



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

**ALEX SANTOS DOS SANTOS**

**EFEITOS DA POLINIZAÇÃO MECANIZADA COM SOPRADOR COSTAL EM  
CACAUEIROS CULTIVADOS EM SISTEMA CABRUCÁ**

**ILHÉUS – BAHIA**

**2023**

**ALEX SANTOS DOS SANTOS**

**EFEITOS DA POLINIZAÇÃO MECANIZADA COM SOPRADOR COSTAL EM  
CACAUEIROS CULTIVADOS EM SISTEMA CABRUCO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Área de concentração: Solos e nutrição de Plantas em Ambiente Tropical Úmido.

**Orientador:** Prof. Dr. Eduardo Gross

**Co-orientador:** Prof. Dr. George Sodré

**ILHÉUS – BAHIA**

**2023**

S237

Santos, Alex Santos dos.

Efeitos da polinização mecanizada com soprador costal em cacauzeiros cultivados em sistema cabruca / Alex Santos dos Santos. – Ilhéus, BA: UESC, 2023. 62f. : il.

Orientador: Eduardo Gross.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal.

Inclui referências.

1. Cacau – Cultivo. 2. Polinização. 3. Ventilação. 4. Clones. I. Título.

CDD 633.74

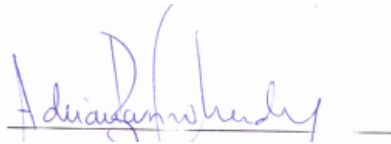
**ALEX SANTOS DOS SANTOS**

**EFEITOS DA POLINIZAÇÃO MECANIZADA COM SOPRADOR COSTAL EM  
CACAUEIROS CULTIVADOS EM SISTEMA CABRUCO**

Ilhéus-Ba, 07 de julho de 2023.



Prof. Dr. **Eduardo Gross**  
Examinador/Orientador



Profa. Dra. **Adriana Ramos Mendes**  
Examinadora



Prof. Dr. **George Andrade Sodré**  
Examinador

## **Dedicatória**

Dedico à minha amada família, José Pereira, Diva Maria, Sabrina Nanine e minha amada esposa Amanda Góes.

“Nada é impossível para aquele que persiste”

Alexandre, o Grande.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade da vida e de combater o bom combate.

Sou grato pela minha saúde e pela oportunidade de descobrir os mistérios deste universo.

Agradeço de todo o coração aos meus pais José e Diva e minha irmã Sabrina pelo amor e confiança em mim.

Agradeço especialmente à minha esposa Amanda, que esteve comigo nos melhores e piores momentos me apoiando e me completando.

Expresso minha enorme gratidão ao meu orientador, Eduardo Gross, pela sua atenção, confiança, apoio e ensinamentos no qual servem de inspiração para a minha vida.

Agradeço ao meu co-orientador, George Sodré e aos professores Adriana Ramos e José Olímpio pela ajuda e conhecimentos passados, suas carreiras são as minhas referências profissionais.

Sou grato aos amigos Zenóbia e Charles que tanto me ajudaram neste projeto e que tornaram a tarefa menos árdua.

À Agrícola Conduru, agradeço a oportunidade de desenvolver este trabalho e por toda a ajuda e suporte oferecida, principalmente na pessoa de Rosivaldo Jr. e Danilo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal – PPGPV, agradeço por proporcionar a aquisição de novos conhecimentos e o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Universidade Estadual de Santa Cruz por sua estrutura, corpo docente e pelos funcionários e técnicos que contribuíram para o meu percurso.

Estendo minha gratidão a todos aqueles que, de alguma forma, me apoiaram direta ou indiretamente nesta jornada.

## **Lista de Tabelas**

Tabela 1 – Caracterização das áreas monoclonais. - 28

Tabela 2 – Caracterização das plantas referentes aos clones em estudo - 29

Tabela 3 - Distâncias entre o soprador e a planta em função da velocidade atingida. - 29

Tabela 4 - ANOVA das médias de flores nos clones após estresse hídrico no Ciclo 1. – 32

Tabela 5 – Teste Post Hoc de comparação das médias dos clones após período de estresse hídrico no Ciclo 1.- 33

Tabela 6 - ANOVA da frutificação em resposta ao Agente Polinizador e a variedade estudada no Ciclo 1. - 35

Tabela 7 - ANOVA das médias de flores nos clones após estresse hídrico no Ciclo 2. - 38

Tabela 8 – Teste Post Hoc de comparação das médias dos clones após período de estresse hídrico no Ciclo 2.- 38

Tabela 9 - ANOVA da frutificação em resposta ao Agente Polinizador e a variedade estudada no Ciclo 2. – 40

Tabela 10 - ANOVA das médias de flores nos clones após estresse hídrico no Ciclo 3. – 43

Tabela 11 – Teste Post Hoc de comparação das médias dos clones após período de estresse hídrico no Ciclo 3. - 43

Tabela 12 – Anova da frutificação em resposta ao Agente Polinizador e a variedade estudada no Ciclo 3. - 45

## Lista de Figuras

Figura 1- Croqui das linhas de aplicação da ventilação mecanizada nas áreas monoclonais - 27

Figura 2- mapa das áreas do experimento instaladas na Fazenda Luz do Vale em Itabuna-BA - 27

Figura 3 – Gráfico da precipitação (mm) nos meses do ciclo 1.

Figura 4 - Gráfico de comparações de médias pré e pós indução de Estresse Hídrico no Ciclo 1. - 32

Figura 5 - Médias de umidade do solo e umidade do ar no período de Estresse Hídrico no Ciclo 1- 34

Figura 6 - Média das temperaturas do solo, do ar e da copa das plantas nas áreas monoclonais e na região no Ciclo 1. - 34

Figura 7 – Comparação de médias de frutificação viável em função das velocidades aplicadas na polinização mecanizada e a polinização natural do Ciclo 1. - 36

Figura 8 – Comparação de médias e incrementos antes e depois dos tratamentos interdependentes com Estresse Hídrico e Ventilação Mecanizada do Ciclo 1 – 37

Figura 9 – Gráfico da precipitação (mm) nos meses do ciclo 2.- 37

Figura 10 - Médias de flores nos cacaueiros antes e após a indução da floração por Estresse Hídrico do Ciclo 2. - 39

Figura 11 - Médias de umidade do solo e umidade do ar no período de Estresse Hídrico no Ciclo 2 - 39

Figura 12 - Média das temperaturas do solo, do ar e da copa das plantas nas áreas monoclonais e na região no Ciclo 2. - 40

Figura 13 – Comparação de médias de frutificação viável em função das velocidades aplicadas na polinização mecanizada e a polinização natural do Ciclo 2. - 41

Figura 14 – Comparação de médias e incrementos antes e depois dos tratamentos interdependentes com Estresse Hídrico e Ventilação Mecanizada do Ciclo 2. - 42



Figura 15 – Precipitação (mm) nos meses do ciclo 3 - 42

Figura 16 - Médias de flores nos cacauzeiros antes e após a indução da floração por Estresse Hídrico do Ciclo 3. - 44

Figura 17 - Médias de umidade do solo e umidade do ar no período de Estresse Hídrico no Ciclo 2 - 44

Figura 18 - Média das temperaturas do solo, do ar e da copa das plantas nas áreas monoclonais e na região no Ciclo 3. - 45

Figura 19 – Comparação de médias de frutificação viável em função das velocidades aplicadas na polinização mecanizada e a polinização natural do Ciclo 3. - 46

Figura 20 – Comparação de médias e incrementos antes e depois dos tratamentos interdependentes com Estresse Hídrico e Ventilação Mecanizada do Ciclo 3. - 47

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	14
<b>ABSTRACT</b> .....	16
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	18
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	20
2.1. Sistema produtivo cacau cabruca.....	20
2.2. Mecanização da cacauicultura.....	21
2.3. Polinização do cacauero .....	22
2.4. Polinização com ventilação mecanizada .....	23
2.5. Polinização com ventilação mecanizada .....	24
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	25
3.1. Caracterização da área.....	25
3.1.1 Iluminação .....	27
3.1.2. Ventilação .....	27
3.1.3. Umidade e Temperatura do ar .....	28
3.1.4. Umidade e Temperatura do solo .....	28
3.2. Caracterização das plantas.....	28
3.3. Testes com soprador costal portátil .....	29
3.3.1. Ajuste de velocidade e distância .....	29
3.3.2. Ajuste de velocidade e distância .....	29
3.4. Metodologia de indução de floração por estresse hídrico .....	30
3.5. Metodologia de aplicação de ventilação mecanizada.....	30
3.6. Análise Estatística.....	31
3.6.1. Indução de Floração .....	31
3.6.2. Ventilação Mecanizada .....	31
3.6.3 Análise de Variância (ANOVA) .....	31
<b>4. RESULTADOS</b> .....	32
4.1. Primeiro experimento .....	32
4.1.1. Resultados da Indução de Floração por Estresse Hídrico.....	32
4.1.2. Resultados da polinização mecanizada. ....	35
4.2. Segundo experimento.....	37

4.2.1. Resultados da Indução de Floração por Estresse Hídrico.....	38
4.2.2. Resultados da polinização mecanizada. ....	40
4.3. Terceiro experimento .....	42
4.3.1. Resultados da Indução de Floração por Estresse Hídrico.....	43
4.3.2. Resultados da polinização mecanizada. ....	45
5. DISCUSSÃO. ....	48
5.1 Indução da floração por estresse hídrico.....	48
5.2. Polinização mecanizada com soprador costal.....	51
6. CONCLUSÃO.....	54
7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA. ....	55

