

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS  
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, BACHARELADO

Vagner Hipolito Mugerza

**O ciclo reprodutivo de *Cestrum strigilatum* Ruiz & Pav.  
(Solanaceae) e o impacto da poluição luminosa na polinização.**

Porto Alegre  
2022

Vagner Hipolito Muguerza

**O ciclo reprodutivo de *Cestrum strigilatum* Ruiz & Pav.  
(Solanaceae) e o impacto da poluição luminosa na polinização.**

Trabalho de Conclusão do Curso de Bacharelado  
em Ciências Biológicas do Instituto de Biociências,  
da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Bustos Singer

Porto Alegre  
2022

### CIP - Catalogação na Publicação

Muguerza, Vagner Hipolito

O ciclo reprodutivo de *Cestrum strigilatum* Ruiz & Pav. (Solanaceae) e o impacto da poluição luminosa na polinização. / Vagner Hipolito Muguerza. -- 2022.

50 f.

Orientador: Rodrigo Bustos Singer.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto  
de Biociências, Bacharelado em Ciências Biológicas,  
Porto Alegre, BR-RS, 2022.

1. Polinização noturna. 2. Poluição luminosa . 3.  
*Cestrum strigilatum*. 4. Sucesso reprodutivo. 5. Ciclo  
reprodutivo. I. Singer, Rodrigo Bustos, orient. II.  
Título.

Vagner Hipolito Muguerza

**O ciclo reprodutivo de *Cestrum strigilatum* Ruiz & Pav.  
(Solanaceae) e o impacto da poluição luminosa em seu sucesso  
reprodutivo.**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Aprovado em: 11 de Outubro de 2022.

BANCA EXAMINADORA

---

Andreas Kindel - UFRGS

---

Lúcia R. Dillenburg - UFRGS

---

Rodrigo B. Singer - UFRGS (orientador)

## RESUMO

A polinização é um serviço ecossistêmico essencial e ao mesmo tempo altamente sensível. Em centros urbanos, os animais polinizadores sofrem diversas interferências antrópicas, que dificultam a interação com as plantas das quais evoluíram conjuntamente. A poluição luminosa é constante nesses ambientes, com fontes de luz artificial sempre presentes, que atuam sobre os ciclos metabólicos dos animais e vegetais envolvidos neste fenômeno biológico. A partir da observação da solanácea *Cestrum strigilatum* (Ruiz & Pav.), uma espécie de polinização noturna, conhecida popularmente como coarana, é possível inferir se este impacto é significativo o bastante para prejudicar o ciclo reprodutivo e frutificação desta espécie, no ambiente do Jardim Botânico de Porto Alegre. Ao final de quatro meses de observação, o sucesso reprodutivo, medido pela abundância de frutos em relação aos botões florais, não apresentou diferenças relevantes entre os dois grupos de plantas: um grupo próximo às fontes luminosas e o outro grupo mais distante. Nota-se que outros fatores, como o clima e presença de cobertura vegetal são variáveis que influenciam de forma mais pertinente no evento da polinização.

**Palavras-chave:** Poluição luminosa. Polinização. *Cestrum strigilatum*.

## ABSTRACT

Pollination is an essential ecosystem service, and at the same time, a highly sensible one. In urban centers, pollinating animals suffer from a variety of anthropic interferences that hinder the interaction between animal and plant, which coevolved. Light pollution is constant at urban landscapes, with artificial light sources always presente, disrupting metabolic cycles of animals and plants involved in the event of pollination. Through the observation of the Solanaceae species *Cestrum strigilatum* (Ruiz & Pav.), with nocturnal pollination, it is possible to infer it the impact of said pollution is significant enough to affect the reproductive cycle and fructification of these species, at the Jardim Botânico park, Porto Alegre city, Brazil. At the end of four months of observation, the reproductive success, measured by the relation between flower buds and ripe fruits, showed no noticeable differences in the two groups: plants under light pollution and plants far Away from light sources. Other factors, such as climate and vegetation cover are more influential and pertinent to the pollination event.

**Keywords:** Light pollution. Pollination. *Cestrum strigilatum*.

## LISTA DE FOTOS

<b>Foto 1</b> – Ramo com botões, demarcado com linha azul. Registro do dia 27/04, da planta 1.....	18
<b>Foto 2</b> – O mesmo ramo da foto anterior, dessa vez com flores, demarcado com linha azul. Registro no dia 05/05, da planta 1.....	19
<b>Foto 3</b> – Saco de tecido que isola um ramo de polinizadores.....	21
<b>Foto 4</b> – Saco de tecido contendo ramo com botões florais. ....	22
<b>Foto 5</b> – Saco de tecido contendo ramo com flores.....	23
<b>Foto 6</b> – Planta em situação de sombra, com sacos de tecido. Registro diurno, da planta 4, dia 05/05.....	24
<b>Foto 7</b> – Planta em situação de sombra, com ramo demarcado por fita vermelha. Registro noturno, com iluminação por lanterna, da planta 4, dia 20/05. ....	25
<b>Foto 8</b> – Planta com interferência de fonte luminosa. Registro noturno, da planta 11, dia 16/05.....	26
<b>Foto 9</b> – Planta 13, com abundância de frutos maduros. Registro do dia 18/08. ....	33
<b>Foto 10</b> – Saco de tecido aberto, mostrando as flores secas caídas. Registro do dia 26/08.....	34
<b>Foto 11</b> – Ramo com frutos verdes, onde havia um saco de tecido isolando a ação de polinizadores. Este resultado ocorreu uma vez, de todas as verificações do método. Registro do dia 23/07. ....	35
<b>Foto 12</b> – Mariposa em interação com flor. Capturada com lente Macro. Registro de 07/05, às 19h44. ....	38
<b>Foto 13</b> – Mariposa da Foto 12, com detalhe para probóscide inserida na flor, demonstrando a alimentação do animal e evidenciando a polinização. Capturada com lente Macro. Registro de 07/05, às 19h43.....	39
<b>Foto 14</b> – Mariposa em visitação floral. Capturada com lente Macro. Registro de 07/05, às 21h20.....	40
<b>Foto 15</b> – Mariposa em visitação floral. Capturada com lente Macro. Registro de 22/05, às 21h46.....	41
<b>Foto 16</b> – Mariposa em visitação floral. Capturada com câmera de aparelho celular. Registro de 24/05, às 18h50.....	42

