



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS  
BACHARELADO EM GESTÃO E ANÁLISE  
AMBIENTAL**



**A INFLUÊNCIA DA POLINIZAÇÃO NA  
PRODUÇÃO DE PIMENTA BIQUINHO  
(*Capsicum chinense* Jacq.,  
SOLANACEAE) no município de São Carlos-SP**

**LIVIA LUCHESI**

**São Carlos  
2022**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS  
BACHARELADO EM GESTÃO E ANÁLISE  
AMBIENTAL**



**A INFLUÊNCIA DA POLINIZAÇÃO NA  
PRODUÇÃO DE PIMENTA BIQUINHO  
(*Capsicum chinense* Jacq.,  
SOLANACEAE) no município de São Carlos-SP**

**LIVIA LUCHESI**

Trabalho de Graduação apresentado ao Curso de Gestão e Análise Ambiental do Departamento de Ciências Ambientais da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título Bacharel em Gestão e Análise Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Luciano Elsinor Lopes

Coorientadora: Profa. Dra. Cibele Cardoso de Castro

**São Carlos  
2022**

Dedico este trabalho aos meus pais. Os maiores incentivadores das realizações dos meus sonhos.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por todas as oportunidades concedidas, e por todas as pessoas que ele colocou em meu caminho, as quais citarei a seguir e que me ajudaram a chegar até aqui.

Ao meu orientador Professor Doutor Luciano Elsinor Lopes, pela paciência, auxílio, dedicação e amizade.

A minha Coorientadora Professora Doutora Cibele Cardoso de Castro por todo o apoio e ensinamentos.

A Professora Patrícia Alves Ferreira por me ajudar em diversas etapas cruciais para este trabalho.

Ao Professor Iran Malavazi, e ao Técnico Alexandre Kannebley de Oliveira por toda a ajuda no laboratório.

Aos membros da banca examinadora pela presença

Aos Professores, pelos ensinamentos que contribuíram para a minha formação profissional e pessoal, ao longo deste curso.

A minha família, meus pais Valter e Elizabeth, meus irmãos Sofia, Thiago e João Miguel, por todo o incentivo e carinho durante minha graduação.

Ao meu namorado Adailton Júnior, que sempre me motivou, e nunca me deixou desistir dos meus sonhos.

As amigas Emily e Luzia, por todas as conversas e risadas nestes anos.

Ao CNPq pela concessão da bolsa.

A Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) Campus São Carlos, pelo desenvolvimento de minha formação profissional.

A todos que, direta ou indiretamente, participaram da construção e desenvolvimento deste trabalho.

## SUMÁRIO

|  | Pág. |
|--|------|
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                             | 8    |
| 1.RESUMO.....                                      | 10   |
| 2.INTRODUÇÃO.....                                  | 11   |
| 3.METODOLOGIA.....                                 | 13   |
| 3.1Área de estudo.....                             | 13   |
| 3.2 Sistema de estudo.....                         | 14   |
| 3.3 Sementes e Canteiro .....                      | 15   |
| 3.4 Biologia floral .....                          | 16   |
| 3.5 Sistema reprodutivo e limitação polínica ..... | 17   |
| 3.6 Visitantes florais.....                        | 18   |
| 3.7 Teste de germinação de sementes.....           | 19   |
| 3.8 Análise de dados.....                          | 19   |
| 4.RESULTADOS.....                                  | 19   |
| 4.1 Sementes e Canteiro.....                       | 19   |
| 4.2 Biologia floral.....                           | 20   |
| 4.3 Sistema reprodutivo e limitação polínica ..... | 22   |
| 4.4 Visitantes florais.....                        | 26   |
| 4.5 Teste de germinação das sementes.....          | 27   |
| 5.DISSCUSSÃO.....                                  | 27   |
| 6.CONCLUSÃO.....                                   | 29   |
| 7.REFERÊNCIAS.....                                 | 30   |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Área urbana de São Carlos-SP, e localização da área de estudo indicada pelo símbolo amarelo.....   | 14 |
| Figura 2. Pé de pimenta biquinho no estágio inicial da produção.....   | 15 |
| Figura 3. Imagem do delineamento experimental após o plantio das mudas.....  | 16 |
| Figura 4. Flor de pimenta biquinho ( <i>Capsicum chinense</i> ) visualizada a partir de uma lente de aumento.....  | 16 |
| Figura 5. Tratamento com polinização controlada (Autopolinização Espontânea).....  | 17 |
| Figura 6. Mensuração dos frutos com paquímetro digital.....  | 18 |
| Figura 7. Sementes de pimenta biquinho germinando.....   | 19 |
| Figura 8. Abertura das anteras.....  | 20 |
| Figura 9. Teste da receptividade do estigma em diferentes horários. Cada barra representa uma flor colhida e testada no horário indicado.....  | 21 |
| Figura 10. Medidas de comprimento e largura da corola das flores de pimenta biquinho.....  | 21 |
| Figura 11. Número de grãos de pólen por flor da pimenta biquinho.....  | 22 |
| Figura 12. Comparação entre o peso em gramas dos frutos de pimenta biquinho ( <i>Capsicum chinense</i> ) em Condições Naturais e Autopolinização Espontânea. O símbolo X representa a média, a linha horizontal representa a mediana, as caixas representam o intervalo que contém 50% dos dados e as linhas horizontais acima e abaixo das caixas representam os valores máximos e mínimos, respectivamente.....  | 23 |
| Figura 13. Diferença do comprimento e da largura dos frutos de pimenta biquinho utilizando o método de Polinização em Condições Naturais e Autopolinização Espontânea. O símbolo X representa a média, a linha horizontal representa a mediana, as caixas representam o intervalo que contém 50% dos dados e as linhas horizontais acima e abaixo das caixas representam os valores máximos e mínimos, respectivamente.....                                | 23 |
| Figura 14. Volume dos frutos em milímetros cúbicos aproximados a um cilindro ( $\pi \cdot r^2 \cdot \text{altura}$ ) nos tratamentos envolvendo as Condições Naturais e a Autopolinização Espontânea. O símbolo X representa a média, a linha horizontal representa a mediana, as caixas representam o intervalo que contém 50% dos dados e as linhas horizontais acima e abaixo das caixas representam os valores máximos e mínimos, respectivamente..... | 24 |

- Figura 15. Quantidade de sementes geradas pelas pimentas biquinho (*Capsicum chinense*) considerando a Autopolinização Espontânea e a Polinização em Condições Naturais. O símbolo X representa a média, a linha horizontal representa a mediana, as caixas representam o intervalo que contém 50% dos dados e as linhas horizontais acima e abaixo das caixas representam os valores máximos e mínimos, respectivamente.....24
- Figura 16. Porcentagem da frutificação da pimenta biquinho nos diferentes tratamentos desconsiderando as flores não fecundadas. ....25
- Figura 17. Peso nos diferentes tratamentos desconsiderando as flores que não produziram frutos. O símbolo X representa a média, a linha horizontal representa a mediana, as caixas representam o intervalo que contém 50% dos dados e as linhas horizontais acima e abaixo das caixas representam os valores máximos e mínimos, respectivamente.....25
- Figura 18. Número de sementes produzidas na Autopolinização Espontânea (verde) e em Condições Naturais (vermelho) retirando os valores nulos obtidos nas flores não fecundadas. O símbolo X representa a média, a linha horizontal representa a mediana, as caixas representam o intervalo que contém 50% dos dados e as linhas horizontais acima e abaixo das caixas representam os valores máximos e mínimos, respectivamente.....26
- Figura 19. Halictidae na flor de pimenta biquinho.....26
- Figura 20. Relação das sementes germinadas e não germinadas da pimenta biquinho por meio da fórmula (número de sementes germinadas\ número de sementes da amostra)\*100.....27

## 1. RESUMO

A polinização é essencial para a produção de produtos agrícolas em todo o mundo, auxiliando na economia e na segurança alimentar das pessoas. Mesmo em plantas capazes de se autopolinizar, a polinização por animais pode resultar em melhoria na produção, por aumentar o peso dos frutos, evitar suas malformações e melhorar as características químicas do alimento. Este trabalho tem por intuito estudar a influência da polinização por insetos na produção da pimenta biquinho (*Capsicum chinense*), interligando o aumento de produção, a importância e eficiência dos polinizadores, com o lucro do agricultor que utilizará deste benefício. Foram geradas informações básicas e ainda indisponíveis na literatura sobre a biologia floral, sistema reprodutivo, limitação polínica, a frequência de visitas às flores. O estudo gerou informações relevantes para o cultivo da espécie no Brasil. A primeira autora deste trabalho é estudante de graduação da Universidade Federal de São Carlos e pequena produtora rural, sendo que o trabalho de campo foi realizado na propriedade de sua família, configurando uma coprodução do conhecimento envolvendo a universidade e os usuários finais da aprendizagem gerada. A partir dos dados obtidos conclui-se que a produção de pimenta biquinho (*Capsicum chinense*; BRS Moema) tem um aumento significativo (cerca de 70%) quando ocorre a polinização natural, gerando pimentas com maior peso, frutos maiores e uma maior quantidade de sementes, acarretando no aumento do lucro do produtor.