## EFEITOS DA POLINIZAÇÃO MECANIZADA COM SOPRADOR COSTAL EM CACAUEIROS CULTIVADOS EM SISTEMA CABRUCO

### RESUMO

Recentemente, cresceu o interesse em um modelo agrícola responsável, mais sustentável e eficiente, visando reduzir impactos ambientais, econômicos e sociais. No sul da Bahia, o cultivo de cacau, especialmente no sistema de cabruca, trazendo benefícios como a preservação da Mata Atlântica, fertilidade do solo e amêndoas de alta qualidade. No entanto, a produtividade média do cacau na região é baixa devido também a desafios como vassoura-de-bruxa, sombreamento inadequado e falta de mão de obra e crédito rural e dificuldade de manejo ambiental. A mecanização ainda é restrita, enquanto o sistema cabruca prevalece como o mais utilizado. Para viabilizar a cabruca, é necessário explorar novas tecnologias e estratégias de manejo. A indução de floração e polinização são fatores chave, mas pouco estudados ainda na região. Avaliar a viabilidade da indução de floração e polinização mecanizada pode avançar de forma sustentável e acessível a produtividade nestes sistemas. Pesquisas recentes na região sugerem o uso de ventilação forçada como alternativa para aumentar a produtividade, visando avaliar os efeitos da velocidade da ventilação utilizando o soprador costal na polinização de clones de cacauzeiros. O experimento foi realizado na fazenda Luz do Vale, da empresa Agrícola Conduru, município de Ilhéus, em um cacauzal de seis anos de idade plantado em espaçamento de 3 x 3m e irrigado por gotejamento. O experimento foi realizado em áreas com clones de cacauzeiro (CCN51, PS1319, VB1151) onde 60 plantas foram primeiramente induzidas a um estresse hídrico para aumento de floração e à polinização por ventilação com soprador costal individual em três velocidades de ventilação (50, 80 e 110 km/h) em 3 ciclos. Em cada área monoclonal foram selecionadas 20 plantas testemunhas submetidas somente à polinização natural com a mosca *Forcypomya sp* e isoladas das demais por uma distância mínima de 50 metros. A polinização mecanizada foi aplicada por 5 dias consecutivos nos três ciclos. Foram analisadas e comparadas as médias de flores pré e pós estresse hídrico e médias de variáveis ambientais como temperatura do solo, do ar e da copa dos cacauzeiros, umidade relativa do ar e do solo. Foram analisados os incrementos realizados pela polinização mecanizada e comparadas as médias de frutos viáveis (contagem frutos de 60 dias após ventilação) nas 3 velocidades e a polinização natural. A contagem de bilros foi a variável resposta que foi submetida à Análise de variância a 2 fatores (agente polinizador e variedade) comparadas pelo teste F a 5%. A polinização mecanizada com soprador costal requer calibração precisa e tratos culturais para eficácia, sendo prejudicada em terrenos inclinados e presença de folhas ou plantas daninhas. Devido à alta pluviosidade no Sul da Bahia, não foi possível induzir floração em cacauzeiros irrigados pela aplicação de estresse hídrico durante períodos secos e mais quentes. No entanto a polinização mecanizada mostrou viabilidade em todos os clones, aumentando a produtividade comparada à natural no sistema

cabruca. A variedade do clone não foi decisiva na eficácia da polinização. Velocidades diferentes do soprador costal tiveram efeitos variados nos clones, com fatores ambientais como umidade, temperatura e luz também influenciando a indução de floração e eficácia da polinização mecanizada.

Palavras-chave: ventilação, soprador, polinização, clones, *Forcipomya* sp.

## **EFFECTS OF MECHANIZED POLLINATION WITH BACKPACK BLOWER ON CACAO TREES CULTIVATED IN THE CABRUCUA SYSTEM**

### **ABSTRACT**

In recent decades, there has been a growing interest in a more responsible, sustainable, and resource-efficient agricultural model, aiming to reduce environmental, economic, and social impacts. In the southern region of Bahia, cocoa cultivation, especially in the cabruca agroforestry system, holds the potential to achieve this model, bringing benefits such as the preservation of the Atlantic Forest, soil fertility, and high-quality cocoa beans. However, the average cocoa productivity in the region is low due to challenges such as witch's broom disease, inadequate shading, labor shortages, lack of rural credit, and environmental management difficulties. Mechanization is still limited, while the cabruca system prevails as the most commonly used. To make cabruca viable, exploring new technologies and management strategies is necessary. Flowering induction and pollination are key factors, yet still underexplored in the region. Evaluating the feasibility of induced flowering and mechanized pollination can advance productivity sustainably and affordably in these systems. Recent research in the region suggests the use of forced ventilation as an alternative to increase productivity, aiming to evaluate the effects of ventilation speed using the backpack blower in the pollination of cocoa clone. The experiment took place at Luz do Vale farm, owned by Agrícola Conduru, in Ilhéus municipality, with a six-year-old cocoa plantation spaced at 3 x 3m and irrigated by drip. The experiment was conducted in areas with cocoa clones (CCN51, PS1319, VB1151), where 60 plants were initially induced to water stress to enhance flowering and were then subjected to individual mechanized pollination using the backpack blower at three ventilation speeds (50, 80, and 110 km/h) across 3 cycles. In each monoclonal area, 20 control plants were selected, subjected solely to natural pollination by the *Forcipomyia* sp fly and isolated from the rest by a minimum distance of 50 meters. Mechanized pollination was applied for 5 consecutive days in the three cycles. A comparison was made between pre- and post-water stress flower averages and environmental variables such as soil, air, and canopy temperature of the cocoa trees, as well as relative air and soil humidity. The improvements made by mechanized pollination were analyzed, comparing the averages of viable fruits (fruit count 60 days after ventilation) at the 3 speeds and natural pollination. The count of bilros was the response variable subjected to a 2-factor analysis of variance (pollinator agent and variety), compared by the F-test at 5%. Mechanized pollination using the backpack blower requires precise calibration and cultural practices for effectiveness, being hindered on inclined terrain and in the presence of leaves or weeds. Due to the high rainfall in southern Bahia, it was not possible to induce flowering in irrigated cocoa trees through the application of water stress during dry and warmer periods. However, mechanized pollination proved viable in all clones, increasing productivity compared to natural pollination in the cabruca system. Clone variety did not play a decisive role in the effectiveness of mechanized pollination. Different speeds of the backpack blower had varied effects on the clones, with environmental factors like humidity, temperature, and sunlight also influencing the induction of flowering and the effectiveness of mechanized pollination.

Keywords: ventilation, backpack blower, pollination, clones, *Forcipomya* sp.

## 1- Introdução

Nas últimas décadas têm-se observado um interesse maior e mais urgente da sociedade em desenvolver um modelo agrícola mais responsável quanto ao uso eficiente dos seus recursos limitados e que reduza os impactos ambientais, econômicos e sociais gerados. Além disso busca-se a promoção de um modo mais sustentável de atender às suas demandas produtivas, tornando a atividade viável aos produtores que se dedicam à agricultura de modo geral. Ainda que isso se configure em um grande desafio a diversos campos da ciência e da sociedade no qual o desenvolvimento de tecnologias adaptadas pode vir a ser uma das alternativas viáveis para se obter maiores produtividades de maneira sustentável.

O cultivo do cacau (*Theobromacacao L.*) no sul da Bahia quando realizado em plantio tradicional em sistemas agroflorestais, a exemplo do sistema de cabruca possui grande aptidão para atender às expectativas de um modelo de agricultura sustentável. O cultivo dessa frutífera nos moldes desse sistema promove uma série de benefícios que vão desde a proteção das áreas remanescentes de Mata Atlântica até a manutenção de atributos de fertilidade do solo e ciclagem de nutrientes (FERNANDES et al., 2008) e que pode, além de promover benefícios ambientais, agregar valor ao produto do cacau, produzindo amêndoas com características sensoriais apreciadas e demandadas pelo mercado.

O estado da Bahia é responsável pela maior parte da produção brasileira de amêndoas de cacau com uma produtividade média considerada muito baixa em comparação ao potencial produtivo da cultura, consequência de uma série de fatores que vão desde o manejo deficiente da vassoura de bruxa (*Moniliophthora perniciosa*) até a dificuldade com a adequação de sombra das áreas, escassez de mão de obra e crédito rural. Esses e outros fatores dificultam a viabilidade deste sistema de cultivo e comprometem a continuidade da cultura na região.

Buscar tecnologias e uso de mecanização pode aumentar a produtividade facilitando o manejo e reduzindo custos na cacauicultura. Porém, hoje a aplicação da mecanização em cacauzeiros está restrita às áreas previamente planejadas e geralmente a pleno sol onde há arranjo espacial (linhas e entrelinhas) definido, plantio mais homogêneo, uso de clones, espaçamento adequado e providas de irrigação e fertirrigação. No entanto este tipo de área corresponde, no Sul da Bahia, a apenas 8,7% das áreas plantadas com a cultura enquanto o sistema cabruca corresponde a 78%, (CHIAPETTI, 2015). Tendo em vista a longevidade da cultura e a importância do sistema cabruca na região, é importante buscar formas de aplicar novas tecnologias e mecanizações destas áreas tradicionais, trazendo um olhar mais técnico para esse sistema que precisa passar por mudanças para que sua viabilidade seja garantida.

Estratégias de indução de floração e polinização estão presentes em diversas culturas de frutíferas no qual obtêm-se incrementos diretos na produtividade. Na



cacaucultura, o processo de indução de floração ainda não é amplamente dominado, porém as diferentes formas de polinização já são conhecidas por estudos fisiológicos. No entanto, poucas pesquisas relacionadas à indução de floração em cacauzeiros foram realizadas em sistema cabruca, excluindo do processo tecnológico boa parte dos produtores de cacau da região Sul da Bahia.

Por isso é fundamental realizar testes para avaliar a viabilidade do processo de indução de floração em áreas de cultivo de cacau no sistema cabruca. Essa avaliação levará em conta as características próprias da cabruca e a resposta das plantas de cacau à polinização mecanizada forçada. Essa abordagem tecnológica pode representar um avanço significativo na cultura do cacau, proporcionando maior produtividade nas áreas tradicionais de forma viável e de fácil implementação para os produtores, com o mínimo impacto ecológico possível.