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Código de cores para a estrutura reprodutiva e simbologia para abundância empregados nas tabelas para ilustração dos resultados .....	28
<b>Tabela 2</b> - Resultados de estrutura reprodutiva e respectiva abundância, nos treze indivíduos de <i>C. strigilatum</i> , para os dias do experimento, em ordem numérica e com dado climático.....	29
<b>Tabela 3</b> - Resultados de estrutura reprodutiva e respectiva abundância, nos treze indivíduos de <i>C. strigilatum</i> , para os dias do experimento, com a distância temporal entre as datas expressada. ....	30
<b>Tabela 4</b> - Resultados de estrutura reprodutiva e respectiva abundância, nos seis indivíduos de <i>C. strigilatum</i> longe de fontes luminosas, para os dias do experimento.....	31
<b>Tabela 5</b> - Resultados de estrutura reprodutiva e respectiva abundância, nos seis indivíduos de <i>C. strigilatum</i> expostas a fontes luminosas, para os dias do experimento.....	31
<b>Tabela 6</b> - Resultados de estrutura reprodutiva e respectiva abundância, nos seis indivíduos de <i>C. strigilatum</i> expostas a fontes luminosas, em diferentes distâncias, para os dias do experimento. O primeiro grupo se encontra a 10 metros ou menos de distância, o segundo grupo, entre 10 e 15 metros, e a planta 13, a 25 metros de distância da fonte luminosa mais próxima.....	32
<b>Tabela 7</b> - Dias de verificação de sacos de tecido, demonstrando único evento de frutificação em ramo isolado.....	36



## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1** – Localização das plantas no Jardim Botânico de Porto Alegre, com indicação de fontes luminosas próximas, e raio de 30 metros da fonte. .... 16

## SUMÁRIO

RESUMO.....	5
ABSTRACT.....	6
1    INTRODUÇÃO .....	10
1.1  OBJETIVOS .....	13
1.1.1  Objetivo Geral .....	13
1.1.2  Objetivos Específicos .....	13
2    METODOLOGIA.....	14
3    RESULTADOS .....	27
4    DISCUSSÃO .....	43
5    CONCLUSÃO.....	47
REFERÊNCIAS.....	48

## 1 INTRODUÇÃO

A poluição luminosa é causada por luzes artificiais que alteram padrões e ciclos naturais de luz e escuridão em organismos e ecossistemas. A nível de espécie, pode afetar em diversas esferas, como na fisiologia, comportamento, comunicação inter e intraespecífica, na facilitação da predação e no prejuízo da reprodução de animais e plantas (Rich and Longcore, 2006), além da desorientação, atração ou repulsão às fontes, interrupção de períodos de descanso, alterações nas competições e alteração na percepção do fotoperíodo para animais e plantas (Lyytimäki, 2009).

Este fator de mudança ecológica é um entre outros fatores que impactam o serviço ecossistêmico da polinização, e atua sobretudo nos organismos envolvidos com a polinização noturna, visto que sua atividade é regulada pela presença e ausência da luz. A interação direta com as fontes poluidoras, somada aos efeitos residuais dessas fontes (que geram luz de fundo) prejudicam de diversas formas os indivíduos, populações e comunidades (Hölker et al., 2010; Lyytimäki, 2013; Lewanzik & Voigt, 2014). A luz de fundo ocorre quando a luz é refletida em superfícies e difundida no ar por partículas suspensas e umidade (Lyytimäki, 2009).

A principal classe responsável pelo serviço ecossistêmico da polinização são os insetos. A coadaptação de insetos e plantas resultou em espécies altamente especializadas envolvidas nesta interação. Os efeitos nestes animais incluem, de forma direta, a danificação de asas, pernas e antenas, e eventual morte do indivíduo. Além disso, a poluição luminosa pode suprimir a oviposição, através da atração e desorientação pela fonte luminosa, e até mesmo agir como armadilhas ecológicas, fazendo com que fêmeas depositem seus ovos em densidades e locais inadequados (MacGregor et. al., 2015). Insetos noturnos possuem olhos compostos que produzem uma visão extremamente adaptada, incluindo visão escotópica, que permite a produção de imagens em condições de baixa luminosidade. A exposição elevada à luz pode reduzir drasticamente a sensibilidade ocular, prejudicando a visão dos insetos à noite, quando longe destas fontes luminosas (MacGregor et. al., 2020).

As luzes artificiais impactam também na liberação de sinais químicos produzidos pelas flores, que orientam os polinizadores na realização deste serviço. As plantas possuem ciclos fisiológicos internos governados pela presença luminosa, e uma exposição contínua à luz pode desregular a liberação de compostos orgânicos

voláteis, perfumados, que estimulam a visitação à flor e a consequente polinização (MacGregor et. al., 2020). Estes compostos são essenciais, principalmente, para plantas que florescem à noite, quando os polinizadores priorizam a atração química sob a visão. Além disso, os ciclos naturais de luz e escuridão informam o momento adequado para o florescimento, e rupturas nesses ciclos podem resultar em uma dissociação na interação com os polinizadores. Assim, as fontes luminosas prejudicam diretamente o sucesso reprodutivo de diversas espécies vegetais, podendo acarretar em consequências drásticas para populações mais sensíveis a este tipo de poluição.