**Palavras chave:** *Capsicum chinense*, eficiência da polinização, agricultura, serviço ecossistêmico.

## 1. ABSTRACT

Pollination is essential for agricultural production worldwide, assisting in people's economy and food security. Even in plants capable of self-pollinating, pollination by animals can result in improved production by increasing the weight of fruits, avoiding their malformations, and improving the chemical characteristics of food. This work aims to study the influence of pollination by insects on the production of pepper (*Capsicum chinense*), linking the increase in production, importance, and efficiency of pollinators with the profit of the farmer who will use this benefit. Basic and still unavailable information is available in the literature on floral biology, reproductive system, pollen limitation, frequency of visits to flowers. The study generated relevant information for the cultivation of the species in Brazil. The first author of this work is an undergraduate student at the Federal University of São Carlos and a small rural producer. The fieldwork was carried out on her family's property, configuring a co-production of knowledge involving the university and the end users of the learning generated. Our results showed that the production of red peck pepper (*Capsicum chinense*; BRS Moema) significantly increases (about 70%) when natural pollination occurs, generating peppers with greater weight, larger fruits, and more seeds, resulting in increased producer profit.

**Keywords:** *Capsicum chinense*, pollination efficiency, agriculture, ecosystem service.

## 2.INTRODUÇÃO

Os polinizadores são fornecedores de serviços ecossistêmicos para a agricultura, e dependem de habitats naturais para sua sobrevivência, estabelecendo uma relação espacial entre o meio natural e as culturas agrícolas (IMPERATRIZ-FONSECA, 2004). A polinização por animais é importante para 87 dos 115 tipos de cultivo de alimentos mais utilizados no mundo, que em volume respondem por 35% da produção agrícola mundial (KLEIN et al., 2007).

A polinização por insetos é essencial para a manutenção da biodiversidade por apresentar aumento significativo na produção agrícola, visto que a produção de hortaliças no Brasil resulta em 55 bilhões de reais anualmente, com 820 mil hectares utilizados para as plantações (ABRASEM, 2003). Além de sua contribuição econômica, esse serviço ecossistêmico é fundamental para a segurança alimentar dos brasileiros, pois 60% dos alimentos consumidos (em gramas por pessoa) são fornecidos por cultivos dependentes de polinizadores (NOVAIS et al., 2016).

Assim como espécies de plantas apresentam diferenças no seu grau de dependência de polinizadores, a polinização de um determinado cultivo pode depender mais de algumas espécies de visitantes florais do que de outros (NOVAIS et al., 2016). Para considerar um visitante floral como um polinizador eficiente a partir de observações comportamentais ele deve realizar visitas legítimas, contatar as anteras das flores, carregando pólen e tocar o estigma, ser frequente, ter fidelidade à planta, além de desenvolver uma rota de voo favorável entre as flores da mesma espécie (ALVES-DOS-SANTOS et al., 2016). Além dessas evidências indiretas, é possível estimar diretamente a eficiência de uma espécie de visitante floral como polinizadora a partir da frequência de visitas às flores e do número de grãos de pólen depositados a cada visita (KEARNS e INOUE, 1993).

Na família Solanaceae, que abrange o tomate, batata, berinjela, jiló e as pimentas e pimentões, é comum a polinização por vibração, na qual as abelhas agarram o ápice das anteras poricidas, e realizam o procedimento de vibração, quando o pólen é depositado em seus corpos (*buzz pollination*) (STEHMANN et al., 2010, MONTEIRO, 2018). Essa necessidade de métodos específicos para retirada dos grãos de pólen geralmente faz com que espécies de abelhas capazes de tal performance sejam particularmente importantes, podendo ser fundamentais para a manutenção das vários cultivares (RAW, 2000; RECH et. al, 2014).

Por exemplo, na berinjela (*S. melongena*), as abelhas podem resultar em um aumento de mais de 50% na produção de frutos, e por isso são polinizadores primordiais para as mesmas

(MONTEIRO, 2018). Nessa espécie, a fecundação por apenas uma abelha, faz com que aconteça a frutificação, sobretudo se houver a polinização por vibração (MONTEIRO, 2018). Porém, apesar de uma visita gerar um produto maior com mais peso, uma maior quantidade de visitas incluindo visitantes de diversas espécies garante resultados mais eficientes quanto à formação dos frutos e número de sementes, ressaltando a importância da diversidade de polinizadores nos cultivos (ZAMBON e AGOSTINI, 2017).

Algumas variedades de pimenta da família Solanaceae são bastante consumidas e produzidas no Brasil, como por exemplo a malagueta, dedo-de-moça, bode, cumari-do-pará, murupi e jalapeño (GRAVINA et al., 2004). Muitas dessas espécies dependem de seus polinizadores para a produtividade do cultivo (WOLOWSKI et al., 2019). A deficiência na polinização, portanto, pode resultar em frutos perdidos ou malformados, acarretando em um déficit na produção agrícola, e redução do lucro para o produtor (VAISSIÈRE et al., 2011; FREITAS, 2014).

Deste modo, o presente estudo visa avaliar a importância da polinização no cultivo da pimenta biquinho (*Capsicum chinense*), Solanaceae, por produtores rurais na região de São Carlos, SP. Apesar dessa pimenta ser muito produzida e comercializada no Brasil, não encontramos estudos descrevendo a fundo os aspectos básicos de sua biologia floral, seus polinizadores e sua polinização.

Atualmente, são consideradas da espécie *Capsicum chinense* as pimenta-de-cheiro, pimenta-bode, cumari-do-pará, biquinho, murupi e habanero, que apresentam características muito diferentes em relação a seus frutos (EMBRAPA, 2015; MUNIZ et al., 2020). Em revisão recente sobre estudos de polinização de *C. chinense* apresentado no VI Encontro de Ecologia do Agreste de Pernambuco, encontraram-se quatro estudos sobre polinização de *C. chinense* referentes à pimenta habanero no México (MUNIZ et al., 2020). Uma pimenta com características muito diferentes da pimenta biquinho. Na revisão bibliográfica para este projeto encontramos um trabalho de polinização de *C. chinense* referente às pimentas de cheiro e murupi, também diferentes da pimenta biquinho, realizado no setor de olericultura da Universidade Federal do Amazonas (COSTA et al., 2008).

Foram registradas 36 espécies de abelhas de tamanhos variados visitando flores da pimenta habanero (também da espécie *C. chinense*) no México, com predominância de espécies pequenas ou médias da família Apidae, possivelmente em função do tamanho da flor (MUNIZ et al., 2020). Segundo Costa et al. (2008), as pimentas de cheiro e murupi (também da espécie

*Capsicum chinense*), tem polinização natural eficiente na cidade de Manaus, Amazônia. No estudo, os genótipos apresentam o comportamento de plantas autógamas, que possuem flores hermafroditas e fazem a autopolinização. Porém, verificou-se que há uma melhora significativa na frutificação em flores polinizadas em condições naturais, nos genótipos de pimenta de cheiro RIH25 (de 21,1% com Autopolinização Espontânea ou proteção de botões, segundo os autores, para 30,0% com a polinização natural); RIH24 (13,3% para 67,8%); e RIH35 (14,4% para 77,8%); e de pimenta murupi RIH15 (25,6% para 54,4%) e RIH05 (25,6% para 54,4%) (COSTA et al., 2008).

Como resultado do projeto "Conservation and Management of Pollinators for Sustainable Agriculture, through an Ecosystem Approach", financiado pelo GEF (Global Environment Facility) e coordenado pela FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), em 2011 a FAO elaborou um protocolo que pode ser realizado em culturas estudadas, de acordo com o tamanho da área de produção. Tem o objetivo de encontrar e estipular os déficits de polinização no campo (VAISSIÈRE et al., 2011). Além do mais, com o mesmo, é possível planejar ações de manejo, a fim de reduzir ou eliminar a deficiência de polinização encontrada no cultivo. Pode ser usado também para avaliar a abundância e diversidade de polinizadores em comparação com outros ambientes de cultivo (VAISSIÈRE et al., 2011).