Diante disso, a pesquisa aqui apresentada foi realizada em áreas de cultivo de Cacau no sistema cabruca na região do Sul da Bahia com o objetivo de conhecer a viabilidade da indução de floração neste sistema e propõe a utilização da ventilação forçada costal como alternativa sustentável para o incremento da produtividade em cacauais.

## 2 – Revisão de Literatura

### 2.1- Sistema produtivo Cacau Cabruca

O termo “cabruca” faz referência à palavra “brocar”, que significa a substituição de elementos arbóreos dos sub-bosques de Mata Atlântica para a implantação de culturas agrícolas, majoritariamente, o cacauero e nomeia um tipo especial de sistema agroflorestal praticado na região Sul da Bahia a mais de 100 anos. (Lobão et al.,1997)

Neste sistema o sinergismo entre os elementos originais de mata e o cacauero, espécie nativa da floresta amazônica tolerante ao sombreamento, promove vantagens e serviços agroambientais de conservação de modo a caracterizar-se em um sistema muito mais sustentável em comparação a outros sistemas de produção. (Lobão et al., 2007).

Apesar do impacto gerado na supressão da floresta nativa, o sistema cabruca na região Sul da Bahia é refúgio de uma grande variedade de plantas e animais endêmicos e permite a criação de corredores ecológicos que ligam parques e reservas e favorecem a dinâmica da fauna e flora na região (ROCHA, 2005), além de servir como barreira para a degradação rápida destas reservas naturais, favorecer a ciclagem de nutrientes, diminuir a degradação dos solos e perda de água, tornando-se um sistema agroflorestal mais estável. (SETENTA; LOBÃO, 2012).

Levantamentos realizados na região por Chiappeti, et al. (2015). Demonstram que o sistema cabruca é responsável por 78 % do sistema de cultivo de cacau, enquanto outros sistemas como Pleno Sol e SAFs (Sistemas Agroflorestais) são responsáveis por apenas 8% e 8,7%, respectivamente. Portanto o sistema cabruca não é só é importante sob o ponto de vista agroambiental na região como também sob o aspecto econômico e social, sendo praticado pela maioria dos produtores da região de onde obtém a maior parte da sua renda.

Historicamente, o cultivo do cacau sob este sistema na região teve grande importância comercial a nível nacional e mundial, favorecendo economicamente os produtores que conseguiam alta produtividade na segunda metade do século XX. Porém no final da década de 1980, com as crises no mercado internacional e crise econômica nacional que derrubaram os preços praticados, juntamente com a chegada e rápida propagação da doença conhecida como vassoura de bruxa *Monilophthora perniciosa* (SILVA NETO et al., 2001) reduzem a produtividade das áreas de cabruca no qual, até hoje, não retornaram a seus níveis antes atingidos, promovendo dificuldades econômicas aos produtores da região que continuam com a cultura do cacau, principalmente pela dificuldade de encontrar culturas alternativas, graças às características climáticas, econômicas e topográficas na região. (MASCARENHAS, 2004).

Nos dias atuais a produtividade média do cacau em sistema cabruca gira em torno de 11 arrobas por hectare. (Chiapetti et al., 2015) o que se caracteriza uma média muito baixa no qual os custos, principalmente com mão de obra, elevam-se gradativamente ao ponto de se tornar inviável em muitas fazendas. O cultivo de cacau em sistema cabruca é reconhecido por lei no estado pelo Decreto nº 15180 de 02/06/2014, que permite o cultivo intensivo aliado aos parâmetros da Lei Ambiental, porém sua tecnificação é um gargalo a ser superado para se alcançar rentabilidades atrativas aos produtores e dar continuidade a esse sistema e seus benefícios.

## **2.2 – Estresse Hídrico em cacauzeiros**

Segundo pesquisas conduzidas por Razi et al. 1992 a planta de cacauzeiro são sensíveis ao desbalanço hídrico interno e o vapor de água da atmosfera causando fechamento dos estômatos, desbalanços hormonais e dificuldades em absorver nutrientes. Os efeitos são ainda mais evidentes em períodos em que a umidade relativa do ar ficava abaixo de 55% ou o potencial hídrico do solo acima de 2 MPa por longos períodos, diminuindo drasticamente a taxa fotossintética e a condutividade estomática, reduzindo em até 25% a absorção de CO<sub>2</sub>. Ainda que o crescimento do cacauzeiro seja pouco afetado pelo déficit hídrico do solo e altas temperaturas, indicando que a planta utiliza reservas para manter um desenvolvimento meristemático estável nestes períodos. (Borjas et al. 2019)

Períodos prolongados de altas temperaturas do ar e baixa umidade do solo podem causar no cacauzeiro aumento na atividade de enzimas antioxidantes que causam, em primeira parte, queda da florada e diminuição em 45% da produtividade pela diminuição da massa seca dos frutos. (Daymong e Hadley, 2008). O aumento da temperatura do ar, em alguns casos, pode até mesmo favorecer a eficiência fotossintética até temperaturas próximas a 25°C, porém estudos demonstraram que temperaturas maiores que 25°C causam danos ao aparelho fotossintético (Daymong e Hadley, 2004)

Outro indicativo de estresse hídrico é a umidade do solo no qual períodos secos com umidade abaixo de 60% da capacidade de água disponível ocasionam respostas fisiológicas negativas e expressivas na cultura do cacauzeiro (ALVIM, 1960).

Portanto a determinação de déficit hídrico nas plantas de cacau parte de diversos parâmetros do ar e do solo e só poderia ser eficientemente determinada com ferramentas que medem o déficit hídrico usando tecido foliar. Parâmetros de umidade e temperatura do solo, do ar não são eficientes para tal determinação, servindo então apenas de indicativos de déficit hídrico, sendo insuficiente para caracterizar um déficit hídrico na planta, ainda que seja possível correlacionar respostas fisiológicas decorrentes.

### 2.3- Mecanização da cacauicultura

A busca por novas tecnologias na cacauicultura, sobretudo no sul da Bahia, foi intensificada com o objetivo de contornar a situação instaurada após a crise da década de 1980 no qual a produtividade foi drasticamente reduzida com a chegada da vassoura de bruxa e fatores mercadológicos e econômicos nacionais e internacionais. Hoje, na região, a produtividade média é de aproximadamente 278 kg de amêndoas secas/ha/ano, segundo o IBGE,2015.

Considerando o elevado potencial de produção de mais de 7.500 kg de amêndoa seca por hectare ao ano, é evidente que a produtividade média atual dos produtores no sul da Bahia está significativamente abaixo desse potencial. Essa disparidade pode ser atribuída, em parte, a uma série de fatores que incluem a baixa densidade de plantas por hectare, o manejo inadequado da vassoura-de-bruxa, a necessidade de tratamentos culturais frequentes devido à desuniformidade, ao relevo e à fisiologia das plantas, tudo isso agravado pela escassez de mão-de-obra, dificuldade de acesso ao crédito rural e elevação do preço dos insumos.

Diante disso, alguns modelos de cacauicultura sob novos sistemas de cultivo, foram propostos para elevar a produtividade e retomar o padrão econômico da região, garantindo sua continuidade. Modelos trazidos de outros países e foram implantados, aperfeiçoados e validados na região a exemplo do cultivo monoclonal de cacau a pleno sol. Pesquisas conduzidas pela Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC) validaram o Modelo de Produção Mecanizada do Cacaueiro (MPMC) que consiste no uso de áreas monoclonais tolerante às doenças comuns e espaçamento adequado, manejo de água e fertilizante, controle de pragas e doenças e uso de máquinas em operações de plantio, manejo e beneficiamento.

As operações com mecanização têm como objetivo principal obter maior uniformidade e aumentar a eficiência dos processos no qual a mão de obra é amplamente utilizada, reduzindo seus custos (YAMASHITA, 2010).

No entanto, a mecanização em cacaueiros obedece a pré-requisitos como a aplicação em áreas planejadas, com relevo plano, layout definido e espaçamento favorável, entre outros. Pouquíssimas pesquisas com mecanização em sistemas tradicionais cabruca foram sendo realizado nas últimas décadas, o que exclui grande parte das áreas de cultivo e dos produtores ativos da região.

A busca pela aplicação de novas tecnologias em áreas tradicionais de cabruca é importante, já que muitas destas áreas no sul da Bahia já adotaram medidas de adequação das áreas necessárias à mecanização e já a utilizam em diferentes medidas, como a exemplo de clones com estruturas mais uniformes, podas de condução de copa e rebaixamento, plantio em espaçamento adequado com estradas e carregadores e adequação de sombreamento visando melhoria da fitossanidade da área. Evidentemente os níveis destas adequações são variados e em sua maioria as áreas de cabruca encontram-se fora do mínimo

necessário para qualquer mecanização, no entanto, o avanço destas novas tecnologias poderá servir de modelo na região para a realização de uma cacauicultura nova e produtiva, ainda que em sistema tradicional cabruca.

#### **2.4- Polinização do cacauero**

As flores nos cacaueros são formadas nas axilas foliares dos ramos secundários em um tipo de gema chamada subordinada localizada entre a gema principal e uma inserção do pecíolo foliar (WHEAT, 1979). As flores se originam diretamente da casca do caule e ramos mais velhos nas chamadas almofadas florais, nas axilas das folhas.

Anatomicamente, a flor de cacauero possui cinco sépalas maiores e cinco pétalas menores, formando uma bolsa cada, além disso conta com cinco estaminoides exteriores que formam uma barreira que impede a passagem de pólen e cinco estames duplos, onde cada estame possui até quatro anteras. O ovário possui cinco carpelos e um estilo com diversos lobos estigmáticos em linha. Nas flores existem ainda dois tipos de nectários: cilíndricos, localizados nas sépalas e ovários e cônicos localizados nas pétalas e estaminoides.