Estas mudanças antropogênicas nos ecossistemas impactam na diversidade e abundância de animais e plantas, resultando num declínio global de diversas espécies. O impacto é ainda mais drástico para insetos polinizadores, e, como consequência, para as plantas polinizadas por estes. A preocupação se torna maior ao considerar que um terço da produção agrônômica mundial, em volume, depende de polinização animal (MacGregor et. al., 2020). Espécies vegetais ameaçadas e espécies de importância cultural somam ao prejuízo econômico, evidenciando a necessidade de alternativas na iluminação urbana. Além da substituição por lâmpadas LED, que são mais custo-efetivas e de menor impacto, a implementação de detectores de movimento nas fontes de luz em meios urbanos pode ser um bom começo para preservar esta relação ecológica de extrema importância para todos os ecossistemas do mundo.

Com a observação do ciclo reprodutivo de indivíduos de uma espécie, pode-se avaliar o sucesso reprodutivo, com a observação da abundância de estruturas reprodutivas, desde botões até floração e frutificação. A espécie escolhida como objeto de estudo foi a solanácea *Cestrum strigilatum*, que se utiliza da polinização noturna para a sua reprodução. As flores de *C. strigilatum* exalam um agradável aroma durante a noite. (Vagnoli-Silva, 2009) O gênero é conhecido pelo seu ciclo rápido de floração e frutificação e incapacidade de autofertilização, o que a torna uma espécie ideal para avaliar o impacto da poluição luminosa. *Cestrum strigilatum* é conhecida popularmente como coerana.

Soares, em sua chave para identificação das espécies de Solanaceae do Parque Estadual de Itapuã, descreve a espécie como:

Ao incluir plantas em condições luminosas diferentes, espero estipular, qualitativamente, o impacto da poluição causada pelas fontes luminosas artificiais no sucesso reprodutivo de uma espécie. Também é possível testar a necessidade de polinização para a espécie por meio de um método consagrado, que isola, com sacos de tecido, alguns ramos com botões florais, até o momento da frutificação. Dessa forma, se verifica a capacidade de autofertilização espontânea da planta, o que diminuiria a importância do serviço ecossistêmico para a biologia da espécie. Dados adicionais também serão coletados, a partir da observação experimental, como a identificação dos visitantes florais e a sua atividade polinizadora. Estas informações, sobre as interações polinizador-planta, serão úteis e necessárias para a elaboração de uma alternativa sustentável e custo-efetiva para o problema tratado neste projeto.

## 1.1 OBJETIVOS

A seguir são descritos o objetivo geral e os objetivos específicos.

### 1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta pesquisa é definir a significância do impacto causado pela poluição luminosa na solanácea *Cestrum strigilatum* (Ruiz & Pav.), espécie de polinização noturna abundante no Jardim Botânico de Porto Alegre.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos desta pesquisa são:

- a) avaliar o sucesso reprodutivo de indivíduos de *Cestrum strigilatum* em diferentes condições luminosas.
- b) testar a necessidade da polinização e a autoincompatibilidade da espécie.
- c) definir a fenologia reprodutiva da espécie.
- d) identificar os polinizadores desta espécie, para este ambiente.

## 2 METODOLOGIA

O experimento foi realizado no Jardim Botânico de Porto Alegre, um parque estadual na Avenida Salvador França, na zona leste da capital gaúcha. Este, possui a missão de conservação e estudo da flora nativa do estado e é administrado pela Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura do Rio Grande do Sul. Ao longo de seus 39 hectares, encontram-se diversos exemplares da solanácea nativa *Cetrum strigilatum*, espécie de estudo.

O experimento se deu com o acompanhamento e avaliação de treze indivíduos, sendo três destes ao redor do Museu de Ciências Naturais, um próximo ao prédio administrativo, um no estacionamento atrás do prédio e dois no viveiro. Estas sete plantas se encontram em condição de maior poluição pela luz artificial. Os outros seis indivíduos se encontram afastados de fontes luminosas. Dois se localizam no anfiteatro do parque, nos fundos da propriedade, nenhuma vez utilizado ao longo do experimento, ou pelo menos nos dois anos anteriores. Outras duas plantas observadas se encontram na cerca que limita o parque, em borda de mata, que proporciona grande cobertura vegetal. Também, próxima ao limite do parque, ao lado do jardim de cactos, há um exemplar da espécie, contemplado pelo experimento. Estes locais não são iluminados à noite. O último indivíduo, e o menos afetado pelas fontes luminosas, se encontra na trilha que circunda o lago, com muita cobertura vegetal, na porção sul do parque.

As plantas foram numeradas conforme inclusão no experimento, e a numeração não se relaciona à condição luminosa. As plantas 1, 7, 9, 10, 11, 12 e 13 estão próximas às fontes luminosas, dentro de um raio de 30 metros. As plantas 2, 3, 4, 5, 6 e 8 estão consideravelmente distantes de qualquer fonte luminosa. A **Figura 1** é um mapa que ilustra a posição das plantas e das fontes, demarcando um raio de 30 metros para cada fonte luminosa. As fontes variam entre postes, no estacionamento, e refletores, além da luz emitida pelas estruturas do parque (ex: serpentário, museu de ciências naturais, prédio administrativo, viveiro, galpão). As coordenadas foram retiradas utilizando o aplicativo *Coletum*, para dispositivos celulares, e o mapa e legenda foram elaborados utilizando o *software* de mapeamento ArcGIS. Observa-se que determinadas plantas estavam muito próximas às fontes luminosas, sofrendo a influência até mesmo de mais de uma fonte simultaneamente. Os grupos foram

divididos em quatro, relativos à sua distância da fonte luminosa mais próxima, sendo estes:

- Distância de 10 metros ou menos: planta 9, planta 10 e planta 12.
- Distância entre 15 metros e 10 metros: planta 1, planta 7 e planta 11.
- Distância de 25 metros: planta 13.
- Distantes de fontes luminosas (mais de 75 metros): planta 2, planta 3, planta 4, planta 5, planta 6 e planta 8.



**Figura 1** – Localização das plantas no Jardim Botânico de Porto Alegre, com indicação de fontes luminosas próximas, e raio de 30 metros da fonte.



