níveis máximos de iluminação, dependendo de uma divisão do território em quatro zonas, e, em 2003 (CIE, 2003), publicou um guia para limitar os efeitos obstrutivos da iluminação artificial, definindo quatro zonas de iluminação ou *lighting environment*:

A recomendação da CIE, apesar de relativamente genérica, é, em primeiro lugar, orientada a assegurar um maior conforto visual e evitar um aumento

não-necessário da iluminação pública. Ela possui, por outro lado, um profundo significado ambiental. Em primeiro lugar, porque evita um desperdício inútil de energia elétrica. Em segundo lugar, porque o zoneamento permite dimensionar melhor a problemática de projeto, oferecendo indicações objetivas sobre os fluxos luminosos a serem adotados em diferentes áreas.

O critério do zoneamento da iluminação externa é, hoje, adotado em diferentes países de forma mais ou menos rigorosa, e representa um primeiro passo para uso da iluminação mais compatível com o ambiente. Países como a Austrália e a Nova Zelândia adotaram o critério em todo o território nacional, e muitas regiões ou prefeituras elaboraram regulamentos de iluminação externa a levarem em conta a poluição luminosa, astronômica e ambiental.

A Califórnia, com o novo regulamento de eficiência energética da California Energy Commission (2004), em vigor a partir de 1 de outubro 2005, fixa rigorosamente as zonas de iluminação com base nos dados de densidade demográfica da população, levantados no censo 2000, e prescreve potências máximas por metro quadrado dependendo do zoneamento. Apesar de o regulamento ser orientado fundamentalmente à poupança energética, ele representa uma importante contribuição a um uso mais apropriado da iluminação externa também do ponto de vista ambiental. Fato importante, o regulamento não diz respeito apenas à iluminação pública,

mas prescreve potências máximas para iluminação externa também em espaços privados, e chega a proibir, na zona 1, com regiões intrinsecamente obscuras, uma série de fontes de iluminação, como a de prédios, publicidades luminosas e luzes decorativas. Assim, a potência máxima por metro quadrado permitida varia, em média, de 1 a 4 entre o zoneamento das regiões periféricas e as regiões urbanas centrais, mantendo um rigoroso controle dos fluxos luminosos utilizados nos diferentes ambientes (CALIFORNIA ENERGY COMMISSION, 2004, Section 147, Tables 147-A-B-C, p. 112-117).

O terceiro ponto a ser levado em conta é o espectro de irradiância da fonte de iluminação artificial. De fato, a resposta da vida aos diferentes comprimentos de onda eletromagnética é espécie específica e, se o homem possui uma percepção visual entre 400 e 700 nanômetros, ou entre 380 nm e 760 nm, como sustentam alguns, a sensibilidade de outras espécies pode ser profundamente diferente, como mostra a comparação da sensibilidade humana com a sensibilidade do olho dos insetos, na Figura 4. O fato é especialmente importante na iluminação externa porque percebemos apenas a parcela da radiação emitida pelos sistemas de iluminação entre esses dois comprimentos de onda, enquanto outras espécies podem perceber uma parcela muito mais ampla e interpretar essa percepção de forma diferente da nossa. Aves, insetos, tartarugas marinhas (e muitos peixes) possuem uma sensibilidade na banda da radiação ultravioleta A (entre 320 e 400 nm), e esses comprimentos de onda possuem um significado específico, sendo fortemente atrativos.