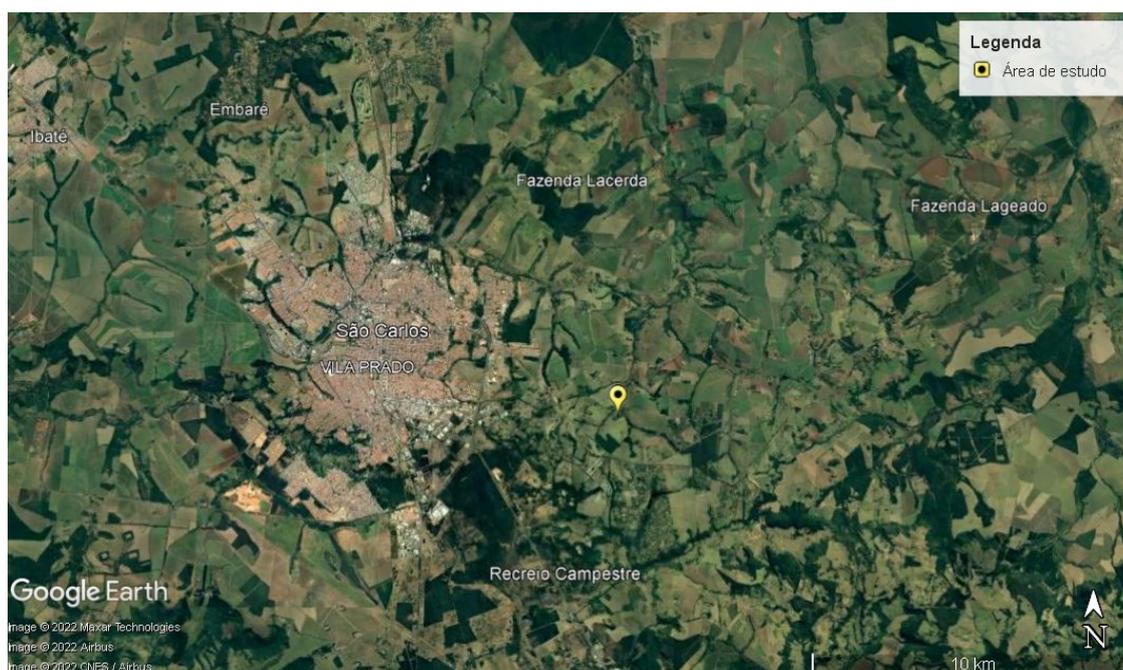
O objetivo dessa pesquisa foi entender a relação entre produção e polinização agrícola, indagando as seguintes questões: as plantas de pimenta biquinho (EMBRAPA BRS Moema) precisam de polinização para produzir frutos e sementes? A polinização aumenta peso e tamanho dos frutos e número de sementes? Quais são os visitantes florais da pimenta biquinho no local do experimento? Há evidência de deficiência de polinizadores e de polinização em condições naturais na região estudada?

### **3.METODOLOGIA**

#### **3.1 Área de estudo**

O experimento foi desenvolvido na propriedade rural em que reside a primeira autora deste trabalho, em que há predominantemente a tradicional cultura do café. A orientação desta pesquisa foi realizada pelos demais autores por meio de ferramentas como Google Meet, com a finalidade de respeitar o isolamento social. Foram observados os protocolos de saúde em relação a COVID-19.

A área está localizada no município de São Carlos (21° 30' e 22° 30' latitude sul e 47° 30' e 48° 30' longitude oeste), região central do estado de São Paulo. O clima desta região é descrito como úmido subtropical ou mesotérmico brando, sendo de outubro a março quente e úmido (verão), e de abril a setembro inverno seco (OLIVEIRA et al., 1999). A temperatura média anual é de 26,82°C, e média mínima de 15,63°C, pluviosidade média anual de 1440 mm., com altitude média de 850 m, predominando o Latossolo Vermelho Distrófico típico (SILVA e SOARES, 2002).



**Figura 1.** Área urbana de São Carlos-SP, e localização da área de estudo indicada pelo símbolo amarelo. Fonte: Google Earth (2022).

### 3.2 Sistema de estudo

De acordo com Embrapa (2015), *C. chinense* (BRS Moema), conhecida popularmente como pimenta biquinho, possui alta produtividade dos frutos, sem pungência, ou seja, não são picantes, podendo ser utilizados de diversas maneiras na culinária. A planta apresenta em torno de 60 cm. de altura, 1m. de diâmetro, os frutos são vermelhos quando maduros, com formato pontiagudo, triangular, no Brasil, os mesmos podem ser colhidos próximo de 90 dias depois que for feito o transplântio das mudas (EMBRAPA, 2015).

Segundo Fonseca (2016), a espécie apresenta de duas a cinco flores por nó, corola branca esverdeada, sem manchas, lobos planos, anteras azuis, roxas ou violetas, frutos com várias cores e formas, e sementes cor de palha, porém há pouca informação disponível sobre as

diferenças morfológicas das flores e frutos, bem como da polinização entre as diferentes pimentas consideradas como sendo dessa espécie.



**Figura 2.** Pé de pimenta biquinho no estágio inicial da produção. Fonte: autoria própria.

### 3.3 Sementes e Canteiro

As sementes de pimenta biquinho utilizadas são da variedade BRS Moema, produzida pela EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). O plantio foi feito a partir de uma mistura de solo local, com substrato biológico (esterco bovino), essa junção de esterco e terra, foi colocada dentro de caixinhas de leite, com a intenção de trabalhar de maneira sustentável, por meio da reutilização de materiais. Foram plantadas 5 sementes por caixinha, as quais ficaram neste sistema até a seleção das melhores mudas, que foram transplantadas no canteiro permanente. O canteiro para plantio possui 5 m de largura, por 5 m de comprimento, com 4 linhas de cultivo (A, B, C, D), e espaçamento de um metro entre linhas, 6 covas por linha (espaçamento de 60 cm entre elas), totalizando 24 indivíduos (figura 3). Foram mantidas mudas reserva para transplante no canteiro permanente, levando em consideração que as mesmas estavam sujeitas a intempéries.



**Figura 3.** Imagem do delineamento experimental após o plantio das mudas. Fonte: autoria própria.

### 3.4 Biologia floral

Um conjunto de botões foi marcado, e foi testada a receptividade do estigma, com o uso de água oxigenada 10 volumes (KEARNS e INOUE, 1993). Foram utilizadas 3 flores a cada duas horas (às 8h, 10h, 12h, 14h, 16h, 18h), para registro da receptividade do estigma ao longo do dia, usando a escala de Likert para análise. Também foram coletadas 30 flores para medidas de comprimento e largura da corola, usando um paquímetro, e 10 botões para contagem do número de grãos de pólen por flor, em placas de Neubauer (KEARNS e INOUE, 1993).



**Figura 4.** Flor de pimenta biquinho (*Capsicum chinense*) visualizada a partir de uma lente de aumento. Fonte: autoria própria.

### 3.5 Sistema reprodutivo e limitação polínica



**Figura 5.** Tratamento com polinização controlada (Autopolinização Espontânea). Fonte: autoria própria.

A fim de determinar as características do sistema reprodutivo da pimenta biquinho (*C. chinense*), e a ocorrência de deficiência de polinização na área de estudo, foram executados dois tratamentos de polinização controlada. A) Autopolinização Espontânea - botões ensacados com saquinhos de poliéster de 3 x 2 cm e acompanhados após antese (Figura 3); B) Condições Naturais - flores marcadas às 8h da manhã e ficaram expostas a condições naturais durante 48h e depois ensacadas. C) Polinização manual cruzada - botões emasculados (por remoção ou colagem das anteras) foram ensacados e, após antese, flores receberam pólen de três outros indivíduos de pimenta biquinho (*C. chinense*), sendo novamente ensacadas para evitar contato com visitantes florais. Para os tratamentos de Autopolinização Espontânea (A) e condições naturais (B) foram realizadas 5 repetições de cada tratamento em 15 indivíduos de *C. chinense* totalizando 75 flores por tratamento. Os tratamentos foram realizados dia 19 de abril e os frutos foram colhidos no dia 14 de junho de 2022.

O tratamento de polinização manual cruzada foi realizado em 10 indivíduos com 5 repetições (total 50 flores; 16/02/2022), com emasculação dos botões por remoção e transferência do pólen utilizando-se de pinça e lupa de cabeça, porém não resultaram em nenhum fruto. Considerando a possibilidade de que a transferência de pólen não ocorreu adequadamente repetimos o experimento utilizando uma agulha para transferência de pólen ao invés da pinça, obtendo novamente frutificação nula (10 indivíduos com 5 repetições, total 50 flores; 05/03/2022). Na terceira tentativa, a emasculação foi realizada passando cola nas anteras

dos botões tratados para que eles não liberassem pólen, evitando danos à flor da emasculação pela remoção das anteras e a transferência de pólen foi realizada com a pata traseira de uma abelha morta aderida a um palito de madeira (12 tratamentos, um por planta), resultando também em frutificação nula. Em todas as tentativas os tratamentos foram realizados em vários horários, incluindo os períodos mais quentes do dia.

Todas as flores dos tratamentos permaneceram ensacadas para acompanhamento da formação de frutos, evitando a remoção dos mesmos ou herbivoría. As pimentas produzidas foram pesadas logo após a colheita em balança semi-analítica (peso fresco), com o comprimento e largura medidos com paquímetro digital.