O sucesso reprodutivo foi mensurado de forma qualitativa, com a observação da abundância de frutos maduros, em relação aos botões florais e flores que os antecedem. Além disso, alguns ramos foram selecionados e demarcados com linha

colorida, para localização espacial e para coletar informações sobre o ciclo de floração e frutificação, destes mesmos ramos. A **Foto 1** e a **Foto 2** demonstram esse método. A cada semana, ao longo de quatro meses, as plantas foram visitadas e categorizadas em relação ao seu estado reprodutivo: com presença de botões florais, com presença de flores, com presença de frutos verdes, com presença de frutos maduros e sem presença de estruturas reprodutivas. Junto deste registro, uma observação de abundância destas estruturas, para mensuração qualitativa do sucesso reprodutivo. Se uma planta apresenta muitas flores, mas poucos frutos, é indicativo de baixa polinização, e baixo sucesso reprodutivo. As estruturas reprodutivas foram categorizadas como abundantes, de média abundância e raras, para cada planta, em cada visita ao parque. A contagem individual de frutos não é uma medida viável pela diferença de biomassa entre indivíduos. Com uma caracterização qualitativa e individual para cada planta, é possível mensurar um grau de frutificação adequado para cada indivíduo.

**Foto 1** – Ramo com botões, demarcado com linha azul. Registro do dia 27/04, da planta 1.





**Foto 2** – O mesmo ramo da foto anterior, dessa vez com flores, demarcado com linha azul. Registro no dia 05/05, da planta 1.



Para verificar a dependência de polinizadores na espécie, foi testada a capacidade de autofertilização espontânea, realizando um experimento de isolamento dos botões florais até o momento que a planta apresentou início da frutificação. Foram utilizados sacos de pano, vedados com lacres de arame, que impedem que o ramo em questão receba visitantes, e impedirá a polinização. Este método consagrado em estudos de polinização é demonstrado na **Foto 3**. Este experimento secundário é realizado como medida de segurança, pois a autopolinização espontânea (se ocorrer) descartaria a necessidade de polinização para a *Cestrum strigilatum*. Caso, ao final do ciclo, quando os ramos não apresentarem mais flores, haja frutos dentro destes sacos de tecido isolados, é seguro assumir que a planta é capaz de se autofecundar, o que limitaria a influência da iluminação artificial sobre a biologia reprodutiva da espécie.

**Foto 3** – Saco de tecido que isola um ramo de polinizadores.



O experimento que testa a possível autopolinização espontânea na espécie contou com dois sacos de tecido na planta 2, um saco de tecido na planta 4, dois sacos de tecido na planta 5 e três sacos de tecido na planta 8. Estes sacos foram verificados todas as vezes que houve vistoria dos indivíduos, sem a necessidade de abertura, pela transparência do material, exemplificado pela **Foto 4** e **Foto 5**. Este método foi aplicado quando havia a presença de botões florais, e se manteve até a perda das flores. Houveram dois momentos em que as plantas apresentavam botões florais ao longo do experimento, quando era possível a reposição dos sacos de tecido para novos ramos. Na **Foto 5**, é possível verificar a floração dentro de um dos sacos.



**Foto 4** – Saco de tecido contendo ramo com botões florais.



**Foto 5** – Saco de tecido contendo ramo com flores.



Os polinizadores e sua interação com as flores foram documentados através de registros fotográficos, com lente macro, além de telefone celular. A observação focal foi o método para a obtenção destes dados, e ocorreu das 18 horas às 22 horas, período onde ocorrem a maior parte das visitas florais. O esforço amostral para esta atividade foi determinado a partir da necessidade, encerrando quando um panorama dos polinizadores desta espécie no Jardim Botânico for satisfatório. Compilando todas estas informações, ao longo de diversas noites, nos meses de maio a agosto de 2022, nas estações do outono e inverno, é possível estabelecer quem são os polinizadores de *C. strigilatum* para esta região de Porto Alegre, e se a luz interferiu na aparição dos polinizadores e no sucesso reprodutivo das plantas, bem como proporcionar um entendimento da fenologia reprodutiva da espécie, no inverno.



**Foto 6** – Planta em situação de sombra, com sacos de tecido. Registro diurno, da planta 4, dia 05/05.



**Foto 7** – Planta em situação de sombra, com ramo demarcado por fita vermelha. Registro noturno, com iluminação por lanterna, da planta 4, dia 20/05.














**Foto 8** – Planta com interferência de fonte luminosa. Registro noturno, da planta 11, dia 16/05.



### 3 RESULTADOS

A tabela abaixo caracteriza a abundância de cada estrutura reprodutiva com o símbolo "+". Três destes símbolos significam abundância da estrutura reprodutiva, duas aparições do símbolo representam um número intermediário e quando o símbolo "+" aparece solitário na tabela, é indicativo de que haviam poucos botões, flores ou frutos para aquela planta em determinado momento. O tipo de estrutura floral é ilustrado por meio das cores de cada célula, e o significado de cada cor pode ser verificado na **Tabela 1**, abaixo. As cores foram escolhidas com o intuito de facilitar e agilizar o entendimento, e de tornar visual o ciclo reprodutivo de cada planta ao longo do tempo.

**Tabela 1** - Código de cores para a estrutura reprodutiva e simbologia para abundância empregados nas tabelas para ilustração dos resultados

Estruturas reprodutivas:		Abundância de estruturas	
	Sem estruturas reprodutivas	x	Baixa
	Com botões	xx	Média
	Com flores	xxx	Alta
	Intermediário entre flor e fruto		
	Com frutos verdes		
	Com frutos maduros		
Outros indicativos:			
	Não incluída até então		
	Suprimida		
	Não visitada na data		

Os resultados das estruturas reprodutivas e sua abundância para cada dia do experimento podem ser visualizados da **Tabela 2**, abaixo. As observações foram realizadas a partir do dia 27 de abril de 2022, com conclusão no dia 26 de agosto do mesmo ano. Foram realizadas um total de treze visitas ao Jardim Botânico de Porto Alegre, para a realização deste experimento. As plantas foram incluídas em datas diferentes, sendo o primeiro dia um experimento piloto, com apenas um indivíduo. Houve, nos dias 01 de junho, 07 de junho e 30 de julho, supressão das plantas 11, 5 e 3, respectivamente, pela equipe do Jardim Botânico.