Estudos sobre polinização realizados desde a década de 1950 revelaram que, de todas as flores produzidas por um cacauero adulto em um ano (cerca de 50.000 flores), apenas 5% (2.500 flores) são efetivamente polinizadas (ALVIM, 1977). Dessas, apenas 0,5% conseguem chegar à fase de fruto maduro. Essa baixa taxa de polinização pode ser atribuída a duas características morfológicas das flores: a hercogamia, em que as anteras ficam envoltas pela concha de pétalas, limitando a ação dos agentes polinizadores (insetos, vento e água); e a heterostilia, que consiste na diferença de altura entre o estigma e o androceu, criando uma distância que impede a transferência eficiente do pólen (Knoke, et al, 1980). Além disso, existe a baixa população dos agentes polinizadores naturais, principalmente em épocas próximas aos picos de floração influenciando quedas sazonais de produção. (MULLER, VALLE., 2012)

Entre os agentes polinizadores principais estão algumas espécies de dípteros do gênero *Forcipomya* (Díptera, Ceratopogonidea) que, devido à sua forma e tamanho, conseguem levar com eficiência o pólen das anteras para o estigma das flores de cacaueros (CHAPMAN & SORIA, 1983; WINDER, 1977). No entanto, outros fatores podem influenciar na baixa taxa de polinização das flores, a exemplo da redução do número de pólen devido às mudanças nas condições meteorológicas. Estudos mostraram que existe correlação positiva entre a qualidade e produção de pólen e variáveis ambientais como temperatura e precipitação (GARCIA-CRUZATY, 2020).

O cacauero também pode ser polinado artificialmente através de métodos de direcionamento de água e vento. Porém, estudos constataram que o uso de água como agente polinizador reduziu a eficácia da polinização já que a quantidade de grãos de pólen encontrados na água não é suficiente para uma polinização

fértil (KNOKE et al., 1980). Em anteras submetidas a umidade superior a 75%, Sodré et al (2003), verificaram a formação de aglomerados de grãos de pólen. Segundo esses autores os aglomerados de certa forma explicam a baixa capacidade de dispersão e o reduzido pegamento de flores do cacaueteiro no período do inverno.

Estudos realizados sobre polinização constataram que a floração é influenciada diretamente por fatores climáticos onde floração é inibida ou favorecida a depender do regime de chuvas e da umidade do local ainda que diversos outros fatores, tanto internos como: idade, presença de frutos e estágio de acúmulo de nutrientes; e externos como temperatura, umidade do solo e do ar e sombreamento. No entanto, o regime de floração ainda não foi completamente elucidado tendo em vista as observações em diversos biomas de diversos países (Alvim, 1967).

É importante ressaltar que o aumento de produtividade passa necessariamente pelo aumento do número de frutos por planta, que é consequência do aumento da eficiência da polinização, seja pelo aumento do número de flores viáveis ou/e pela facilitação da ação dos agentes polinizadores. Pesquisas demonstraram que um período de estresse hídrico, com baixa disponibilidade de água no solo, seguido de grande quantidade de água no solo pelo efeito das chuvas ou irrigação estimula o processo de floração (Alvim, 1967). Outras pesquisas realizadas em regiões com baixa pluviosidade, aplicando-se a irrigação após períodos de estresse hídrico aumentaram em 50% a floração em cacaueteiros (Silva et al., 1982)

## **2.5 – Polinização com ventilação mecanizada**

A polinização utilizando vento soprado por pulverizador costal, denominada anemófila, é apresentada em algumas poucas pesquisas conduzidas por Soria (1974) e Nakayama (2018) como uma das alternativas viáveis de incremento na eficiência da polinização. Os primeiros estudos sobre o efeito do vento na polinização de cacaueteiros datam de 1912 realizado por Jones, concluindo que a díptera do gênero *Forcypomia* é o principal agente polinizador da cultura até 1932. Posteriores pesquisas e descobertas sobre a fisiologia das flores evidenciaram a dificuldade da passagem do pólen pela concha de pétalas e deposição no estigma pela ação do vento e da água. Estudo sobre a composição do pólen de cacaueteiros reafirmaram a dificuldade da polinização por esses agentes biológicos, já que a alta viscosidade também impedia a passagem do pólen na concha de pétalas (Marshall, 1934).

Pesquisas realizadas por Marshall, Billes, Pound e Gonzales em países como Java, Colômbia e Costa Rica mostraram que a simples agitação das flores de cacaueteiro por meio da ventilação não era eficaz para promover uma quantidade significativa de polinização. No entanto, foi constatado que um impacto mecânico mais intenso sobre as flores poderia levar à autopolinização, o que abriu espaço para estudos com o uso de sopradores e pulverizadores.

Pesquisas realizadas no Brasil com cacauzeiros autocompatíveis onde a ventilação com pulverizador motorizado portátil com o vento na velocidade de 56 km/h e aproximadamente 400 flores abertas/ planta/ dia promoveu um incremento de 300% em relação à polinização por outros agentes (Soria, 1974). Na Costa Rica, um experimento parecido, mas com velocidades de 66 km/h e 10 km/h com e sem água promoveram incrementos de frutificação de até 572% sob a ventilação de alta velocidade e zero sob a ventilação de baixa velocidade, provando que uma ventilação de baixa intensidade não é suficiente para aumentar a eficiência de polinização (Soria, 1970; Knoke, Soria & Chapman, 1980).

No Sul da Bahia, no município de Eunápolis foi conduzido um experimento avaliando a ventilação mecanizada aplicada por pulverizador tratorizado, ventilando as linhas de cacauzeiro com velocidades entre 60 e 100 km/h em período vespertino promovendo um incremento de 4527% na frutificação em relação a polinização entomófila (Nakayama, 2018). Este resultado corrobora com outras pesquisas que afirmam que a ventilação vespertina é mais eficiente já que em períodos com a umidade do ar acima de 75% promove uma maior aglomeração dos grãos de pólen, dificultando seu transporte pelo vento. (Sodré et al. 2003).

Recentemente, pesquisas realizadas por Nakayama(2022) utilizando soprador costal em blocos de cacauzeiros monovarietais sob sistema de irrigação e em consórcio com coqueiro anão (*Cocos nucifera L.*) aplicando ventos com velocidades entre 60 e 120 km/h apresentaram resultados de até 310% em relação à polinização natural demonstrando também que clones os clones que mais respondem à polinização mecanizada são os de PS319, CP 2002 e SJ 02, além de concentrar e uniformizar o desenvolvimento de maturação dos frutos, reduzindo custos com colheita.

### **3 – Material e Métodos**

#### **3.1 – Caracterização das áreas**

O experimento foi realizado na fazenda Luz do Vale, no município de Itabuna, no Sul da Bahia, de propriedade da Empresa Agrícola Conduru, localizado na Bacia do Rio do Braço.

O tipo climático que atua sobre a região do experimento é classificado como quente e predominantemente úmido, com temperatura média anual superior a 24°C e média do mês mais frio (junho) superior a 21°C.

Para o experimento, foram delimitadas 3 áreas de cabruca onde os cacauzeiros clonais estão plantados em áreas monoclonais de CCN51, PS1319 e Cepec2002 em espaçamento 3x3 m, com aproximadamente 1.000 plantas por hectare com idade de 7 anos. A área delimitada com clones de PS319 possui 0,85 hectares, de Cepec2002 com 0,61 hectares e de CCN51 com 0,35 hectares. As três áreas possuem em média 20 árvores nativas como: louro (*Laurus nobilis*), ingazeira (*Ínga edulis Mart.*), sapucaia (*Lecythis pisonis Camb*), cajazeira (*Spondias*

*mombin*), matataúba (*Schefflera morototoni*). Todas as áreas possuem um sistema de fertirrigação suplementar por gotejamento no qual cada planta recebe 20L/dia durante 3 dias da semana.

As três áreas possuem relevo parcialmente plano e não há nenhum corpo de água passando pelas áreas delimitadas. No solo existem afloramentos rochosos nas três áreas indicando pouca profundidade, e apesar do solo ser caracterizado como argissolo, há poucos pontos de acúmulo de água e encharcamento prolongado.

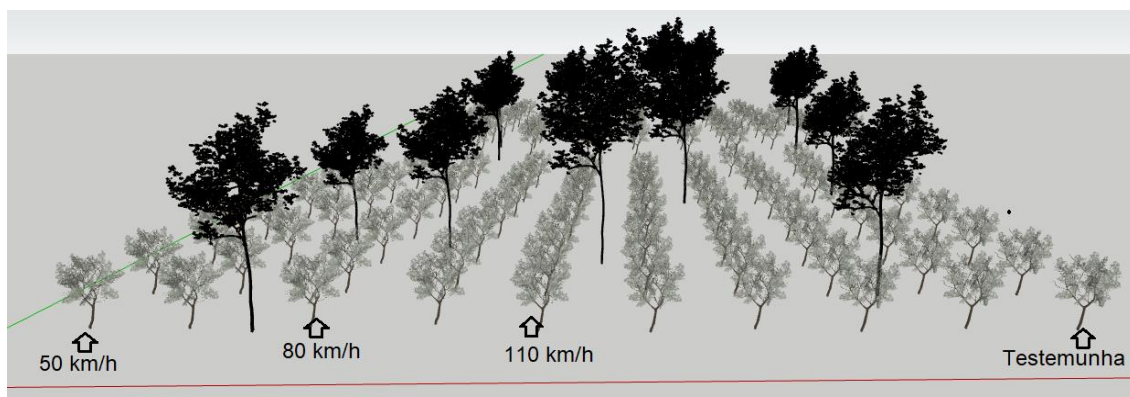
Com o objetivo de conhecer e distinguir fatores externos que possam vir a afetar significativamente a indução da floração e a eficiência da polinização, foram coletados dados fitométricos prévios e durante o experimento (como forma de medição das condições fisiológicas das plantas pré e pós experimento) utilizando sensores específicos no local juntamente com dados coletados do banco de dados do site [www.agritempo.gov.br](http://www.agritempo.gov.br) ao longo do período do experimento e de pluviosidade fornecidos pela fazenda.