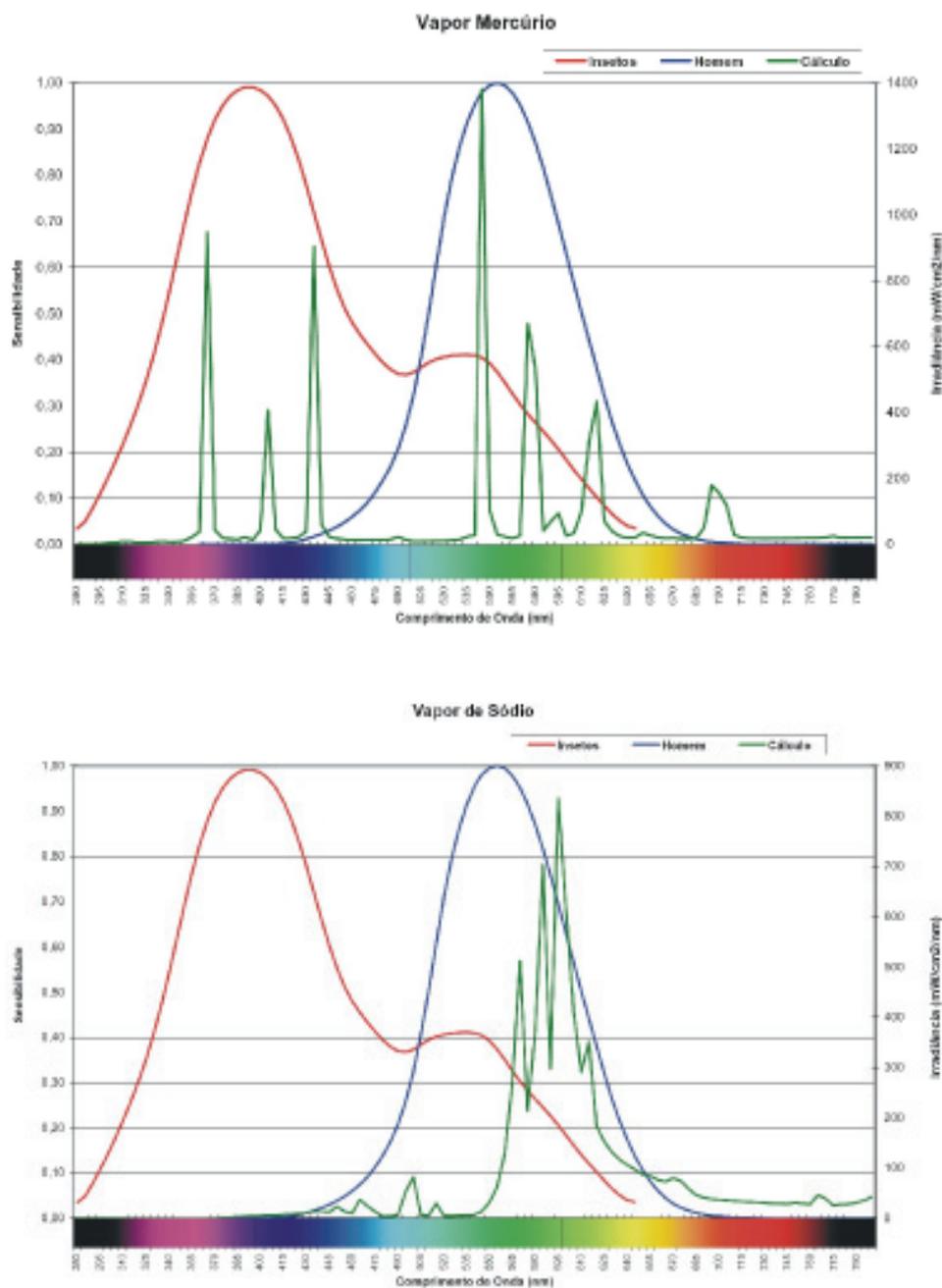
Seria complexo discutir, em detalhes, as razões da atratividade de muitas espécies para radiação ultravioleta. Aqui é suficiente indicar que razões filogenéticas mostram