**Tabela 2** - Resultados de estrutura reprodutiva e respectiva abundância, nos treze indivíduos de *C. strigilatum*, para os dias do experimento, em ordem numérica e com dado climático.

	27/abr	05/mai	16/mai	20/mai	01/jun	07/jun	15/jun	23/jun	30/jun	07/jul	21/jul	18/ago	26/ago
Planta 1	xxx	xxx						xx	xx	xx	xx	xx	x
Planta 2		xxx	xxx	xx	x			xx	xx	xxx	xx	xx	x
Planta 3		xx	xxx	xxx	x			xxx					
Planta 4		x	xx	xx				x	x	xx	x	x	x
Planta 5		x	xx	xx									
Planta 6		xx	xxx	x				x	x	x	x	x	x
Planta 7			xx	x	x			x	x	x	x	x	x
Planta 8			x	x	x	x	xx	xxx	xxx	x	xx	x	x
Planta 9			x	x				x	x	xx	xx	x	x
Planta 10			x	x									
Planta 11			x	x									
Planta 12						x			xxx	xx	xx	xx	x
Planta 13						xxx	xxx		xxx	xxx	xx	xx	xx
°C as 18h	33,4	22	13,4	16,4	11,7	19,2	20,9	14,7	16,9	21,3	25,8	13	27,7
Chuva/dia	0	0,6mm	0	0	0	0	0,2mm	2,6mm	0	0	0	6,4mm	0

Fonte: Dados retirados dos registros do INMET.

A **Tabela 3** expressa a disparidade temporal entre as visitas, e evidencia as lacunas de dados ao longo destes quatro meses contemplados. A partir desta tabela, é possível verificar a fenologia reprodutiva da espécie, para o inverno de 2022.

**Tabela 3** - Resultados de estrutura reprodutiva e respectiva abundância, nos treze indivíduos de *C. strigilatum*, para os dias do experimento, com a distância temporal entre as datas expressada.

Planta	27/04	05/05	16/05	20/05	01/06	07/06	15/06	23/06	30/06	07/07	21/07	18/08	26/08
Planta 1	xxx												
Planta 2		xxx											
Planta 3		xx	xxx	xxx	x			xxx	xx	xxx		xx	x
Planta 4		x	xx	xx				x	x	xx		x	x
Planta 5		x	xx	xx				x	x	x		x	x
Planta 6		xx	xxx	x				x	x	x		x	x
Planta 7			xx	x				x	x	x		x	x
Planta 8			x	x				xxx	xxx	x		xx	x
Planta 9			x	x				x	x	xx		xx	x
Planta 10			x	x									
Planta 11			x	x									
Planta 12													
Planta 13													

Data das visitas: 27/04, 05/05, 16/05, 20/05, 01/06, 07/06, 15/06, 23/06, 30/06, 07/07, 21/07, 18/08 e 26/08.

**Tabela 4** - Resultados de estrutura reprodutiva e respectiva abundância, nos seis indivíduos de *C. strigilatum* longe de fontes luminosas, para os dias do experimento.

	27/abr	05/mai	16/mai	20/mai	01/jun	07/jun	15/jun	23/jun	30/jun	07/jul	21/jul	18/ago	26/ago
Planta 2		xxx	xxx	xx	x			xx	xx	xxx	xx	xx	x
Planta 3		xx	xxx	xxx	x			xxx					
Planta 4		x	xx	xx				x	x	xx	x	x	x
Planta 5		x	xx	xx									
Planta 6		xx	xxx	x				x	x	x	x	x	x
Planta 8			x	x	x	x	xx	xxx	xxx	x	xx	x	x

**Tabela 5** - Resultados de estrutura reprodutiva e respectiva abundância, nos seis indivíduos de *C. strigilatum* expostas a fontes luminosas, para os dias do experimento.

	27/abr	05/mai	16/mai	20/mai	01/jun	07/jun	15/jun	23/jun	30/jun	07/jul	21/jul	18/ago	26/ago
Planta 1	xxx	xxx						xx	xx	xx	xx	xx	x
Planta 7			xx	x	x			x	x	x	x	x	x
Planta 9			x	x				x	x	xx	xx	x	x
Planta 10			x	x									
Planta 11			x	x									
Planta 12						x			xxx	xx	xx	xx	x
Planta 13						xxx	xxx		xxx	xxx	xx	xx	xx



**Tabela 6** - Resultados de estrutura reprodutiva e respectiva abundância, nos seis indivíduos de *C. strigilatum* expostas a fontes luminosas, em diferentes distâncias, para os dias do experimento. O primeiro grupo se encontra a 10 metros ou menos de distância, o segundo grupo, entre 10 e 15 metros, e a planta 13, a 25 metros de distância da fonte luminosa mais próxima.

Dist. (m)		27/abr	05/mai	16/mai	20/mai	01/jun	07/jun	15/jun	23/jun	30/jun	07/jul	21/jul	18/ago	26/ago
≤10	Planta 9			x	x				x	x	xx	xx	x	x
	Planta 10			x	x									
	Planta 12						x			xxx	xx	xx	xx	x
10 a 15	Planta 1	xxx	xxx						xx	xx	xx	xx	xx	x
	Planta 7			xx	x	x			x	x	x	x	x	x
	Planta 11			x	x									
25	Planta 13						xxx	xxx		xxx	xxx	xx	xx	xx

**Foto 9** – Planta 13, com abundância de frutos maduros. Registro do dia 18/08.



A **Foto 10** e a **Foto 11** foram registradas ao final do experimento, e mostram a abertura dos sacos de tecido. Ao longo do experimento, nunca foi observada a presença de frutos dentro dos sacos, salvo em uma ocasião. A probabilidade de um erro experimental (como exemplo, saco furado, mal vedado), pode explicar este resultado único.