O experimento foi dividido em três ciclos ao longo do ano (ciclo 1, 2 e 3) com duas operações distintas e complementares (Indução de floração por estresse hídrico e aplicação da ventilação) aplicados simultaneamente nas 3 áreas, sendo cada área um tipo de clone (Cepec2002, PS1319 e CCN51). Portanto, o período de cada ciclo foi variável em função da resposta fisiológica das plantas apresentadas em campo e das condições propícias para a aplicação da ventilação já que as operações são dependentes entre si. Em cada área foram escolhidas e marcadas três linhas de plantas, 20 plantas por linha (representando uma velocidade de sopro a ser aplicada) mais 20 plantas sujeitas também ao estresse hídrico, porém sem receber a ventilação mecanizada, estando submetidas somente a polinizações naturais e separadas a uma distância de 50 metros das linhas de receberem a ventilação.

Os ciclos podem também se sobrepor em seus períodos já que as plantas escolhidas nas fileiras em uma mesma área estão distantes o suficiente (mais de 30 m) para não sofrerem interferência nos tratamentos de outra fileira de plantas que está passando pelos tratamentos de outro ciclo.



**Figura 3-** Croqui das linhas de aplicação da ventilação mecanizada nas áreas monoclonais.



**Figura 4-** mapa das áreas do experimento instaladas na Fazenda Luz do Vale em Itabuna-BA



### 3.1.1 – Iluminação

Foi utilizado um luxímetro digital de alta precisão modelo:INS-1366, e foram coletados dados da incidência de luz nas três áreas monoclonais delimitadas. Para isso, em cada área, foram escolhidos aleatoriamente cinco pontos e realizadas três aferições nos horários de 10:00 horas, 12:00 horas e 14:00 horas.

### 3.1.2 – Ventilação

Para a verificação da ventilação natural nas três áreas foi utilizado um anemômetro digital. Foi escolhido aleatoriamente um ponto nas três fileiras onde

a ventilação será aplicada em horários aleatórios e aferida a velocidade máxima natural do vento atingida em um período de 10 minutos.

Foi feita uma média dos três pontos para determinar a ventilação média natural recebida nas áreas monoclonais.

### 3.1.3 – Umidade e temperatura do ar

Com o objetivo de caracterizar cada área quanto a umidade e temperatura do ar, foi realizada uma aferição antes do início do experimento utilizando um Termo-higrômetro no qual foram escolhidos três pontos aleatórios em cada área e a leitura realizada após um período de 30 minutos.

### 3.1.4 – Umidade e temperatura do solo

A caracterização das condições de temperatura e umidade do solo nas três áreas foram realizados também através de uma aferição antes do início do experimento utilizando um medidor digital de umidade e temperatura para solos, no qual foram escolhidos três pontos aleatórios em cada área e o sensor colocado na camada de 0 a 20 cm de profundidade no solo.

## 3.2 – Caracterização das plantas

Antes da aplicação do experimento foram coletados dados fitométricos de todas as plantas escolhidas para o experimento nas três áreas, com o objetivo de se conhecer as características de cada clone em estudo.

Em cada área monoclonal foram escolhidas cinco plantas e foram mensurados dados de altura, diâmetro de copa, diâmetro do caule, número de ramos secundários, grau de flores, temperatura nas copas, número de frutos e terço com maior floração. Para esta mensuração foram utilizados instrumentos como fita métrica e termômetro digital. Tais dados foram coletados na semana anterior ao início da primeira repetição.

**Tabela 1** – Caracterização das áreas monoclonais em relação às variáveis de clima e solo em abril de 2022.

<b>Característica</b>	<b>CCN51</b>	<b>Cepec2002</b>	<b>PS1319</b>
Área	0,35 hectares	0,61 hectares	0,85 hectares
Espaçamento	3x3 m	3x3 m	3x3 m
Idade	7 anos	7anos	7anos
Orientação	Leste-Oeste	Leste-Oeste	Leste-Oeste
Iluminação (lux)	1561	1641	1856
Velocidade do vento (km/h)	1,36	2,09	2,86
Umidade do ar (%)	92,3	89	88,3
Temperatura do ar (°C)	26,2	27,4	27,6
Umidade do solo (%)	92,6	91,6	92,3
Temperatura do solo (°C)	21,8	22,5	22,4

**Tabela 2** – Variáveis fitométricas e de temperatura das plantas referentes aos clones.

<b>Característica</b>	<b>CCN51</b>	<b>Cepec2002</b>	<b>PS1319</b>
Altura (m)	2,09	2,21	2,18
Diâmetro de copa(m)	1,72	1,86	2,92
Terço de flor	Inferior e superior	inferior	superior
Diâmetro de caule (cm)	7,54	7,4	7,9
Nº de ramos	8	5,8	6,2
Grau de florescimento (de 0 a 10)	4	5,2	3,6
Temperatura de copa (°C)	24,74	26,4	26
Frutos	10,2	3,8	11

### 3.3 – Testes com soprador costal portátil

#### 3.3.1 – Ajuste de velocidade e distância

Para garantir que a aplicação da ventilação seja a mais homogênea possível foi necessária a realização de teste com soprador costal portátil, calibrando a velocidade de saída do ar no soprador com a distância dos pés de cacauero, criando um padrão que foi repetido no experimento.

Portanto foram realizadas aplicações em três plantas de cada área monoclonal e a velocidade do vento nos ramos secundários e copa do cacauero foram medidas com auxílio de um anemômetro digital. Assim a distância do bocal de saída de ar do soprador até o cacauero de forma que as velocidades de 50 km/h, 80 km/h e 110 km/h fossem atingidas de maneira estável nos ramos e na copa.

**Tabela 3** – Distâncias entre o soprador e a planta em função da velocidade atingida, para copa e caule.

<b>Planta</b>	<b>Velocidades/distâncias</b>		
	<b>50 km/h</b>	<b>80 km/h</b>	<b>110 km/h</b>
Caule	1,34 m	0,66 m	0,32 m
Copa	0,95 m	0,54 m	-

#### 3.3.2 – Teste de retirada de flores e bilros

A influência da ventilação na queda de flores, bilros e folhas dos cacaueros foi testado com o objetivo de se determinar se a ventilação forçada, principalmente em altas velocidades, causaria danos às plantas ao ponto de inviabilizar o experimento.

Para isso foram realizadas aplicações de ventilação forçada em três plantas de cada uma das áreas monoclonais sob três as velocidades (50 km/h, 80 km/h, 110 km/h) contando o número de flores, frutos e folhas desprendidos de cada planta durante a aplicação da ventilação.

Os testes prévios revelaram que sob nenhuma velocidade e em nenhuns clones os frutos são arrancados ou lesionados pela aplicação da ventilação mecanizada, considerando os testes em frutos já formados (acima de 15 dias de polinizados). As plantas de CCN51 demonstraram maior propensão à retirada de flores e folhas pela prática enquanto os clones de Cepec2002 demonstraram maior resistência dentre todos os clones.

### **3.4 – Metodologia de indução de floração por estresse hídrico**

Para induzir as plantas a um estresse causado por déficit hídrico foi suspensa a irrigação nas linhas de irrigação por gotejamento de 20 plantas escolhidas para o experimento em cada uma das três áreas monoclonais. O volume aplicado por planta era de aproximadamente 19 litros de água por aplicação de irrigação no período noturno, três vezes por semana a depender da precipitação semanal. Também era realizado a fertirrigação uma vez ao mês com Potássio orgânico.

O período de indução do déficit hídrico foi variado entre os ciclos do experimento, porém igual para as áreas monoclonais. Para determinar o término do período foram avaliados semanalmente parâmetros ambientais como umidade do ar, temperatura do ar, umidade do solo, temperatura do solo, temperatura da copa dos cacauzeiros. O período de estresse hídrico é determinado quando o solo permanece com umidade abaixo de 70% durante 20 dias consecutivos. Ao final do período variável a irrigação é religada nas linhas, promovendo uma reidratação por 5 dias consecutivos com a aplicação de 19 litros/planta de água.

### **3.5 – Metodologia de aplicação da ventilação mecanizada**

Após 30 dias passados do fim do período de indução do estresse hídrico foi realizada a aplicação da ventilação com o soprador costal Makita a Bateria 36v modelo DUB362ZKIT-220, com 6 velocidades e capacidade máxima de geração de ar comprimido de 804 m<sup>3</sup>/h e velocidade máxima de ar na saída do bocal de 54 m/s (194 km/h) (Makita,2016).

A ventilação foi aplicada durante 5 dias consecutivos nas 60 plantas marcadas nas filas para cada velocidade nas três áreas monoclonais, sempre realizada no período entre 13:00 e 16:00 horas. O tempo da aplicação foi de aproximadamente 40 segundos/planta/dia no qual o aplicador completava uma volta em torno da planta em quatro quadrantes horizontais (norte, sul, leste, oeste) e verticais (ramos secundários e copa).

### **3.6- Análise Estatística**

#### **3.6.1 – Indução da floração**

Para analisar os resultados do tratamento realizado para induzir a floração foram realizadas contagens manuais de flores e frutos antes do tratamento, imediatamente após o período de estresse hídrico e 4 semanas após o período de estresse hídrico. Todas as flores, fechadas e abertas, das almofadas florais são consideradas nas contagens, porém apenas os frutos e bilros acima de 15 dias são inclusos nas contagens pois estes frutos possuem maior probabilidade de se tornarem viáveis.

Antes da indução da floração por estresse hídrico foram retirados todos as flores e todos os frutos e bilros das plantas marcadas com fitas em cada área do experimento. Antes da última contagem foram retirados apenas os frutos e bilros provenientes de polinizações ocorridas durante o estresse hídrico.

#### **3.6.2 – Ventilação mecanizada**

Após as aplicações da ventilação forçada foram realizadas três contagens de frutos e bilros nas 60 plantas polinizadas mecanicamente e nas 20 testemunhas polinizadas de forma natural, aos 15, 30 e 60 dias após aplicação.