Zona	Ambiente	Nível de iluminação	Exemplos
E1	Natural	Intrinsecamente obscuro	Parques nacionais ou sítios protegidos
E2	Rural	Baixa iluminação local	Áreas industriais ou residenciais
E3	Suburbano	Média iluminação local	Áreas suburbanas
E4	Urbano	Alta iluminação local	Centros urbanos e áreas comerciais

que a sensibilidade à radiação ultravioleta é, provavelmente, a sensibilidade originária das proteínas as quais convertem a radiação luminosa em sinal neuronal. O próprio homem, apesar de não perceber a radiação ultravioleta, possui rodopsinas que registram um máximo em 437 nm. As rodopsinas continuam sensíveis até 380 nm; o sinal da ultravioleta não é percebido apenas porque é filtrado pela córnea, pelo humor vítreo e pela *macula lutea*, em um processo no qual, conforme relatam Krinsky et al (2003), possui um alto valor de proteção. A radiação ultravioleta é, em certo sentido, uma mensagem não-viesada: possui um nível energético a não permitir que o sinal seja confundido com a agitação térmica molecular (STILES, 1948).

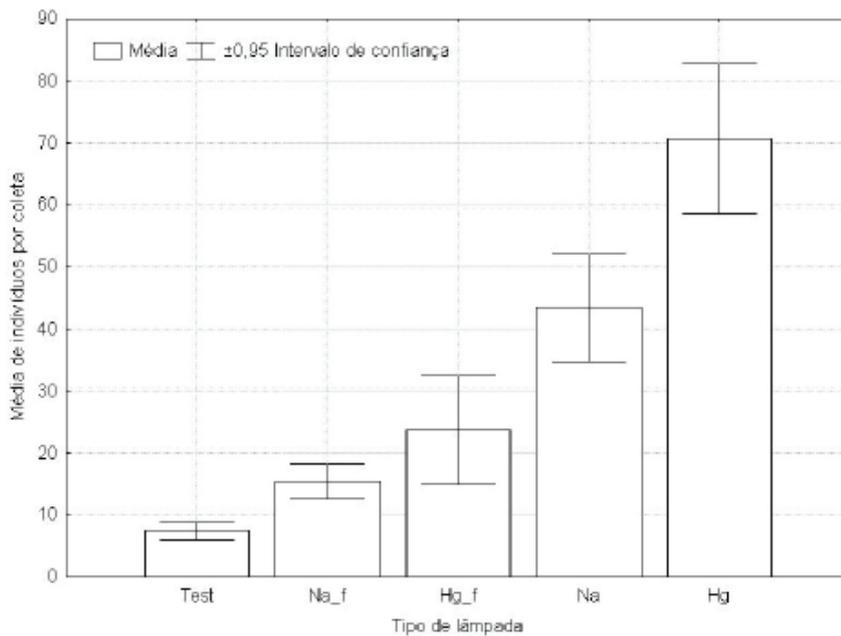
O controle da irradiância na radiação ultravioleta, portanto, seria um mecanismo importante no controle da poluição luminosa, especialmente em relação aos insetos. Como é amplamente conhecido, o olho dos insetos é bem diferente do olho humano. Em primeiro lugar, é um olho composto, formado de um número variável de ommatídios; portanto, a formação da imagem é profundamente diferente da nossa. Em segundo lugar, a sensibilidade cromática verificada em diferentes comprimentos de onda, enquanto a faixa do visível do homem está compreendida entre 400 e 700 nanômetros (da violeta ao vermelho), a sensibilidade dos insetos é bastante variável, dependendo do táxon ou até da espécie, mas se inicia na ultravioleta (entre 320 e 370 nanômetros). O controle da emissão na faixa da ultravioleta pode, assim, minimizar a atração dos insetos. As figuras 4 e 5 mostram respectivamente a irradiância das lâmpadas a vapor de mercúrio e a vapor de sódio, e a sensibilidade visual por comprimento de ondas do homem e dos insetos.