**Foto 10** – Saco de tecido aberto, mostrando as flores secas caídas. Registro do dia 26/08.





**Foto 11** – Ramo com frutos verdes, onde havia um saco de tecido isolando a ação de polinizadores. Este resultado ocorreu uma vez, de todas as verificações do método. Registro do dia 23/07.

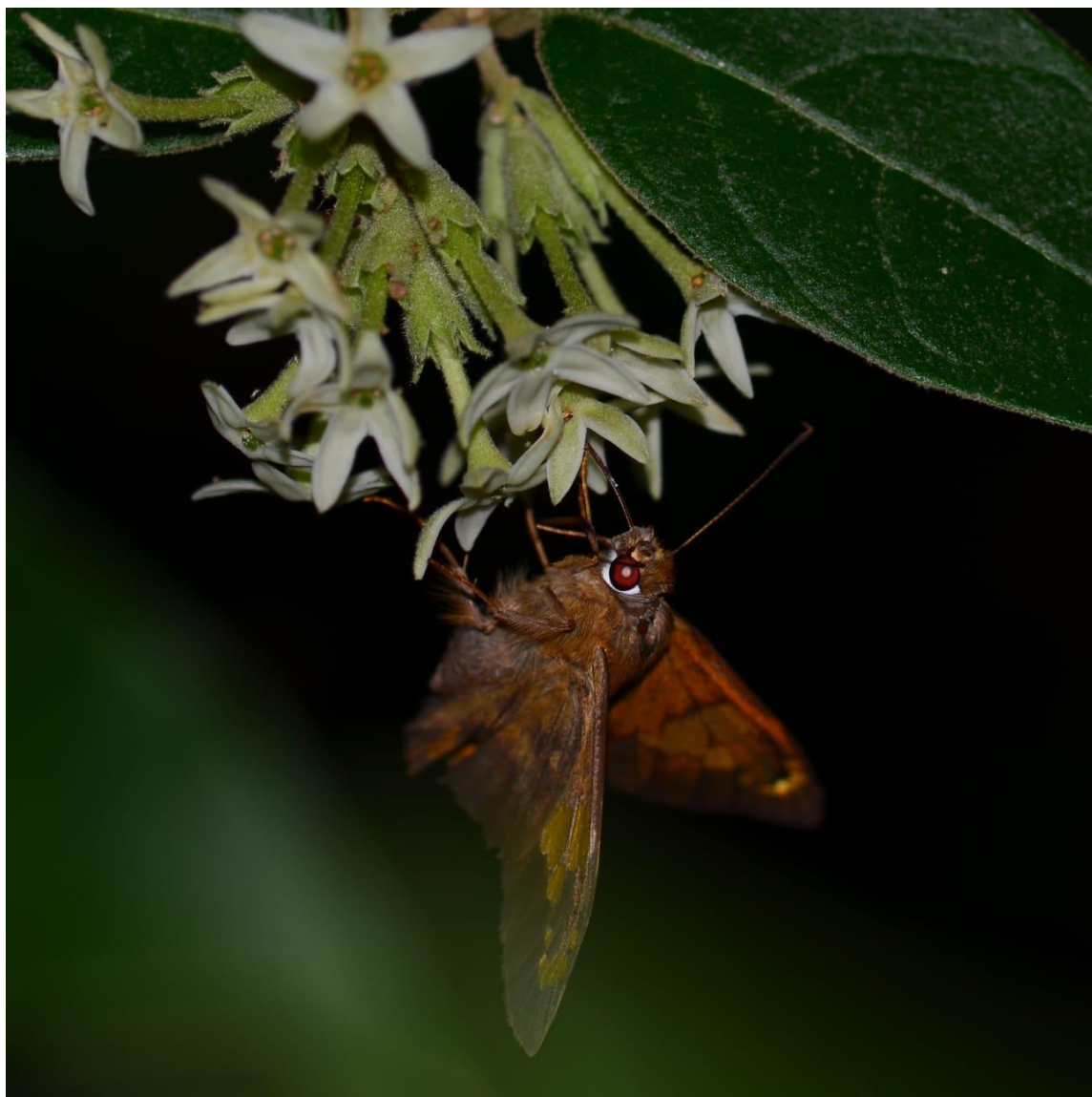


**Tabela 7** - Dias de verificação de sacos de tecido, demonstrando único evento de frutificação em ramo isolado.

	27/abr	05/mai	16/mai	20/mai	01/jun	07/jun	15/jun	23/jun	30/jun	07/jul	21/jul	18/ago	26/ago	
Planta 2														
Planta 2														
Planta 4														
Planta 5														
Planta 5														
Planta 8														
Planta 8														x
Planta 8														

Quanto à identificação dos animais polinizadores, foram realizadas 16 horas de observação focal, na qual quatro espécies de Lepidoptera foram registradas. O ápice de atividades de polinizadores ocorreu entre às 19 horas e às 22 horas, confirmando a polinização noturna para a espécie. As espécies polinizadoras de *C. strigilatum* no Jardim Botânico de Porto Alegre são mostradas nas **Foto 12**, **Foto 14**, **Foto 15** e **Foto 16**. A partir dos registros fotográficos - sem a captura e montagem dos indivíduos - foi possível a identificação a nível de superfamília, a Noctuoidea.

**Foto 12** – Mariposa em interação com flor. Capturada com lente Macro. Registro de 07/05, às 19h44.



**Foto 13** – Mariposa da Foto 12, com detalhe para probóscide inserida na flor, demonstrando a alimentação do animal e evidenciando a polinização. Capturada com lente Macro. Registro de 07/05, às 19h43.