**Figura 6.** Mensuração dos frutos com paquímetro digital. Fonte: autoria própria.

### 3.6 Visitantes florais

Para analisar os principais visitantes das pimenteiras estudadas, foi realizada uma coleta durante doze dias, nos meses de junho a agosto de 2022, das 10:00 às 13h., totalizando trinta e seis horas. Foi usada uma rede para coleta de insetos, e conforme os dados obtidos por meio deste levantamento, foram amostrados 16 exemplares de abelhas na área rural da cidade de São Carlos -SP, sendo todas elas melíponas (sem ferrão), as quais foram identificadas de acordo com as famílias, Apidae e Halictidae, e uma não identificada até então. Exemplares das principais espécies de visitantes florais foram utilizados para formar uma coleção de referência, a fim de confirmar sua identificação e propiciar treinamento da autora do trabalho na identificação das famílias. As coletas foram realizadas utilizando-se sob licença de coleta no SISBIO do orientador do trabalho, os visitantes foram refrigerados, até que pudessem ser montados com alfinete entomológico, etiquetados, e identificados e serão depositados na coleção de abelhas da USP de Ribeirão Preto. Estes registros mensuram o componente quantitativo associado a polinização (HERRERA, 1987; HERRERA, 1989; MAUÉS et al., 2016).

### 3.7 Teste de germinação das sementes

O experimento para verificar a germinação das sementes foi iniciado no dia 20\09\2022, a partir da extração de 20 sementes de 5 pimentas maduras de pés diferentes, selecionadas aleatoriamente, num total de 100 sementes, que foram lavadas com água corrente e inseridas em uma mistura de 500 ml de água e duas colheres de vinagre de álcool (ácido acético). O vinagre de álcool foi eficiente para a quebra da dormência, em pesquisas referentes ao tamarindo (DA SILVA et al., 2011). Ficando nessa solução cerca de duas horas, após esta etapa as sementes foram novamente lavadas com água corrente e depositadas em um recipiente de plástico com algodão umedecido com água. Este método foi pensado para a quebra de uma possível dormência das sementes de *Capsicum* sp, que poderiam afetar a germinação das sementes (JUSTINO, 2013). Utilizamos materiais acessíveis e de baixo custo para que agricultores e demais interessados possam desenvolver este método em suas propriedades.



**Figura 7.** Sementes de pimenta biquinho germinando. Fonte: autoria própria.

### 3.8 Análise de dados

Para o teste das hipóteses estatísticas de diferença na média da variável resposta entre os dois tratamentos realizados, foi utilizado o teste *t-Student* que compara duas médias de amostras independentes (BARROS e MAZUCHELI, 2005; OLIVEIRA, 2008). O valor crítico utilizado foi de  $p = 0.05$ . A fim de averiguar os dados, foram elaboradas análises estatísticas no *Software R* e gerados os gráficos.

## 4.RESULTADOS

### 4.1 Sementes e Canteiro

No dia 26 de setembro de 2021 as sementes foram plantadas nas caixinhas de leite, e no mês seguinte ocorreu o preparo das covas para plantio com 300g de esterco bovino e 100g de NPK 2520, quando atingiram o tamanho esperado. Onze dias depois as sementes começaram a germinar, e um mês após o plantio as mudas começaram a trocar as folhas iniciais, mas só em 90 dias após a semeadura as pimentas atingiram entre 10 e 15 cm e foram transplantadas para o solo, algumas já estavam apresentando suas primeiras flores, foi feito o uso da mesma quantidade de adubo químico uma vez por semana.

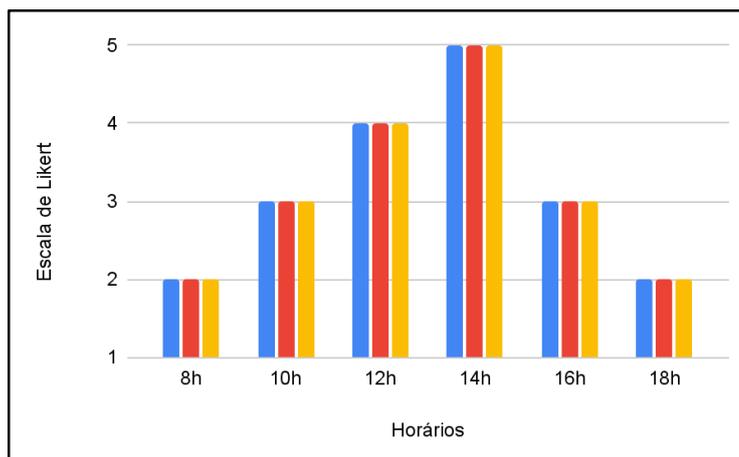
#### 4.2 Biologia floral



**Figura 8.** Abertura das anteras. Fonte: autoria própria.

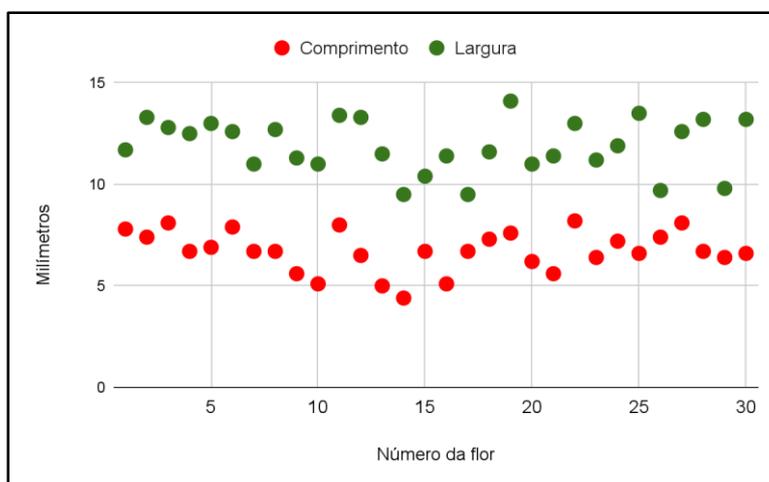
Observou-se que a abertura das flores ocorria no início da manhã, por volta das 6h e as mesmas se fechavam em torno das 18h, período em que o sol se punha, e a liberação de pólen acontecia entre as 12h e 15h. Após as quatro da tarde, as anteras começaram a se fechar, reduzindo as visitas dos insetos naquele dia. A frutificação levava dois dias, nos quais as pétalas e anteras caíam e davam início a formação dos frutos, que demoravam 120 dias para atingirem sua maturação (mês de janeiro), foram realizadas cerca de 6 colheitas variando entre 500g e 3 kg (colheitas mais volumosas).

Para testar a receptividade do estigma foi considerada a escala de Likert (1- não borbulhou; 2- pouco; 3 médio; 4 muito; 5 máximo) e com estes dados foi gerado um gráfico no Excel.



**Figura 9.** Teste da receptividade do estigma em diferentes horários. Cada barra representa uma flor colhida e testada no horário indicado. Fonte: autoria própria.

Consequente, o estigma mostra-se receptivo ao longo do dia, porém seus picos ocorrem por volta das 12h e 15h, sendo os horários mais quentes, apesar da experiência ter sido feita em um dia com pouca incidência solar (no início da primavera), havendo algumas pancadas de chuva entre 17h e 18h da tarde.



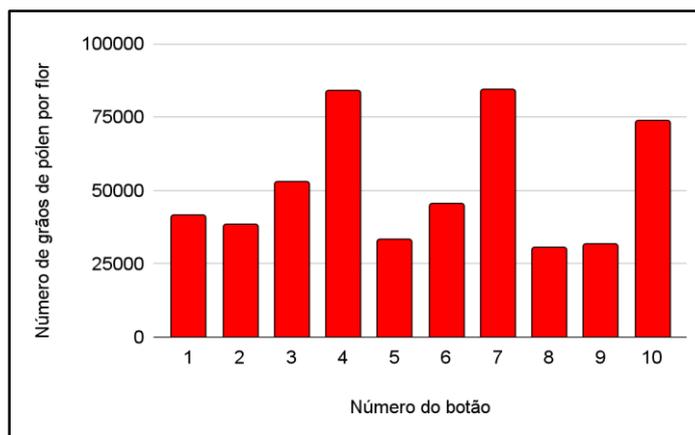
**Figura 10.** Medidas de comprimento e largura da corola das flores de pimenta biquinho. Fonte: autoria própria.

As medidas de comprimento apresentaram em média 6,7 milímetros, e as de largura 11,9mm. mostrando que as flores de pimenta biquinho (*Capsicum chinense*) são relativamente pequenas, o que afeta na interação entre flor e polinizador, acarretando na necessidade de polinizadores específicos para que este fator seja bem sucedido.

Já os dez botões utilizados para contagem de pólen foram coletados pela manhã, e logo após, foi inserida em uma placa de Petri, uma solução 100µl de água destilada, e em seguida

foi retirado o pólen de todas as cinco anteras do botão, com o uso de uma pinça e um alfinete, e o pólen foi misturado de forma homogênea à alíquota de água destilada, e logo após depositado na câmara de Neubauer, a fim de contar o número de grãos por meio do uso de um microscópio óptico com aumento de 10x.