Figuras 3 e 4 – Gráficos da sensibilidade do homem e insetos e da energia radiante das lâmpadas estudadas



A comparação direta do espectro de irradiância dos dois tipos de lâmpadas mais utilizadas pela iluminação pública, com as curvas de sensibilidade humana e dos insetos, mostra a grande vantagem da utilização das lâmpadas a vapor de sódio a alta pressão. Apesar de quanto mostrado pelo gráfico, porém, o maior efeito no controle da atração dos insetos é obtido utilizando-se filtros de radiação ultravioleta, como pode ser visto no Gráfico 4.

Figura 6. Distribuição das coletas por tipo de lâmpada



Mostra o resultado das coletas no campus da USP. A testemunha, armadilha sem iluminação artificial, coletou em média, 7,47 indivíduos por noite, a vapor de sódio com filtro 15,65, a vapor de mercúrio com filtro 23,71, a vapor de sódio sem filtro 43,43 indivíduos, e a vapor de mercúrio sem filtro 70,27 indivíduos. Ou, posta igual a 1 a quantidade de insetos coletados na testemunha, a armadilha posta junto da lâmpada a vapor de sódio com filtro coletou uma quantidade de insetos de 2,1 vezes maior, a lâmpada a vapor de mercúrio com filtro 3,18 vezes. Quando se passa às lâmpadas sem filtro de radiação ultravioleta, número de insetos coletados aumento de sensivelmente, passando a 5,82 vezes, no caso da lâmpada a vapor de sódio a alta pressão e a 9,41 vezes, no caso da lâmpada a vapor de mercúrio. A forte diferença existente entre as lâmpadas com e sem filtro confirma o significado específico que a radiação ultravioleta possui para os insetos como indicador de espaço livre

Estudos preliminares conduzidos no Brasil (BARGHINI et al, 2002, 2004, e, no exterior, EISENBEIS, 1999, 2001) mostram que, utilizando-se filtro de ultravioleta, é possível reduzir a atração da iluminação em até 80%. Com uma armadilha estática de coleta de insetos, instalada no campus da USP, foi possível verificar que, posta igual a 1, a quantidade de insetos coletados na testemunha, uma armadilha de insetos sem iluminação artificial, a armadilha posta junto da lâmpada a vapor de sódio com filtro coletou uma quantidade de insetos de 2,1 vezes maior, a lâmpada a vapor de mercúrio com filtro 3,18 vezes. Quando se passa às lâmpadas sem filtro de radiação ultravioleta, o número de insetos

coletados aumentou sensivelmente, passando a 5,82 vezes, no caso da lâmpada a vapor de sódio a alta pressão, e a 9,41 vezes, no caso da lâmpada a vapor de mercúrio (Figura 6). A forte diferença existente entre as lâmpadas com e sem filtro indica o significado específico que a radiação ultravioleta possui para os insetos como indicador de espaço livre. É interessante salientar que a redução no número de insetos coletados se verificou sem diminuir o conforto visual para o homem, porque o olho humano não é sensível à radiação ultravioleta.

Outro caminho para redução da poluição luminosa é utilizar lâmpadas a vapor de sódio a baixa pressão, conforme recomendado pela associação

dos astrônomos, a International Dark-Sky Association (DARKSK, 2002). Esse tipo de lâmpada é, muitas vezes, mais eficiente que lâmpadas a vapor de sódio a alta pressão. Sendo monocromáticas, as lâmpadas a vapor de sódio apresentam emissão apenas em 589 nm. Para os astrônomos, isso significa ser fácil, no espectrorradiômetro digital, retirar a banda do sódio, sabendo que as outras bandas da radiação são provenientes de corpos celestes. As lâmpadas a vapor de sódio a baixa pressão são também positivas para o meio ambiente; de fato a luz monocromática em 589 nm não é atrativa para a maioria das espécies, como os insetos, as aves e até as tartarugas marinhas – quando possuem visão nessa banda, não são atraídas pela luz.