**Foto 14** – Mariposa em visitação floral. Capturada com lente Macro. Registro de 07/05, às 21h20.



**Foto 15** – Mariposa em visitação floral. Capturada com lente Macro. Registro de 22/05, às 21h46.



**Foto 16** – Mariposa em visitação floral. Capturada com câmera de aparelho celular.  
Registro de 24/05, às 18h50.



## 4 DISCUSSÃO

No início do experimento, três a cinco ramos eram demarcados para cada planta, com linhas coloridas. Então, fazia-se a contagem de botões florais e frutos maduros, ao final do ciclo reprodutivo, para cada indivíduo. Os resultados não aparentavam ser correspondentes a totalidade da planta. Em ocasião, os frutos contados poderiam ser um número insignificante para esses ramos, mesmo com a planta apresentando grande abundância de frutos. Extrapolar para o indivíduo o sucesso reprodutivo de alguns ramos, com a razão entre botões e frutos, não se mostrou um método fidedigno, representativo do sucesso reprodutivo verificado para aquela planta, naquele momento. Além disso, pela diferença de volume de cada indivíduo, uma estipulação numérica da abundância também não parece ser informativa, já que para uma planta um número de frutos pode significar grande abundância e sucesso reprodutivo satisfatório, e para outra o mesmo número pode significar baixa atividade reprodutiva. Felizmente, observações qualitativas foram feitas em conjunto com a contagem dos ramos individuais, e com essas informações foram elaborados os resultados para essa parte do experimento. Um modo de quantificar o sucesso reprodutivo destes vegetais seria a contagem do total de botões e, ao final de um ciclo, total de frutos maduros, para o indivíduo inteiro, além de fatorar a biomassa ou volumetria da planta. Este método se mostra extremamente trabalhoso, com o número de indivíduos contemplados neste trabalho, mas poderia ser viável em menor escala.

Quanto ao teste de dependência de polinizadores, por *C. strigilatum*, o experimento que tinha como objetivo isolar as flores dos polinizadores, ilustrado na **Foto 3**, resultou em apenas um ramo frutificando, com 13 frutos verdes, resultantes de 24 botões florais contados antes do ramo ser isolado pelo saco de tecido. A vistoria foi efetivada em todas as visitas, para considerar as diferenças individuais dos ciclos reprodutivos de cada indivíduo. Sempre foram observadas flores ou flores secas no interior do saco, nunca havendo frutos. O registro único de ramo isolado com frutos verdes pode ser atribuído a um erro experimental. O saco de tecido poderia estar furado, ou a vedação com o arame mal efetuada. O vento pode ter inadequado o

método, alterando a posição do saco, expondo as flores aos polinizadores. Também, deve-se levar em consideração que o Parque Jardim Botânico de Porto Alegre é um espaço de lazer, que recebe visitantes diariamente, que interagem com a vegetação, e podem ter influenciado com este segmento do experimento. Considerando os resultados gerais das inspeções dos sacos de tecido, pode-se concluir que a espécie em questão é auto incompatível, ou seja, não é capaz de autofertilização. Este resultado reforça a necessidade do serviço da polinização para a frutificação e sucesso reprodutivo de *C. strigilatum*.

Quanto a fenologia, ao analisar a **Tabela 4**, a exemplo da planta 2, entre 20/05 e 01/06; da planta 8, entre 07/06 e 07/07; da planta 12, entre 27/07 e 18/08 e da planta 13, de 07/07 e 21/07, o tempo estimado entre flor e fruto maduro é de duas semanas a um mês. A planta 1, entre os dias 27/04 e 05/05, e as plantas 2, 3, 4, 5, 6 e 7, entre os dias 16/05 e 20/05 e a planta 8, entre 20/05 e 01/06, mostram o tempo de floração, de botão a flor, levando entre 4 e 12 dias.

A partir da análise da **Tabela 2**, percebe-se a importância das variantes climáticas na condução do ciclo reprodutivo de *C. strigilatum*. Nas datas de maior temperatura, se percebe mais abundância de estruturas reprodutivas e velocidade nos fenômenos reprodutivos. Percebe-se a capacidade da espécie de agilizar e retardar seu ciclo reprodutivo, desde botão até fruto maduro. Os meses de maio e julho apresentaram maior temperatura, e coincidem com momentos de mais abundância de estruturas reprodutivas e maior floração e frutificação.

A análise climática demonstra que temperaturas mais elevadas podem ser um fator benéfico para agilizar o ciclo reprodutivo, onde dias mais quentes antecedem estes eventos de aceleração da maturação das estruturas reprodutivas. Esta hipótese é fortalecida quando consideramos a fotossíntese: em dias com mais radiação solar, o vegetal é capaz de produzir mais energia. Este excedente energético pode ser investido pela planta em crescimento e reprodução.

Com relação a interferência da poluição luminosa no sucesso reprodutivo de *C. strigilatum*, visualizada na **Tabela 5** e **Tabela 6**, percebe-se que a frutificação ocorreu de forma similar para as plantas sombreadas ou expostas à luz, em diferentes graus. Na **Tabela 7**, é considerada a distância entre a planta e a fonte luminosa, em grupo de 10 metros ou menos, entre 10 e 15 metros, e a maior distância, de 25 metros.

Independente da distância da fonte luminosa, não se percebe influência deste tipo de poluição no ciclo e sucesso reprodutivo da espécie.

O Jardim Botânico de Porto Alegre é um parque de cobertura vegetal notável, que cria “ilhas de sombra”, onde os polinizadores podem se recuperar do estresse causado pelas fontes luminosas (Lyytimäki, 2009). É possível que, neste ambiente, a presença de luz artificial não prejudique o serviço ecossistêmico da polinização, e consequentemente, o sucesso reprodutivo da espécie. Além disso, sob condições ambientais ótimas, os recursos energéticos são alocados prioritariamente ao crescimento do vegetal - evidenciado pela maior biomassa das plantas nesses ambientes - mais do que para atrair polinizadores amplamente disponíveis, para garantir a fertilização (Soteras, 2022). Também, não se deve desconsiderar os compostos voláteis que compõem o perfume da flor, que atrai quimicamente os polinizadores. Esta interação sensorial e química, mutuamente benéfica para polinizador e planta, é resultado de uma coevolução entre os grupos, e possivelmente atua como um estímulo muito forte para estes animais, independente da presença de luz artificial. O sentido químico orienta estes animais no momento de busca por alimento, por ser mais desenvolvido e possuir maior alcance que a visão para os Lepidoptera.