Para estimar a quantia de pólen foi calculada a média de grãos em cada uma das séries de 16 quadrados de canto, com isso, o resultado obtido foi multiplicado por 1000, a contagem corresponde ao número de grãos de pólen por flor.

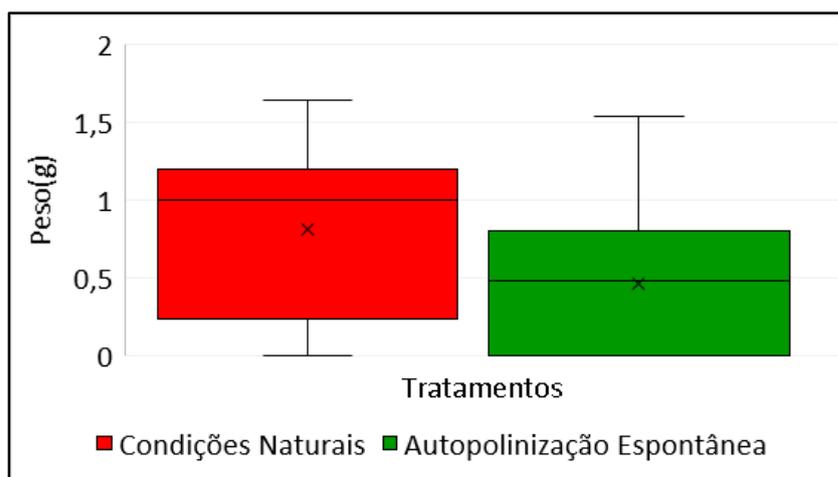


**Figura 11.** Número de grãos de pólen por flor da pimenta biquinho. Fonte: autoria própria.

Fazendo a leitura deste gráfico podemos analisar de maneira geral, que a média do número de grãos de pólen por flor, foi de 51487, a quantidade mínima e máxima de grãos varia entre 30350 e 84250.

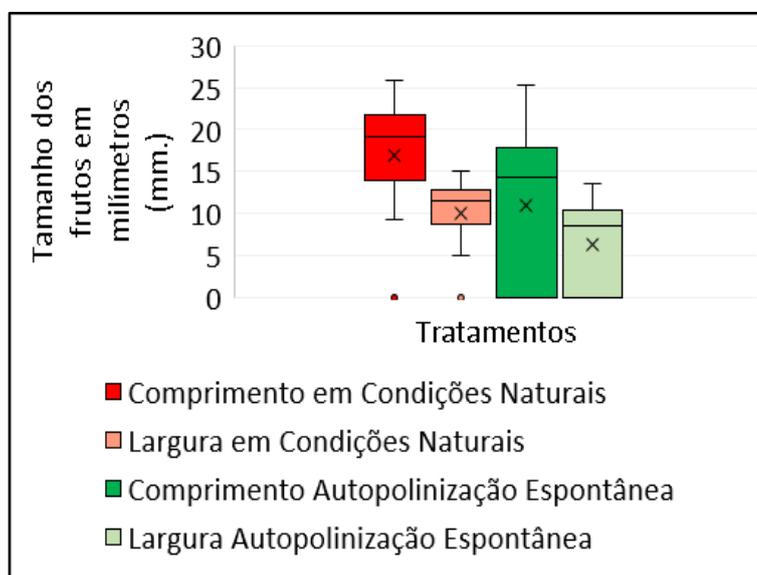
### 4.3 Sistema reprodutivo e limitação polínica

Referentes ao peso, comprimento, largura, volume, quantidade de sementes, (considerando os frutos não fecundados), porém, nos três últimos gráficos, houve a exclusão dos não fecundados, para observar se há diferença de produtividade na Polinização Natural e Autopolinização Espontânea.



**Figura 12.** Comparação entre o peso em gramas dos frutos de pimenta biquinho (*Capsicum chinense*) em Condições Naturais e Autopolinização Espontânea. O símbolo X representa a média, a linha horizontal representa a mediana, as caixas representam o intervalo que contém 50% dos dados e as linhas horizontais acima e abaixo das caixas representam os valores máximos e mínimos, respectivamente. Fonte: autoria própria.

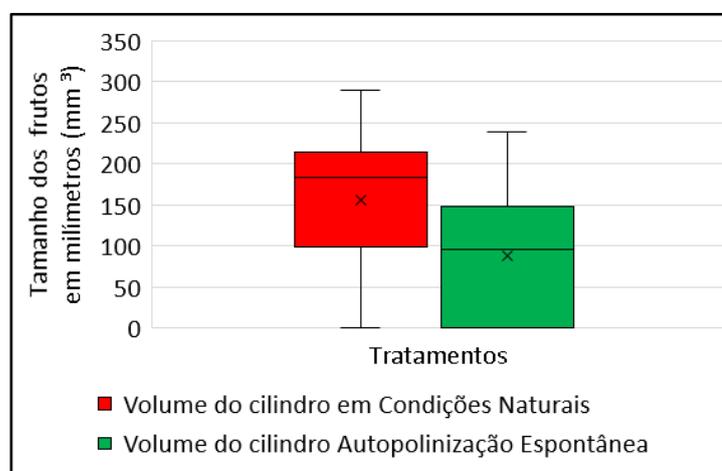
Conforme o gráfico acima, as flores expostas a Condições Naturais de polinização formaram frutos com maior peso médio (0,80g) do que flores do tratamento Autopolinização Espontânea, impossibilitadas de receber visitantes (0,46g;  $t = -4,271$ ;  $p < 0,001$ ).



**Figura 13.** Diferença do comprimento e da largura dos frutos de pimenta biquinho utilizando o método de Polinização em Condições Naturais e Autopolinização Espontânea. O símbolo X representa a média, a linha horizontal representa a mediana, as caixas representam o intervalo que contém 50% dos dados e as linhas horizontais acima e abaixo das caixas representam os valores máximos e mínimos, respectivamente. Fonte: autoria própria.

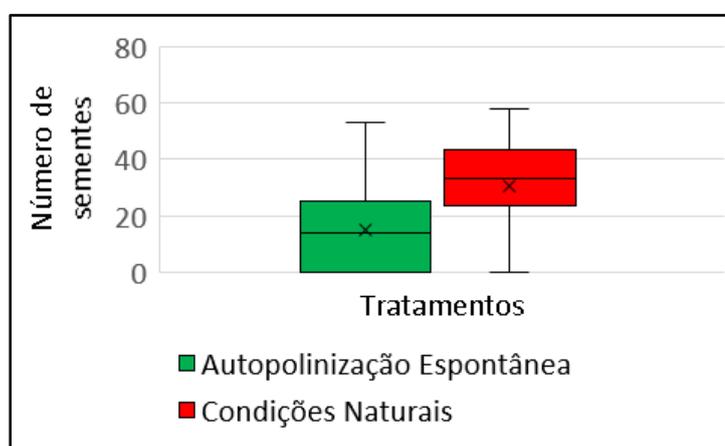
Seguindo a mesma tendência, o comprimento dos frutos produzidos em Condições Naturais (média = 16,91 mm), foi maior que em Autopolinização Espontânea (média = 10,86mm.,  $t = -4,58$ ;  $p < 0,001$ ; Figura 9). Da mesma forma, a largura média dos frutos em

Condições Naturais foi de 10,04mm e em Autopolinização Espontânea foi de 6,34mm ( $t = -4,83$ ;  $p < 0,001$ ; Figura 13).



**Figura 14.** Volume dos frutos em milímetros cúbicos aproximados a um cilindro ( $\pi \cdot r^2 \cdot \text{altura}$ ) nos tratamentos envolvendo as Condições Naturais e a Autopolinização Espontânea. O símbolo X representa a média, a linha horizontal representa a mediana, as caixas representam o intervalo que contém 50% dos dados e as linhas horizontais acima e abaixo das caixas representam os valores máximos e mínimos, respectivamente. Fonte: autoria própria.

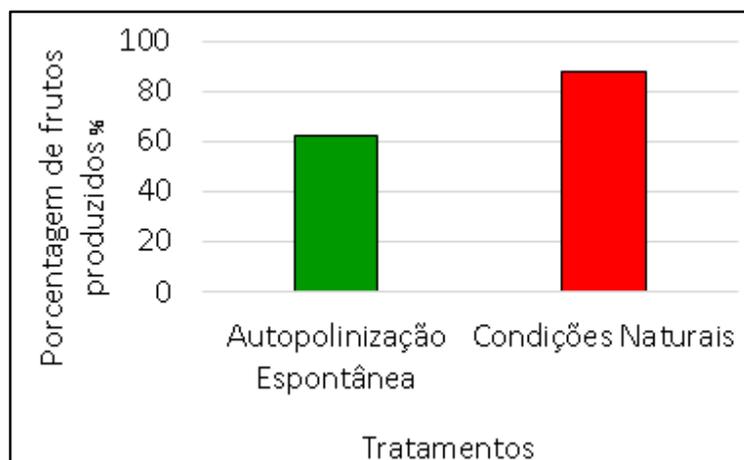
No caso do volume do cilindro dos frutos, em Condições Naturais a média dos mesmos é de 155,99mm<sup>3</sup>, enquanto na Autopolinização Espontânea a média é 87,55mm<sup>3</sup> ( $t = -5,29$  e  $p < 0,001$ ).