Essa exposição mostra, conhecendo os impactos dos diferentes sistemas de iluminação, como é possível minimizar as conseqüências negativas dos grandes programas de iluminação, sem, com isso, diminuir o conforto para o homem. Por essa razão, seria oportuno que os grandes programas de eletrificação rural e de reforma das instalações de iluminação pública, hoje em implantação, sejam acompanhados, como em todas as grandes obras, por estudos aprofundados de impacto ambiental. A iluminação externa, apesar de todos os benefícios proporcionados, é também uma fonte de desequilíbrio do ambiente, que deve ser estudada antes da realização de grandes obras.

NOTA

(1) Não é desconsiderado comentar que, no início da eletrificação, com lâmpadas pouco eficientes e um custo elevado da eletricidade, a iluminação pública possuía níveis mínimos, suficientes apenas para quebrar a obscuridade: no primeiro contrato de concessão de iluminação pública elétrica celebrado no Brasil, na cidade de Rio Claro (interior de São Paulo), estava previsto o uso da iluminação do pôr-do-sol até a aurora, excetuadas as noites de lua cheia.

BIBLIOGRAFIA

- BARGHINI, A.; URBINATTI, P. R.; NATAL, D. Atração de mosquitos (*Diptera: Culicidae*) por lâmpadas incandescentes e fluorescentes. **Entomol. Vect.**, n. 11, p. 611-622, 2004. Disponível em: <C:\www.ugf.br/editora>.
- BEIER, P. Dispersal of juvenile cougars in fragmented habitat. **Journal of Wildlife Management**, v. 2, n. 59, p. 228-237, 1995.
- BERTRAM, D. S.: Attraction of triatomine bug vectors of Chagas's disease to betalights. **Nature**, v. 231, n. 5.300, p. 268, 1971.
- BHATTACHARYA, A.; Y. D. MISHRA, et al. Attraction of some insects associated with lac towards various coloured lights. **Journal of Insect Science**, v. 8, n. 2, p. 205-206, 1995.
- BIRD, B.; BRANCH, L. C.; MILLER, D. L. Effects of coastal lighting on foraging behavior of beach mice. **Conservation Biology**, v. 5, n. 18, p. 1.435-1.439, 2004.
- BOWER, J. The Dark Side of Light. **Audubon**, mar./abr. 2000. Disponível em: <C:\magazine.audubon.org/darksideoflight.html>. Acesso em: ago. 2005.
- BROWN, K. S.; GIFFORD, R. D. Lepidoptera in the cerrado landscape and the conservation of vegetation, soil, and topographical mosaics. **The cerrados of Brasil**. Nova York: Columbia University Press, 2004.
- CALIFORNIA ENERGY COMMISSION. Building Energy Efficiency Standards for Residential and Nonresidential Buildings. Disponível em: <C:\www.energy.ca.gov/title24>. Acesso em: 05 maio 2005.
- CIE TECHNICAL REPORT 150:2003; **Guide on the limitation of the effects of obtrusive light from outdoor lighting installations**, Vienna 2003.
- CINZANO, P.; FALCHI, F.; Elvidge. The first world atlas of the artificial night sky brightness, 2001. **Mon Not R Astron Soc.**, n. 328, p. 689-707.
- CLEMENTS, A. N. The biology of mosquitoes. **Sensory reception and behaviour**. Publishing Wallingford Caby, v. 2, n. 740, 1999.
- COIMBRA Carlos E. A., Jr. Human settlements, demographic pattern, and epidemiology in Lowland Amazonia: The case of Chagas's disease. **American Anthropologist**, v. 90, n. 1, p. 82-97, 1998. New Series.
- COLLISION COURSE. The Hazards of Lighted Structures and Windows to Migrating Birds. Disponível em: <C:\www.flap.org/new/ccourse.pdf>
- COMMITTEE ON SCIENCE AND TECHNOLOGY SEVENTH REPORT. Disponível em: <C:\www.parliament.the-stationery-office.co.uk/pa/cm200203/cmselect/cmsstech/747/74702.htm>. Acesso em: 01 set. 2005.
- DARKSKY: **IDA's Lighting Code Handbook V1.14 Sep 2002**. Version 1.14. International Dark-Sky Association, Tucson, December 2000 / September 2002. Disponível em: <C:\www.darksky.org/ordsregs/lchintro.html>. Acesso em: 20 out. 2003.
- DAVIS, S; MIRICK, D. K; STEVENS, R. G. Night shift work, light at night, and risk of breast cancer. **J Natl Cancer Inst.**, v. 20, n. 93, p. 1557-1562, 2001.