Fatores climáticos possivelmente regem de forma mais importante estes eventos, tendo em vista que os animais polinizadores também apresentam maior atividade em temperaturas maiores. A abundância, indicada pela simbologia “+”, também parece se manter similar entre todos os grupos, com uma eventual queda esperada de abundância entre botões e flores, e flores e frutos.

O experimento executado analisa qualitativamente o sucesso reprodutivo de *C. strigilatum*, de forma que os resultados são sujeitos à subjetividade do observador. Todavia, o impacto da poluição luminosa pode ser avaliado de forma qualitativa, com a baixa produtividade de frutos, em relação aos botões florais. Independente da proximidade da fonte luminosa, ou em ausência total de luz artificial, o ciclo reprodutivo se deu de forma muito similar em todos os indivíduos estudados. Caso a presença de frutos maduros fosse visivelmente menor do que a presença de botões em plantas próximas às fontes luminosas, seria possível sugerir que a poluição luminosa interfere

de forma negativa na polinização e no sucesso reprodutivo da espécie. Com a homogeneidade dos resultados para todos os grupos de plantas do experimento, pode-se assumir que, para esse ambiente, este tipo de poluição não atua de forma tão significativa quanto outros fatores (clima, cobertura vegetal) na polinização e no sucesso reprodutivo de *C. strigilatum*.

A superfamília Noctuoidea se mostrou responsável pela polinização de *C. strigilatum* no Jardim Botânico de Porto Alegre. Essa superfamília constitui a linhagem de mariposas mais abundante em espécies, somando mais de 70.000, presentes em todo o globo. A monofilia do táxon é denotada pela presença apomórfica de órgãos timpânicos metatorácicos, e estruturas abdominais associadas. A classificação histórica inclui características superficiais, como a venação das asas, vestimenta dos olhos e espinhos nas pernas (Kitching & Rawlins, 1999). Desde o final do século XX, dados filogenéticos moleculares levaram a modificações na taxonomia de Noctuoidea, que ainda não atingiu uma classificação estável ou satisfatória. (Lafontaine & Fibiger, 2006).



## 5 CONCLUSÃO

No Jardim Botânico de Porto Alegre, durante os meses de maio a agosto, a polinização de *Cestrum strigilatum* não parece ter sofrido influência da luz artificial produzida pelas estruturas do parque (prédio administrativo, postes do estacionamento, museu, serpentário e viveiro). Este resultado pode ter sido fruto da elevada cobertura vegetal neste ambiente, atuando como um diferencial que garante a polinização. Polinizadores se encontram mais expostos à poluição luminosa em ambientes abertos, quando comparado com áreas com grande cobertura vegetal, pois as árvores provêm refúgio e local de repouso, além de impedir a difusão da luz artificial. Para Lepidoptera, plantas também proporcionam abrigo, local de oviposição e recurso alimentar para as larvas, além de atuar como corredores ecológicos (Lyytimäki, 2009). A ampliação do período experimental, contemplando as outras estações, é necessária para a validação dos resultados. Uma contagem numérica de todas as estruturas reprodutivas para análise estatística também pode ser de grande importância para a confirmação da ausência de impacto, em menor escala, para este ambiente.

Para proteger a polinização, serviço essencial para o funcionamento de todos os ecossistemas, de demasiada importância econômica e natural, são imperativos a preservação e o plantio de novas árvores, principalmente em meios urbanos. A similaridade no resultado entre os dois grupos amostrais, independente da condição de luz ou sombra, pode ser atribuída à grande abundância e diversidade de árvores no parque Jardim Botânico, que protegem os indivíduos de *C. strigilatum* e seus polinizadores contra a poluição luminosa do parque e da cidade de Porto Alegre, bem como de outros tipos de ameaças a todos os animais e plantas deste ambiente.



## REFERÊNCIAS

HÖLKER, Franz et al. Light pollution as a biodiversity threat. *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 25, págs. 681 e 682, 2010.

KITCHING, Ian J., RAWLINS, John E. "The Noctuoidea". *Lepidoptera, Moths and Butterflies*, vol. 1. Evolution, Systematics and Biogeography, pág 335 a 401, 1999.

LAFONTAINE, J. Donald, FIBIGER, Michael. Revised higher classification of the Noctuoidea (Lepidoptera). *Canadian Entomologist*, 138, 2006.

LEWANZIK, Daniel, VOIGT, Christian C, POCOCK, Michael. Artificial light puts ecosystem services of frugivorous bats at risk. *Journal of Applied Ecology*, vol. 51, págs 388 a 394, 2014.

LYYTIMÄKI, Jari. Nature's nocturnal services: Light pollution as a non-recognised challenge for ecosystem services research and management. *Ecosystem Services*, vol. 3, págs. 44 a 48, 2013.

MACGREGOR, Callum J. et al. Pollination by nocturnal Lepidoptera, and the effects of light pollution: a review. *Ecological Entomology*, vol. 40, págs. 187 a 198, 2015.

MACGREGOR, Callum J., SCOTT-BROWN, Alison S. Nocturnal pollination: an overlooked ecosystem service vulnerable to environmental change. *Emerging Topics in Life Sciences*, vol. 4, págs. 19 a 32, 2020.

RICH, Catherine, LONGCORE, Travis. *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*. Island Press, vol. 1. 2009.

SOARES, Edson Luís de Carvalho et al. A família Solanaceae no Parque Estadual de Itapuã, Viamão, Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências*, vol. 6, nº 3, 2008.

SOTERAS, Florencia et al. Fragility of nocturnal interactions: Pollination intensity increases with distance to light pollution sources but decreases with increasing environmental suitability. *Environmental Pollution*, vol. 292, parte A, 2022.

VIGNOLI-SILVA, Márcia. O gênero *Cestrum* L. no Brasil extra-amazônico. Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Botânica da UFRGS, 2009.