#### **3.6.3 – Análise de Variância (ANOVA)**

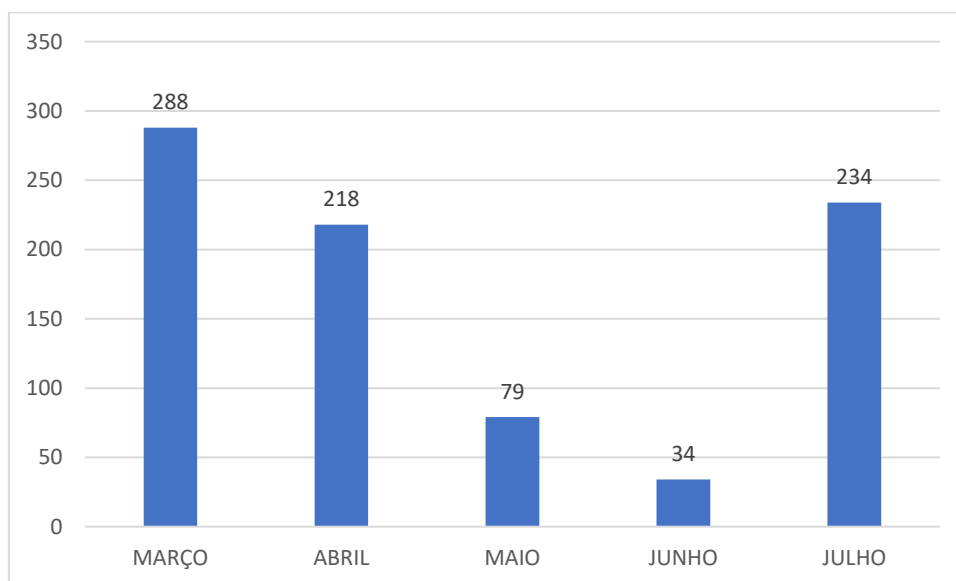
Com o objetivo de se mensurar o efeito da ventilação sobre a polinização usou-se os resultados das médias pré e pós estresse hídrico sendo as mesmas submetidas a teste de média pelo teste F a 5% de probabilidade. Além disso, foram realizadas análises de variâncias com dois fatores (variedade e agente polinizador) também submetidas a teste de média pelo teste F a 5% de probabilidade.

## 4- Resultados

### 4.1 – Primeiro experimento

O primeiro experimento (ciclo 1) realizado entre os dias 16/03/2022 e 15/07/2022, totalizando um período de 121 dias. Durante este período as áreas receberam aproximadamente 346 mm de precipitação.

**Figura 3** – Gráfico da precipitação (mm) nos meses do ciclo 1.



#### 4.1.1- Resultados da Indução de floração por estresse hídrico

O período de estresse hídrico do ciclo iniciou-se em 18/03/2022 e terminou no dia 04/04/2022, totalizando um período de 17 dias. Durante este período foram realizadas medições de temperatura do ar, do solo e da copa das árvores, umidade do ar e do solo em cada área dos clones.

Pela tabela 4 verifica-se que houve diferença significativa entre as áreas monoclonais na média de flores após a indução do florescimento por estresse hídrico, sendo o clone de CCN51 superior estatisticamente aos de Cepec2002 e PS1319.

**Tabela 4** – ANOVA das médias de todos os clones após estresse hídrico no Ciclo 1.

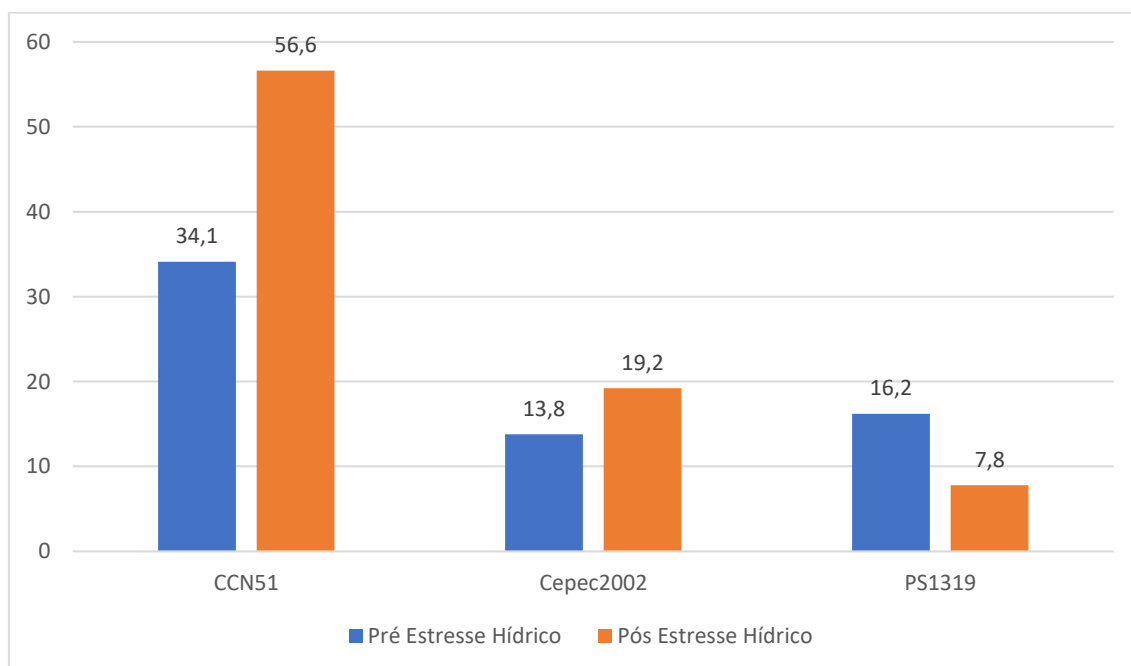
	Soma de Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	P
Nº flores após Estresse	3876	2	1938.0	77.5	<0.001
Resíduos	150	6	25.0		

**Tabela 5** – Teste Post Hoc de comparação das médias dos clones após período de estresse hídrico no Ciclo 1.

Comparação		Diferença Média	Erro Padrão	gl	t	P-Tukey
Clones						
Cepec2002	-PS1319	12	4.08	6	2.94	0.058
	-CCN51	-36.8	4.08	6	-9.01	<0.001
PS1319	CCN51	-48.8	4.08	6	-11.95	<0.001

O tratamento realizado para indução do estresse hídrico resultou em um aumento na média de flores por planta de 34,1 para 56,5 representando um incremento de 166% na área de CCN51, na área monoclonal de Cepec2002 houve um aumento de 13,8 para 19,2 na média de flores por planta e incremento de 139%. Porém na área de PS1319 houve uma diminuição da média, de 16,2 para apenas 7,8 resultando uma redução significativa em 48% (Figura 3).

**Figura 4** – Número médio pré e pós indução de Estresse Hídrico, para os clones de CCN51, Cepec2002 e PS1319.

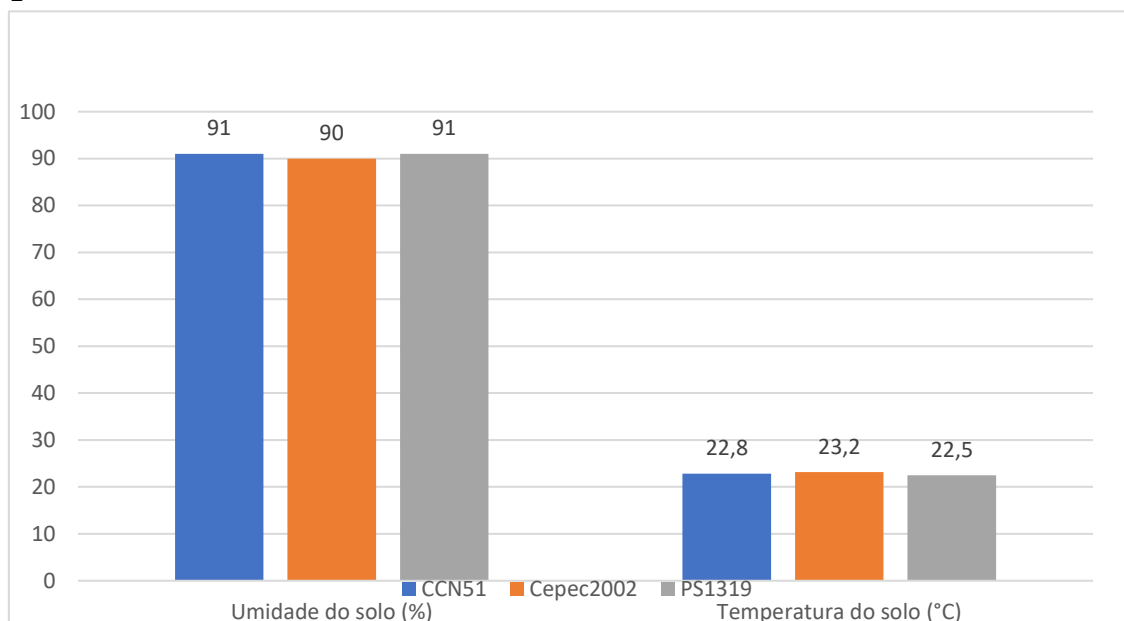


Durante este período foram realizadas aferições semanais do ambiente e das plantas. Os dados de umidade e temperatura do ar, umidade e temperatura do solo e temperatura da copa e temperatura do ar na região auxiliaram na interpretação da existência ou não de um déficit hídrico nas plantas e na visualização das variáveis ambientais nos resultados de indução da floração e polinização mecanizada, representados nas figuras a seguir. Durante o período