**Figura 15.** Quantidade de sementes geradas pelas pimentas biquinho (*Capsicum chinense*) considerando a Autopolinização Espontânea e a Polinização em Condições Naturais. O símbolo X representa a média, a linha horizontal representa a mediana, as caixas representam o intervalo que contém 50% dos dados e as linhas horizontais acima e abaixo das caixas representam os valores máximos e mínimos, respectivamente. Fonte: autoria própria

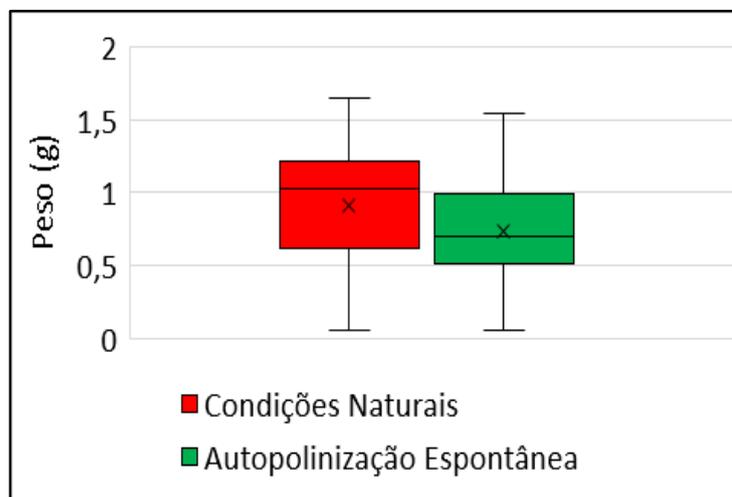
O número de sementes por fruto em Condições Naturais apresentou em média 30,58, e na Autopolinização Espontânea, 15,08, ( $t = -5,82$ ,  $p < 0,001$ ).

Como citado anteriormente, com a retirada dos frutos que não vingaram, a análise foi dividida em duas partes, a primeira busca saber quantas flores produzem frutos em cada tratamento, e a segunda se quando o fruto foi produzido houve diferenças entre os tratamentos e no número de sementes e peso, o que acaba sendo útil para a comercialização deste produto.



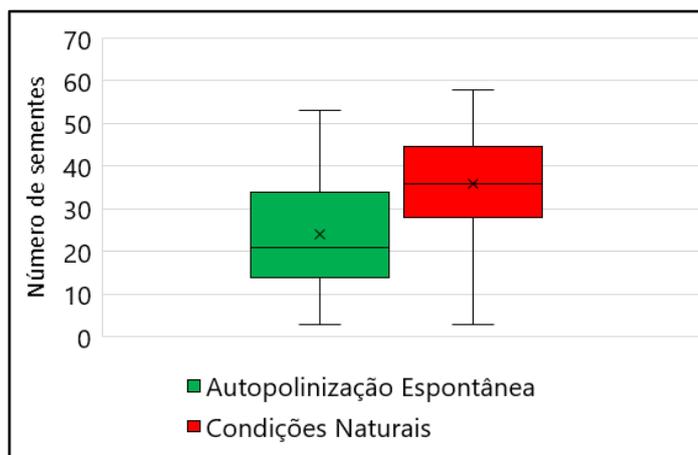
**Figura 16.** Porcentagem da frutificação da pimenta biquinho nos diferentes tratamentos desconsiderando as flores não fecundadas. Fonte: autoria própria.

Pode-se constatar que em Condições Naturais 88% das 75 flores usadas neste tratamento produziram frutos, já na Autopolinização Espontânea, somente 62.7% produziram pimentas.



**Figura 17.** Peso nos diferentes tratamentos desconsiderando as flores que não produziram frutos. O símbolo X representa a média, a linha horizontal representa a mediana, as caixas representam o intervalo que contém 50% dos dados e as linhas horizontais acima e abaixo das caixas representam os valores máximos e mínimos, respectivamente. Fonte: autoria própria.

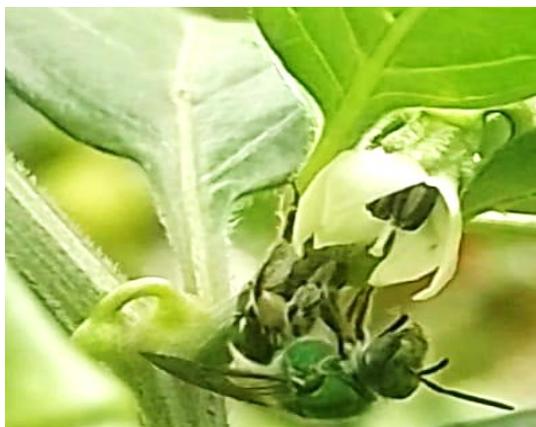
Sendo assim, a média do peso foi de 0,91g e a Autopolinização Espontânea 0,73g ( $t = -2,29$ ,  $p < 0,05$ ).



**Figura 18.** Número de sementes produzidas na Autopolinização Espontânea (verde) e em Condições Naturais (vermelho) retirando os valores nulos obtidos nas flores não fecundadas. O símbolo X representa a média, a linha horizontal representa a mediana, as caixas representam o intervalo que contém 50% dos dados e as linhas horizontais acima e abaixo das caixas representam os valores máximos e mínimos, respectivamente. Fonte: autoria própria.

Levando em conta o número de sementes no caso da Autopolinização Espontânea, a média 24,06 difere da Polinização em Condições Naturais: 34,75, ( $t = -4,24$ ,  $p < 0,001$ ).

#### 4.4 Visitantes florais

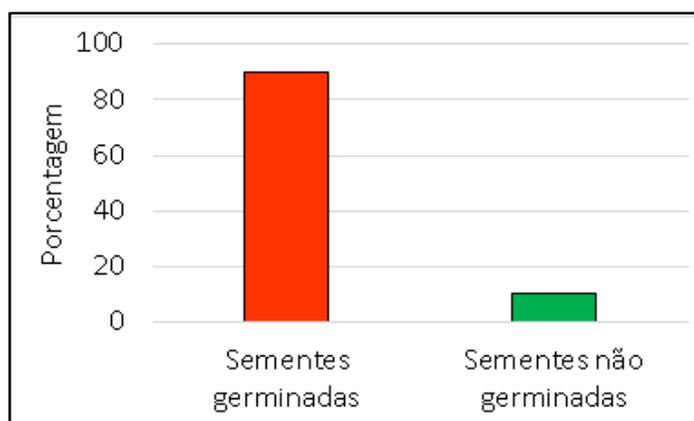


**Figura 19.** Halictidae na flor de pimenta biquinho. Fonte: autoria própria.

Nesta pesquisa, a família Apidae compreende um total de sete amostras, sendo duas da espécie *Paratrigona lineata*, e cinco da espécie *Tetragonisca angustula*, e a família Halictidae possuía 8 amostras diferentes (uma de Halictidae 1, seis amostras de Halictidae 2, e uma de Halictidae 3), e uma amostra ainda sem identificação.

#### 4.5 Teste de germinação das sementes

Nove dias após o plantio em condições controladas, houve o início da germinação das sementes, as quais começaram a apresentar suas primeiras folhas dia 05\10\2022.



**Figura 20.** Relação das sementes germinadas e não germinadas da pimenta biquinho por meio da fórmula (número de sementes germinadas\ número de sementes da amostra) \*100. Fonte: autoria própria.

Considerando a quantidade de sementes em que ocorreu a germinação, há uma viabilidade de 90% das sementes.

## 5.DISSCUSSÃO

O resultado mais relevante deste trabalho é que a polinização em condições naturais, com polinizadores, resultou na maior produção de frutos, que também continham mais sementes e eram maiores e mais pesados, quando comparada à Autopolinização Espontânea, sem polinizadores. Tais decorrências evidenciam a importância dos polinizadores para a produção da pimenta biquinho. Esses efeitos reforçam e ampliam resultados semelhantes obtidos para outras espécies do gênero. Em estudo anterior, a partir da análise dos cinco genótipos (dois morfotipos da pimenta murupi, e três morfotipos da pimenta-de-cheiro), verificou-se que, apesar destas pimentas identificadas como *C. chinense* não apresentarem alta dependência de agentes polinizadores, a polinização natural é efetiva (COSTA et al., 2008). No pimentão, por exemplo, a quantidade de sementes e a polinização estão inteiramente relacionadas, pois a não fecundação dos óvulos acarreta em frutos mal formados, com a disposição irregular de sementes (JÚNIOR, 2008).