- DE CANDIDO, R. Autumn 2004 Visible Night Migration of Birds at the Empire state Building. Nova York City, New York. Disponível em: <C:\www.birderblog.com/bird/Places/NewYork/ESB/ESBFallMigrationReport2004.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2006.
- DENTON, T. A. Moths and butterflies of the United States east of the rocky mountains, **The moths**. Boston: Bradlee Whidden, v. 1, 1990.
- DURISCOE A. S.: Modeling Light Pollution from Population Data and Implications for National Park Service Lands. **The George Wriht Forum**, v. 18, n. 4, p. 56-68, 2001.
- DURISCOE, D. Preserving pristine night skies in National Parks and the wilderness ethic. **The George Wright Forum**, v. 4, n. 18, p. 30-36, 2001.
- ECOLOGICAL CONSEQUENCES OF ARTIFICIAL NIGHT LIGHTING. Congresso internacional realizado em fevereiro de 2002, Los Angeles, Disponível em: <C:\www.urbanwildlands.org/abstracts.html>.
- EISENBEIS, G. ; HASSEL, F. Attraction of nocturnal insects to street lights – A study of municipal lighting systems in a rural area of Rheinhessen (Germany). **Natur und Landschaft**, Alemanha, v. 4, n. 75, p. 145-156, 2000.
- ____. Attraction of nocturnal insects by street lights. **Zoology**, n. 102, Suppl. II 92.1, p. 81, 1999.
- ____. Zur Anziehung nachtaktiver Insekten durch Strassenlampen, **Natur und Landschaft**, v. 4, n. 75, p. 145-156, 2000.
- FELICIANGELI, Dora. M et. al: Is *Rhodnius robustus* (*Hemiptera:Reduviidae*) responsible for Chagas disease transmission in Western Venezuela. **Tropical Medicine and International Health**, v.7, n. 3, p. 280-287, 2002.
- FLORIDA POWER COMPANY. Coastal Roadway Lighting Manual. **A Handbook of Practical Guidelines for Managing Street Lighting to Minimize Impacts to Sea Turtles**, Juno Beach, Flórida, 2002.
- FRANK, K. D. Impact of outdoor lighting on moths: An assessment. **Journal of the Lepidopterists' Society**, v. 2, n. 42, p. 63-93, 1988.
- GERAQUE, E. Infecções frequentes. Agência Fapesp, 19/04/2005. Disponível em: <C:\www.agencia.fapesp.br/boletim_dentro.php?data[id_materia_boletim]=3597>. Acesso em: ago. 2005.
- GÓES, Rob de. **Os duendes de seis patas e a cidade mutante**. São Paulo: Geração Editorial, 2004.
- HEALTH COUNCIL OF THE NETHERLANDS. **Impact of outdoor lighting on man and nature**. The Hague: Health Council of the Netherlands, Netherlands 2000, publication, n. 2000/25E, 2000.
- HEBERT, E.; REESE, E. **Avian Collision and Electrocution: An Annotated Bibliography California Energy Commission**, October, 1995. Publication Number: P700-95-001. Disponível em: <C:\www.safewind.info/pdf/avian_collision.pdf> Acesso em: 05 ago. 2005.
- Herbert Spatial disorientation in birds, **The Wilson Bulletin**, v. 82, n. 4, December 1970 400-419. Disponível em: <C:\elibrary.unm.edu/sora/Wilson/v082n04/p0400-p0419.pdf . Acesso em: 10 ago. 2005.
- IESNA Illuminating Engineering Society of North America. **Lighting Handbook**. 9. ed. Nova York, 1999.
- IESNA Outdoor Environment Lighting Committee, **Lighting for Exterior Environments**, RP-33-99. Nova York: Illuminating Engineering Society of North America, 1999.
- JANZEN, Daniel H. **Ecology of plants in the tropics**. Londres: Edward Arnold, 1975,
- ____. Insects. **Costa Rican natural history**. Chicago: University of Chicago Press, 1983.
- JONES, J.; FRANCIS, C. M. The effects of light characteristics on avian mortality at lighthouses. **Journal of Avian Biology**, 2003.
- KRINSKY, I. N.; LANDRUM, J. T.; BONÉ, R. A. Biological Mechanisms of the Protective Role of Lutein and Zeaxanthin in the Eye. **Annu. Rev. Nutr.** n. 23, p. 171-201, 2003.
- Lei n 7034, de 13 de fevereiro 1997, do estado da Bahia. Proibe uso de fonte de iluminação que ocasione intensidade luminosa superior a zero lux tendo em vista proteger as tartarugas marinhas no litoral norte.
- LESLEY J. Evans Ogden. **Collision Course: The Hazards of Lighted Structures and Windows to Migrating Birds**, World Wildlife Fund Canada: The Fatal Light Awareness Program, 1996, 46 p.