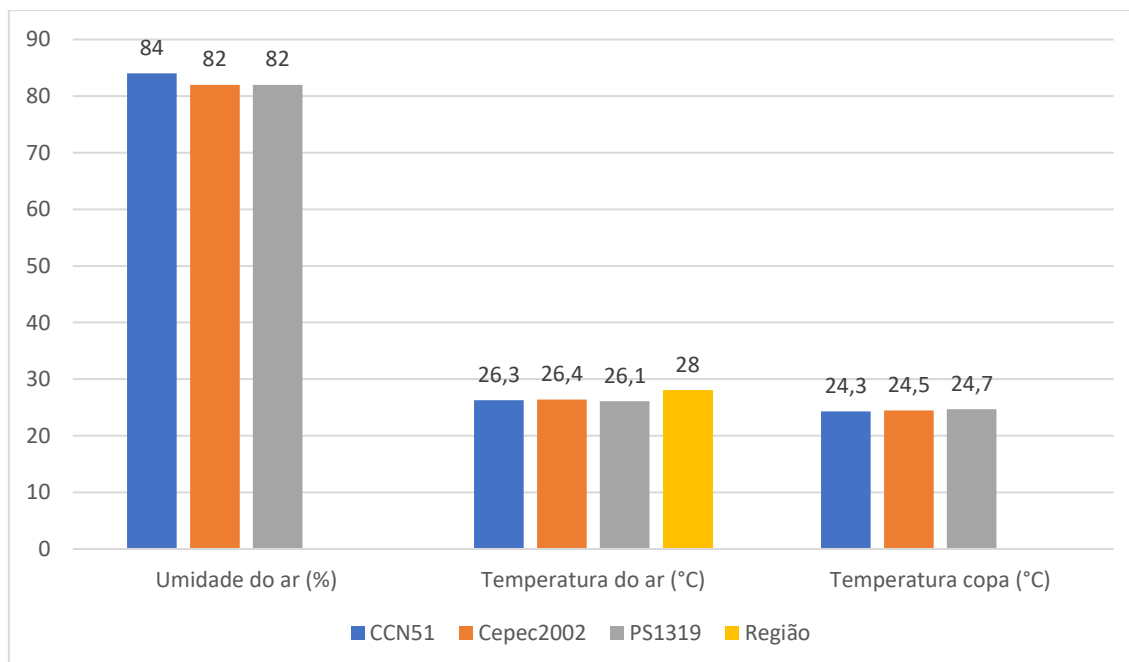
de estresse hídrico a região recebeu um acumulado de 20,5 mm de chuva, dados coletados na própria fazenda.

As medições indicaram também que, durante o período do tratamento, as áreas de CCN51 e PS1319 ocorreram maiores valores de umidade de solo, porém as umidades de ar foram muito próximas entre os 3 clones, as temperaturas do ar de todas as áreas ficaram abaixo da média registrada na região (Figura 5).

**Figura 5** - Médias de umidade do solo e umidade do ar no período de Estresse Hídrico no Ciclo 1



**Figura 6** - Média das temperaturas do solo, do ar e da copa das plantas nas áreas monoclonais e na região para o Ciclo 1.





#### 4.1.2 – Resultados da polinização mecanizada

A aplicação da ventilação nos cacauzeiros no ciclo 1 foi realizada nos dias 20/05/2022 a 24/05/2022 no total de três aplicações, após as plantas do experimento ficarem 16 dias em espera, ao fim do estresse hídrico, para reidratação e crescimento das flores.

Foram realizadas três aplicações da ventilação nos cacauzeiros nos dias 20/05/2022 a 24/05/2022 e, ao fim do estresse hídrico, um período de 5 dias de reidratação com irrigação suplementar e mais 11 dias de descanso para floração.

A análise estatística dos efeitos da aplicação da ventilação mecanizada sobre a frutificação aos 60 dias demonstrou que os agentes polinizadores (ventilação mecanizada e natural) provocaram diferenças significativas na taxa de frutificação. No entanto, não houve diferença significativa entre as variedades (clones) das áreas monoclonais. A interação entre os dois fatores também foi significativa (Tabela 5).

**Tabela 6** – ANOVA da frutificação em resposta ao Agente Polinizador e a variedade estudada no Ciclo 1.

	Soma de Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	p
Agente polin. (ventilação mecanizada e natural)	3403	1	3403	23.20	0.003
Variedade (CCN51, Cepec2002, PS1319)	779	2	390	2.66	0.149
Agente polin. X Variedade	2536	1:2	1268	8.64	0.017
Resíduos	880	6	147		

Anteriormente às aplicações da ventilação foram realizadas medições das condições ambientais de umidade do ar e temperatura do ar e em todas as aplicações a umidade relativa do ar esteve abaixo de 75% e a temperatura acima de 25°C.

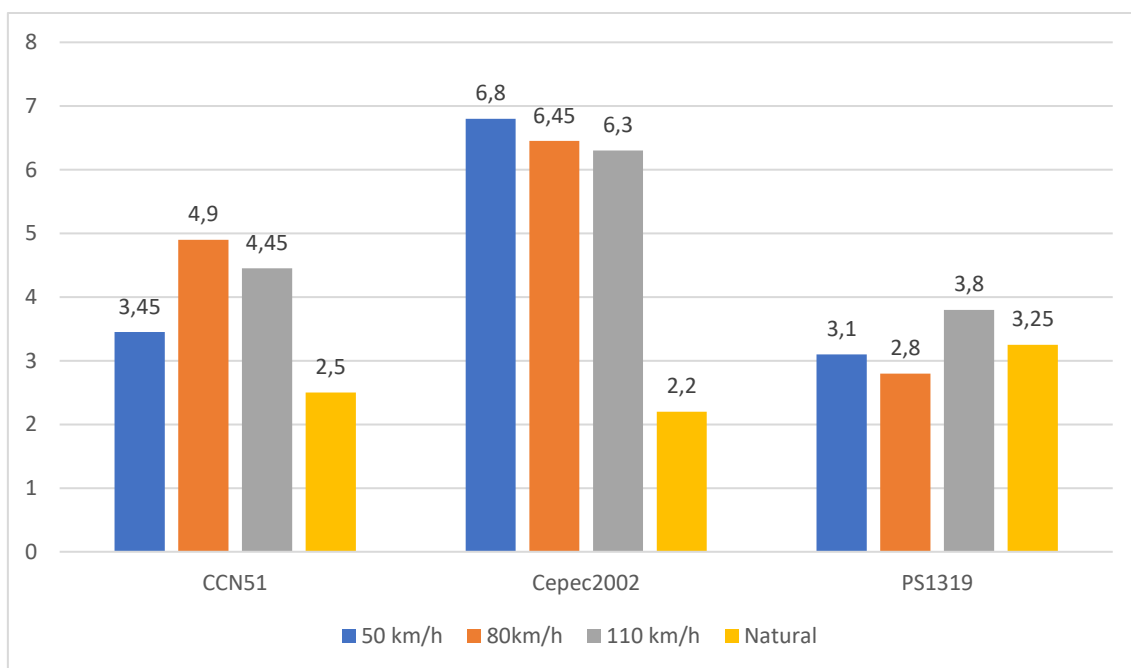
Na área de clones de CCN51 as fileiras que foram sujeitas à ventilação de 80 km/h foram as que obtiveram maiores resultados, seguidos da velocidade de 110 km/h. Todas as plantas nesta área sujeitas à polinização mecânica apresentaram médias maiores do que a natural, representados na Figura 6.

Na área de Cepec2002 a velocidade com maior resposta foi de 50 km/h, seguida da velocidade de 80 km/h e por último, com valores próximos, a velocidade de 110 km/h. Todas as plantas sujeitas à polinização mecânica apresentaram médias maiores do que a natural, dados presentes no Figura 6.

Na área monoclonal de PS1319 as plantas sujeitas a ventilação com velocidade de 110 km/h resultaram em maiores médias de frutos por planta, e a velocidade de 80 km/h nas menores. Nesta área somente a velocidade de 110 km/h foi maior do que a polinização natural, presente no Figura 6.

O clone de Cepec2002 obteve um média de frutificação mais elevada que os demais clones, ainda que sua média de floração tenha sido mais baixa que o clone de CCN51, indicando que o clone de Cepec2002 possui uma eficiência maior de polinização pela ação do vento que os demais clones.

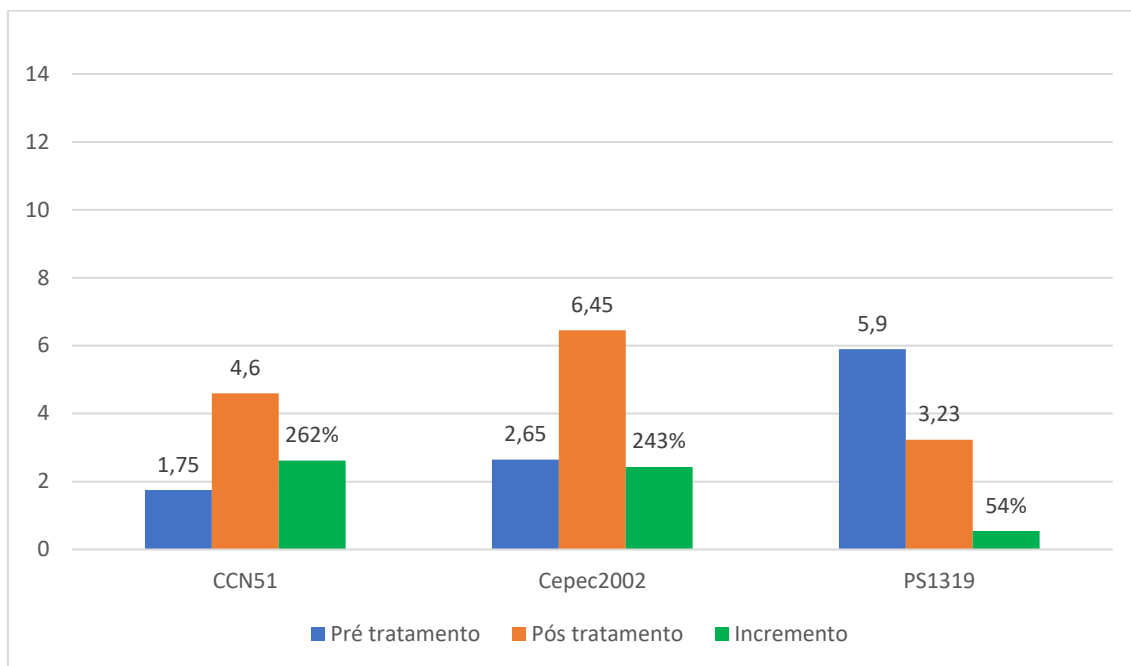
**Figura 7** – Médias de frutificação viável em função das velocidades aplicadas na polinização mecanizada e a polinização natural do ciclo 1.