Nosso estudo evidenciou que o cultivo com agentes polinizadores acarretou em um aumento de 73% na produção, considerando-se o peso dos frutos produzidos a partir das flores observadas. Esse valor indica um importante aumento no lucro propiciado pelos agentes polinizadores. Nesse sentido, os produtores rurais são privilegiados com os serviços prestados pelos polinizadores, que atualmente compõem os custos operacionais dos cultivos (IMPERATRIZ-FONSECA, 2004). Nossos resultados sugerem também que produtividade

pode variar de acordo com fatores que alterem a abundância e diversidade de espécies de polinizadores, como o tamanho e a região em que estiver situada a lavoura de pimentas, acarretando em impactos no lucro do produtor, bem como na economia e na segurança alimentar da sociedade (WOLOWSKI et al., 2019).

Do ponto de vista metodológico encontramos dificuldades com o experimento de polinização cruzada. O teste de receptividade do estigma apresentou respostas significativas nos horários próximos ao meio-dia, quando a incidência solar foi maior. Presumiu-se, então, que a polinização controlada, se realizada nestes horários, resultaria na formação de frutos. Porém, a não formação de frutos nestes tratamentos nos levou à suposição de que danos causados nas estruturas florais poderiam ter resultado na queda das mesmas (COSTA et al., 2008). O procedimento de emasculação ou até mesmo a deposição do pólen, poderiam ter causado danos imperceptíveis mesmo com o uso da lupa, que provocaram o aborto das estruturas reprodutivas e a não formação de frutos (COSTA et al., 2008). Por esse motivo, refizemos o experimento impedindo a abertura das anteras por deposição de cola, ao invés de removê-las, porém esse também não ocasionou a frutificação.

Outra suposição levantada para explicar esses resultados foi de que haveriam poucos grãos de pólen viáveis em comparação com outras variedades de pimenta biquinho que conhecíamos e que essa quantidade mais baixa dificultou a realização dos experimentos. No entanto, testes realizados pela EMBRAPA a partir de acessos do banco de germoplasma para a espécie *C. chinense* indicaram viabilidade dos grãos de pólen sempre superiores a 64% e normalmente acima de 90% (POZZOBON et al., 2015). Além disso, as contagens de grãos de pólen mostraram uma quantidade relativamente grande de pólen nas anteras, sendo semelhante a estudos feitos com o pimentão, os quais apresentaram 100000 grãos de pólen por flor (LIN et al., 2022; SHAKED et al., 2003). Por dificuldades metodológicas e de tempo não realizamos experimentos para avaliar a deficiência de polinizadores e de polinização em condições naturais. Estes experimentos deverão ser realizados em estudos futuros. Faltam-nos dados das outras variedades de *C. chinense* para comparação, indicando caminhos para perguntas futuras. Apesar das flores serem pequenas em relação ao comprimento e largura da corola, houve compatibilidade de tamanho com os visitantes florais, que em sua maioria apresentaram porte médio ou pequeno. Além disso, os resultados dos tratamentos de Autopolinização Espontânea e condições naturais de polinização sugerem que essas abelhas executam com destreza a polinização das flores de pimenta biquinho (*C. chinense*).

Foram observadas espécies de abelhas das famílias Apidae e Halictidae. A espécie *Paratrigona lineata* (Apidae), com seus ninhos subterrâneos e populosos, possuem o

comportamento *milking* na polinização, em que os grãos de pólen são tirados do ápice do cone das anteras por meio da inserção e remoção da glossa (MONTEIRO, 2018). A espécie *Tetragonisca angustula* (Apidae), possui porte pequeno e é bem distribuída geograficamente, com grandes colônias (NOGUEIRA-NETO, 1997), mas não apresenta mecanismos específicos de polinização que indicam sua eficiência na polinização da pimenta biquinho. Por fim, as espécies da família Halictidae, apresentam o comportamento de vibrar seu corpo produzindo som alto (*buzz pollination*), relacionado à remoção de pólen das anteras poricidas, como de pimenta biquinho *C. chinense* (POSTERARE, 2018; BARRETO et al., 2006).

A assiduidade das abelhas responsáveis pela polinização é um indicador de qualidade ambiental. Neste sentido, é importante se atentar para a preservação das mesmas, grandemente afetadas pelas mudanças ambientais promovidas pela humanidade (BARBOSA et al., 2017). Sem elas, a grande maioria das espécies vegetais não se reproduziriam sexualmente, sendo impossível produzir sementes e frutos utilizados pela sociedade humana (FREITAS e IMPERATRIZ-FONSECA, 2005).

Por fim, as sementes produzidas a partir das plantas cultivadas nessa pesquisa apresentaram boa qualidade, visto que 90% delas germinaram, taxa semelhante à obtida na pimenta dedo de moça (*Capsicum baccatum* var. *pendulum*; JUSTINO, 2013). Comprovando que o produtor poderá utilizar na próxima safra as sementes provenientes de sua própria plantação.

## 6. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados conclui-se que a produção de pimenta biquinho (*Capsicum chinense*; *BRS Moema*) tem um aumento significativo (cerca de 70%) quando ocorre a polinização natural, gerando pimentas com maior peso, frutos maiores e uma maior quantidade de sementes, acarretando no aumento do lucro do produtor.

## 7.REFERÊNCIAS

- ABRASEM, ANUÁRIO, **Associação Brasileira de Sementes e Mudas**, 2003. Disponível em: <<https://www.abcsem.com.br/dados-do-setor>>. Acesso em: 07 jun. 2021.
- ALVES-DOS-SANTOS, I. et al. Quando um visitante floral é um polinizador? **Rodriguésia [online]**. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/2175-7860201667202>>. Acesso em: 2 jun. 2021.
- BARBOSA, D. B. , CRUPINSKI, E. F. , SILVEIRA, R. N., LIMBERGER, D. C. H. As abelhas e seu serviço ecossistêmico de polinização. **Revista Eletrônica Científica Da UERGS**. Disponível em:<<https://doi.org/10.21674/2448-0479.34.694-703>>.Acesso em: 28 set. de 2022.
- BARRETO, L. S., OLIVEIRA, F. F. DE, CASTRO, M. S. , 2006. **Abelhas visitantes florais de *Solanum lycocarpum* St. Hil. (*Solanaceae*) no Morro do Pai Inácio, Palmeiras, Bahia, Brasil.**Disponível em :< <https://doi.org/10.13102/scb8191>>.Acesso em: 26 set. de 2022.
- BARROS, E. A.C.; MAZUCHELI, J. Um estudo sobre o tamanho e poder dos testes t-Student e Wilcoxon. **Acta Scientiarum. Technology**, 2005.Disponível em: <[https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as\\_sdt=0%2C5&q=teste+t+student&oq=teste+t#d=gs\\_cit&t=1661277333282&u=%2Fscholar%3Fq%3Dinfo%3AKnI09AA5PEkJ%3Ascholar.google.com%2F%26output%3Dcite%26scirp%3D0%26hl%3Dpt-BR](https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=teste+t+student&oq=teste+t#d=gs_cit&t=1661277333282&u=%2Fscholar%3Fq%3Dinfo%3AKnI09AA5PEkJ%3Ascholar.google.com%2F%26output%3Dcite%26scirp%3D0%26hl%3Dpt-BR)>. Acesso em: 23 ago. 2022.
- COSTA, L. V., et al. Polinização e fixação de frutos em *Capsicum chinense* Jacq.. **Acta Amazonica [online]**, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0044-59672008000200022>>.Acesso em: 28 Maio 2021.
- DA SILVA, G. B. P. et al. Tempo de germinação e desenvolvimento inicial na produção de mudas Tamarindus indica l. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 2011. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7432873>>.Acesso em:23 ago. 2022.
- EMBRAPA. **Hortaliças em Revista**. Pimentas *capsicum*: uma história de sucesso na cadeia produtiva de hortaliças.: pimentas capsicum uma história de sucesso na cadeia produtiva de hortaliças. Embrapa, 2015. Disponível em:< <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1091408/hortaliças-em-revista-pimentas-capsicum-uma-historia-de-sucesso-na-cadeia-produtiva-de-hortaliças>>. Acesso em: 14 jun. 2021
- FONSECA, R. M. **Caracterização morfoagronômica de gerações de *Capsicum annuum* x *Capsicum chinense***. 2016. Tese (Doutorado em Agronomia Tropical) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016. Disponível em:<<https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/5269>>. Acesso em: 7 jun. 2021.
- FREITAS, P. G. N. **Vibração de plantas de pimenta (*Capsicum spp.*) para produção de frutos e sementes em ambiente protegido**. 2014.Disponível em:<<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/108863/000776705.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>.Acesso em:2 jun. 2021.
- FREITAS, B. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **A importância econômica da polinização**. São Paulo, 2005.Disponível em:<[https://www.researchgate.net/profile/Breno-Freitas/publication/259435678\\_A\\_IMPORTANCIA\\_ECONOMICA\\_DA\\_POLINIZACA](https://www.researchgate.net/profile/Breno-Freitas/publication/259435678_A_IMPORTANCIA_ECONOMICA_DA_POLINIZACA)

O/links/0046352c555595b46e00000/A-IMPORTANCIA-ECONOMICA-DA-POLINIZACAO.pdf>. Acesso em: 28 set. de 2022.