- LONGCORE, T.; RICH, C. Ecological light pollution. **Front. Ecol Environ**, v. 4, n. 2, p. 191-198, 2004.
- LOSEY, J.; VAUGHAN, M. The Economic Value of Ecological Services Provided by Insects. **BioScience**, v. 56, n. 4, p. 311-323, 2006.
- MINISTERIE VAN VERKEER EN WATERSTAAT. **Falls of migrant birds An analysis of current knowledge** – 15 November 1999. Disponível em: <C:\www.luchtvaartbeleid.nl/nr/dgresource/upload/RLD%20138%20-%20Falls%20of%20migrant%20birds.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2005.
- NASA. Disponível em: <C:\antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/ap001127.html>. Acesso em: 10 ago. 2005.
- NEMA NATIONAL ELECTRICAL MANUFACTURERS ASSOCIATION. **White Paper on Outdoor Lighting Code Issues**. Disponível em: <C:\www.nema.org/products/div2/Outdoor.pdf>, 2000.
- OLIVEIRA P. E.; GIBBS, P. E. Pollination and reproductive biology in Cerrado Plant Communities. In: OLIVEIRA e MARQUIS. **The cerrados of Brasil**. Nova York, Columbia University Press, 2004.
- ORANSKY, I. Closing bell: please stop, you're interfering with my research. **The Scientist**, v. 2, n. 19, p. 60, 2005.
- PAIETA, J. Photooxidation and the evolution of circadian rhythmicity. **J. Teor. Biol**, n. 97, p. 77-82, 1982.
- PASOLINI, Pier Paolo. Il vuoto del potere, ovvero l'articolo delle lucciole. **Corriere della sera**, 1° febbraio 1975, reproduzido em Scritti Corsari. Disponível em: <C:\www.pasolini.net/saggistica_scritticorsari_lucciole.htm>. Acesso em: 02 set. 2005.
- PAULEY, S. M. Lighting for the human circadian clock: recent research indicates that lighting has become a public health issue. **Med Hypotheses**, v. 4, n. 63, p. 588-96, 2004.
- ROJAS, Amadeo; VINHAES, Márcio; RODRIGUEZ, Maurício et al. Reunião Internacional sobre Vigilância e Prevenção da Doença de Chagas na Amazônia: Implementação da Iniciativa Intergovernamental de Vigilância e Prevenção da doença de Chagas na Amazônia. **Rev. Soc. Bras. Med. Trop**, v. 38, n. 1, 2005. Available from world wide web: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0037-86822005000100022&lng=en&nrm=iso>. Cited 10 ago. 2005.
- ROSA, Amélia P. A. Travassos da; VASCONCELOS, Pedro F. C.; ROSA, Jorge F. S. Travassos da. **An overview of arbovirology in Brazil and neighbouring countries**. Belém: Instituto Evandro Chagas, 1998.
- SANDERSON, K.; KIRKLEY, D. Yearly activity patterns of bats at Belair National Park in Adelaide, South Australia. **Australian Mammalogy**. Austrália, n. 20, p. 369-375, 1998.
- SANTOS, T. G. dos; MELLO GAIA, M. C. de. Brazil RP: Attraction of sand flies (*Diptera: Psychodidae*) to light traps in rural areas of Minas Gerais state, Brazil. **J Am Mosq Control Assoc.**, v. 1, n. 19, p. 74-78, 2003.
- SCHERNHAMMER E. S.; SCHULMEISTER, K. Melatonin and cancer risk: Does light at night compromise physiologic cancer protection by lowering serum melatonin levels? **Br J Cancer**, v. 5, n. 90, p. 941-943, 2004.
- SERVICE, M. W. **Mosquito ecology field sampling methods**, 2 ed. Londres – Nova York: Elsevier Applied Science, 1993.
- STEVENS, R. G. Circadian disruption and breast cancer: from melatonin to clock genes. **Epidemiology**, v. 2, n. 16, p. 254-258, 2005.
- STEVENS, R. G.; REA, M. **Light in the built environment: Potential role of circadian disruption in endocrine disruption and breast cancer, cancer causes and control**, v. 12, issue 3, p. 279-287, 2001.
- STILES, W. S. The physical interpretation of the spectral sensitivity curve of the eye. **Transactions of the optical convention of the worshipful company of spectacles makers**. Londres: Spectacle Makers' Co., 1948.
- TEIXEIRA, Antonio R. L., et al. Research – Emerging chagas disease: Trophic network and cycle of transmission of *Trypanosoma cruzi* from palm trees in the Amazon. **Emerging infectious diseases**, v. 7, n. 1, January–February 2001, p. 100-112. Disponível em: <C:\www.cdc.gov/ncidod/eid/vol7no1/pdfs/teixeira.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2005.
- VAMOSI, J. C.; KNIGHT, T. M.; STEETS, J. A.; MAZER, S. J.; BURD M.; ASHMAN, T. L. **Pollination decays in biodiversity hotspots**. **Proc Natl Acad Sci U S A**, v. 103, n. 4, p. 956-61, jan. 2006.
- VERHEIJEN, F. J. The mechanisms of the trapping effect of artificial light sources upon animals. **Netherlands Journal of Zoology**, n. 13, p. 1-107, 1958.
- VIVIANI, V. Fireflies (*Coleoptera: Lampyridae*) from Southeastern Brazil: Habitats, life history, and bioluminescence. **Journal: Annals of the Entomological Society of America**, v. 94, issue 1, p. 129-145, 2001
- WHITE PAPER. Rural England – A Nation Committed to a living Countryside, Londres: HMSO, 1995.
- WHITE PAPER OF THE OFFICE OF THE DEPUTY PRIME MINISTER. **Lighting in the Countryside: towards good practice**. Disponível em: <C:\www.odpm.gov.uk/stellent/groups/odpm_planning/documents/page/odpm_plan_606163.hcsp>. Acesso em: 02 set. 2005.
- WITHERINGTON, B. E.; MARTIN, R. E. **Understanding, assessing and resolving light-pollution problems on sea turtle nesting beaches**. Miami: Florida Department of Environmental Protection / FMRI Technical Report TR-2, 1996.