GRAVINA, O.; HENZ, G. P.; CARVALHO, S. I. C. **Conservação pós-colheita de pimentas da espécie *Capsicum chinense* com filme de PVC em duas temperaturas.** Horticultura Brasileira. Brasília, 2004. Disponível em: <[http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/Download/Biblioteca/44\\_159.pdf](http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/Download/Biblioteca/44_159.pdf)>. Acesso em: 07 jun. 2021.

HERRERA, C.M. Components of pollinator "quality": comparative analysis of a diverse insect assemblage. **Oikos**, 1987.

HERRERA, C.M. Pollinator abundance, morphology, and flower visitation rate: analysis of the "quantity" component in a plant-pollinator system. **Oecologia**, 1989.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **Serviços aos ecossistemas, com ênfase nos polinizadores e polinização.** São Paulo: USP, 2004. Disponível em: <<http://files.cesaiifce.webnode.com.br/200000020-bd221be1bb/Servi%C3%A7os%20aos%20ecossistemas,%20com%20%C3%AAnfase%20nos%20polinizadores%20e%20poliniza%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 2 jun. 2021.

JÚNIOR, F. R. R. L.; BENDINI, N. J.; BARRETO, C. R. M. L. Eficiência polinizadora de *Apis mellifera* L. e polinização entomófila em pimentão variedade cascadura ikeda. **Bragantia**, 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/brag/a/vBsB8xjdThrC7zWn9QHvhCK/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 27 set. de 2022.

JUSTINO, E. V. **Maturação fisiológica e taxa de cruzamento natural na produção de sementes de *Capsicum*.** Dissertação (Mestrado em Agronomia)—Universidade de Brasília, Brasília, 2013. Disponível em: <[https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/17263/3/2013\\_ElaineVazJustino.pdf](https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/17263/3/2013_ElaineVazJustino.pdf)>. Acesso em: 9 set. 2022.

KEARNS, C. A. ; INOUE, D.W. 1993. **Techniques for pollination biologists.** Niwot: University Press of Colorado, 1993.

KLEIN, A. M. et al. **Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. Proceedings of the royal society B: biological sciences**, 2007. Disponível em: <<https://royalsocietypublishing.org/doi/pdf/10.1098/rspb.2006.3721>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

LIN, Shih-wen et al. Impedance Flow Cytometry for Selection of Pollen Traits Under High Temperature Stress in Pepper. **HortScience**, 2022. Disponível em: <<https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/57/2/article-p181.xml?rskey=8hP9Li&result=299>>. Acesso em: 22 nov. 2022.

MAUÉS, M. M., et al. Abelhas-das-orquídeas (Apidae, Euglossina) da coleção entomológica da Embrapa Amazônia Oriental. **Congresso Brasileiro de Recursos Genéticos**. 2016, Curitiba. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1060375/1/klSmPS9x648465.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2022.

MONTEIRO, T. R. **Polinização por abelhas e a qualidade dos frutos em cultivos de berinjela (*Solanum melongena*, Solanaceae)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018. Disponível em: <<http://repositorio.ufu.br/handle/123456789/23393>>. Acesso em :2 jun. 2021.

MUNIZ, I.; MAGALHÃES, I. C. S.; SOUZA, GT ; SOUZA, M. R. ; CASTRO, C. C. . O que se sabe sobre a polinização das pimentas (*Capsicum chinense* JACQ., SOLANACEAE) no mundo e sua influência na produção ? **.VI Encontro de agroecologia do agreste de Pernambuco, II Seminário internacional agrofamiliar de agroecologia e sustentabilidade, 2020.**

NOVAIS, S. M. et al. O. **Effects of a possible pollinator crisis on food crop production in Brazil**, 2016. Disponível em: <<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0167292>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

NOGUEIRA-NETO, P. **Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão**. São Paulo, 1997. Disponível em: <[http://acaic.com.br/site/pdf/livro\\_pnn.pdf](http://acaic.com.br/site/pdf/livro_pnn.pdf)>. Acesso em: 29 ago. de 2022.

OLIVEIRA, A. F. G. Testes estatísticos para comparação de médias. **Revista Eletrônica Nutritime**, 2008. Disponível em: <[http://www.nutritime.com.br/arquivos\\_internos/artigos/076V5N6P777\\_788\\_NOV2008\\_.pdf](http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/076V5N6P777_788_NOV2008_.pdf)>. Acesso em: 23 ago. 2022.

OLIVEIRA, C. H.; SANTOS, J. E. dos; PIRES, J. S. R. Indicadores de arborização urbana da cidade de São Carlos (SP) com o uso do SIG-IDRISI. **Brazilian Journal of Ecology**, 1999. Disponível em: <<http://ecologia.ib.usp.br/seb/n199/INDICADORES.html>>. Acesso em: 07 jun 2021.

POSTERARE, V. de A. et al. **Biologia floral e visitantes florais de *Evolvulus pterocaulon* (*Convolvulaceae*) condicionada por características climáticas no Cerrado**. 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/23582/1/BiologiaFloralVisitantes.pdf>> Acesso em: 26 set. de 2022.

POZZOBON, M. T. et al. Comportamento meiótico em acessos de *Capsicum chinense* Jacq. do Banco de Germoplasma da Embrapa, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, 2015. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/seerbio/ojs/index.php/rbb/article/view/3239/1278>>. Acesso em: 26 set. de 2022.

RECH, A.R. et al. (Ed.). Biologia da polinização. **Projecto Cultural**, 2014. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Fabio-Pinheiro-3/publication/276279278\\_Polinizacao\\_por\\_engodo/links/555558c208ae980ca60ae899/Polinizacao-por-engodo.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Fabio-Pinheiro-3/publication/276279278_Polinizacao_por_engodo/links/555558c208ae980ca60ae899/Polinizacao-por-engodo.pdf)>. Acesso em: 2 jun. 2021

R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing**, 2020. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 4 jun. 2021.

RAW, A. **Foraging behaviour of wild bees at hot pepper flowers (*Capsicum annuum*) and its possible influence on cross pollination**. *Annals of Botany*, 2000. Disponível

em:<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0305736499910909>. Acesso em: 4 jun. 2021.

STEHMANN, J. R. et al. **Solanaceae. Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Rio de Janeiro, Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2010. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010/FB014716>>. Acesso em: 07 jun. 2021.

SHAKED, R.; ROSENFELD, K.; PRESSMAN, E. The effect of low night temperatures on carbohydrates metabolism in developing pollen grains of pepper in relation to their number and functioning. **Scientia Horticulturae**, v. 102, n. 1, p. 29-36, 2004. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423804000251>>. Acesso em: 22 nov. 2022.

SILVA, L. Á. da; SOARES, J. J. Levantamento fitossociológico em um fragmento de floresta estacional semidecídua, no município de São Carlos, SP. **Acta Botanica Brasilica**, 2002. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/abb/a/hBFf7yysxCZCT9k8wMnfWWD/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso: 07 jun. 2021.

VAISSIÈRE, B.; FREITAS, B. M.; GEMMILL-HERREN, B. **Protocol to detect and assess pollination deficits in crops: a handbook for its use**. FAO, 2011. Disponível em: <<https://hal.inrae.fr/hal-02805909/document>>. Acesso em: 07 jun. 2021.

WOLOWSKI, M. et al. **Relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil**. 1 ed. São Carlos, SP: Editora Cubo, 2019. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Leandro-Freitas-8/publication/331407906\\_Relatorio\\_Tematico\\_sobre\\_Polinizacao\\_Polinizadores\\_e\\_Producao\\_de\\_Alimentos\\_no\\_Brasil/links/5c90dc72299bf14e7e85089e/Relatorio-Tematico-sobre-Polinizacao-Polinizadores-e-Producao-de-Alimentos-no-Brasil.pdf?origin=publication\\_detail](https://www.researchgate.net/profile/Leandro-Freitas-8/publication/331407906_Relatorio_Tematico_sobre_Polinizacao_Polinizadores_e_Producao_de_Alimentos_no_Brasil/links/5c90dc72299bf14e7e85089e/Relatorio-Tematico-sobre-Polinizacao-Polinizadores-e-Producao-de-Alimentos-no-Brasil.pdf?origin=publication_detail)> Acesso em: 07 jun. 2021.

ZAMBON, V.; AGOSTINI, K. Polimorfismo floral e suas implicações em sistemas sexuais: o caso de *Solanum melongena* (Solanaceae). **Rodriguésia**, v. 68, n. 4, p. 1187-1199, 2017. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rod/a/WrytcmF4tQcYHphC3jWLbzM/?lang=pt>>. Acesso em: 07 jun. 2021