A comparação dos dados de contagem de frutos antes do tratamento de estresse hídrico e da última contagem permitiu observar o efeito do tratamento de estresse hídrico e polinização mecanizada nas áreas ao longo de todo o ciclo 1. Foi possível avaliar o resultado geral dessas duas práticas interligadas em relação ao número total de frutos.

Os resultados mostraram que, em relação à média de frutos/planta antes dos tratamentos, a área de CCN51 obteve um incremento de 262%, já a área de Cepec2002 obteve um incremento de 243%, no entanto a área de PS1319 obteve um incremento de apenas 54% (Figura 7).

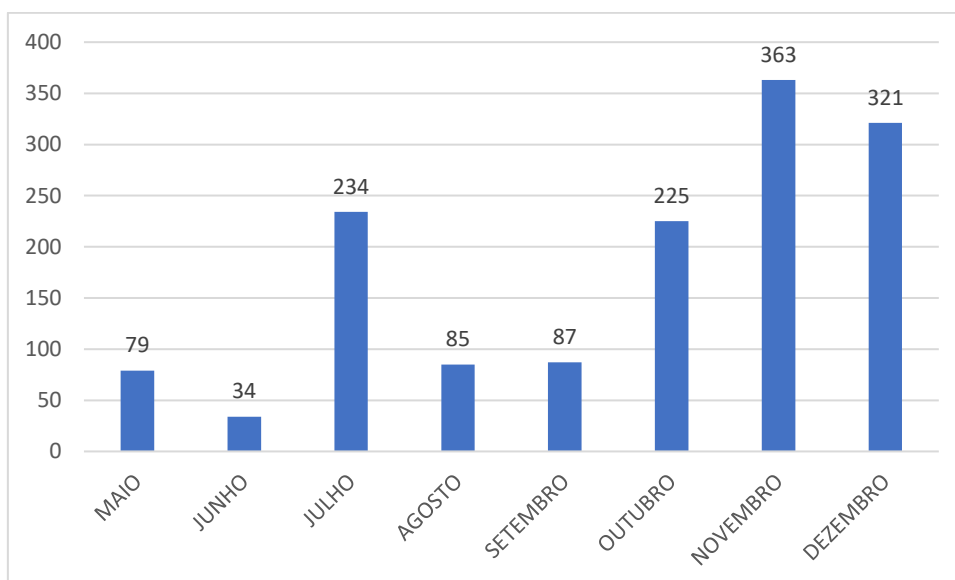
**Figura 8** – Médias do número de frutos e incrementos antes e depois dos tratamentos interdependentes com Estresse Hídrico e Ventilação Mecanizada do Ciclo 1



## 4.2 – Segundo Experimento

O segundo experimento (ciclo 2) foi realizada nos dias 20/05/2022 ao dia 23/12/2022, em um total de 217 dias. Durante este período foi registrado na região uma acumulado de 420 mm de precipitação.

**Figura 9** – Precipitação (mm) nos meses do ciclo 2.



#### 4.2.1- Resultados da indução à floração por estresse hídrico

A interrupção das linhas de irrigação nas áreas foi iniciada no dia 03/06/2022 e foi religada dia 16/09/2022, resultando em um período de indução de estresse hídrico e de reidratação de 105 dias, no qual foram realizadas medições semanais do ambiente e das plantas.

Comparando as médias de flores das áreas monoclonais após a indução do estresse hídrico, verifica-se por meio da análise de variâncias, que houve diferença significativa entre as áreas dos clones, sendo a área de CCN51 estatisticamente superior às áreas de Cepec2002 e PS1319 (Figura 8).

**Tabela 7** – ANOVA das médias de flores nos clones após estresse hídrico no Ciclo 2.

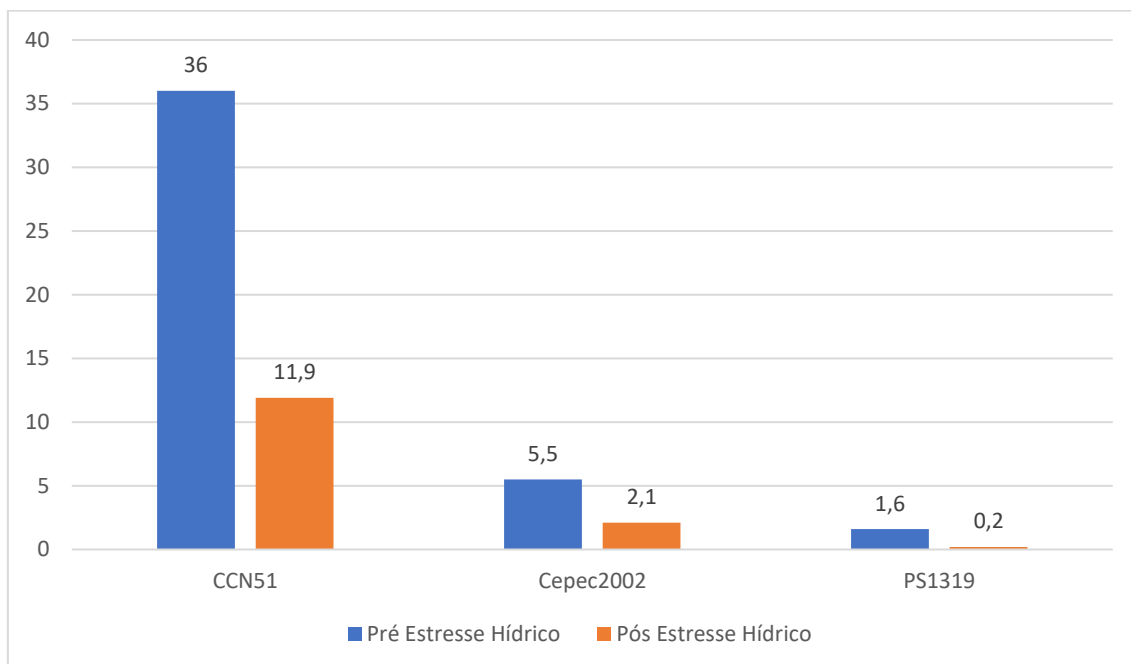
	Soma de Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	P
Nº flores após Estresse	235.11	2	117.554	145	<0.001
Resíduos	4.87	6	0,811		

**Tabela 8** – Teste Post Hoc de comparação das médias dos clones após período de estresse hídrico no Ciclo 2.

Comparação		Diferença Média	Erro Padrão	gl	t	P-Tukey
Clones						
Cepec2002	PS1319	1.93	1.32	6	1.46	0.371
	CCN51	-9.77	1.32	6	-7.39	<0.001
PS1319	CCN51	-11.7	1.32	6	-8.85	<0.001

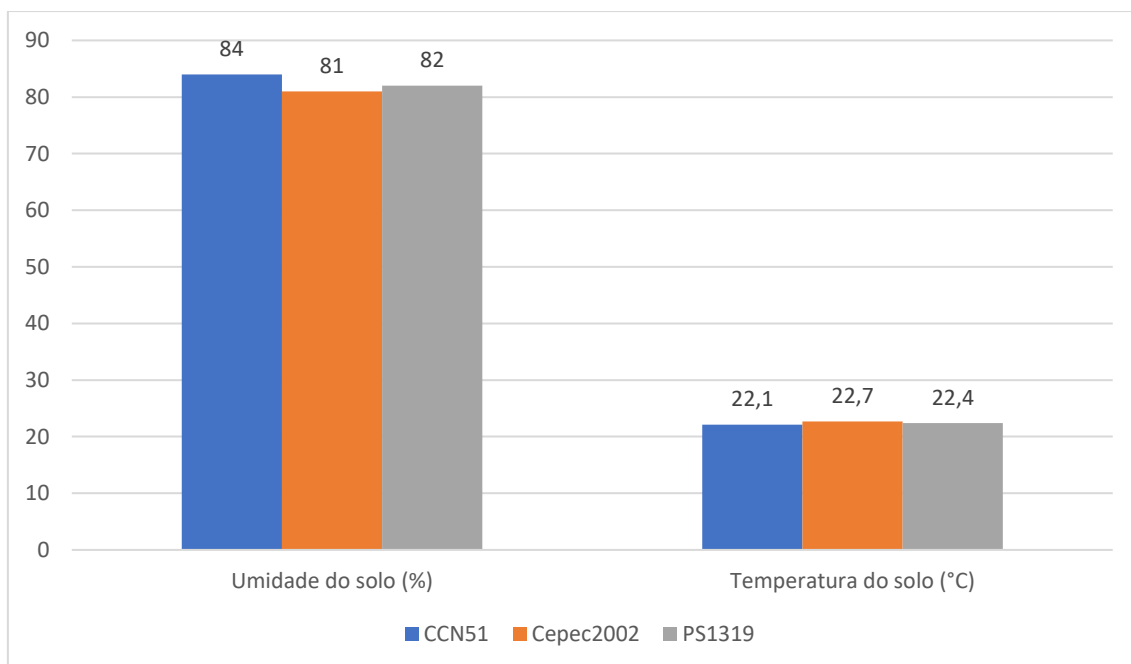
A análise de médias constatou também que a indução da floração resultou em uma redução na média de flores em todos as áreas. O clone de CCN51 apresentou uma redução de 67% enquanto o clone de Cepec2002 demonstrou uma redução 62%, já o clone de PS1319 obteve uma redução drástica de 86% na média de flores.

**Figura 10** - Médias de flores nos cacaveiros antes e após a indução da floração por Estresse Hídrico do Ciclo 2.

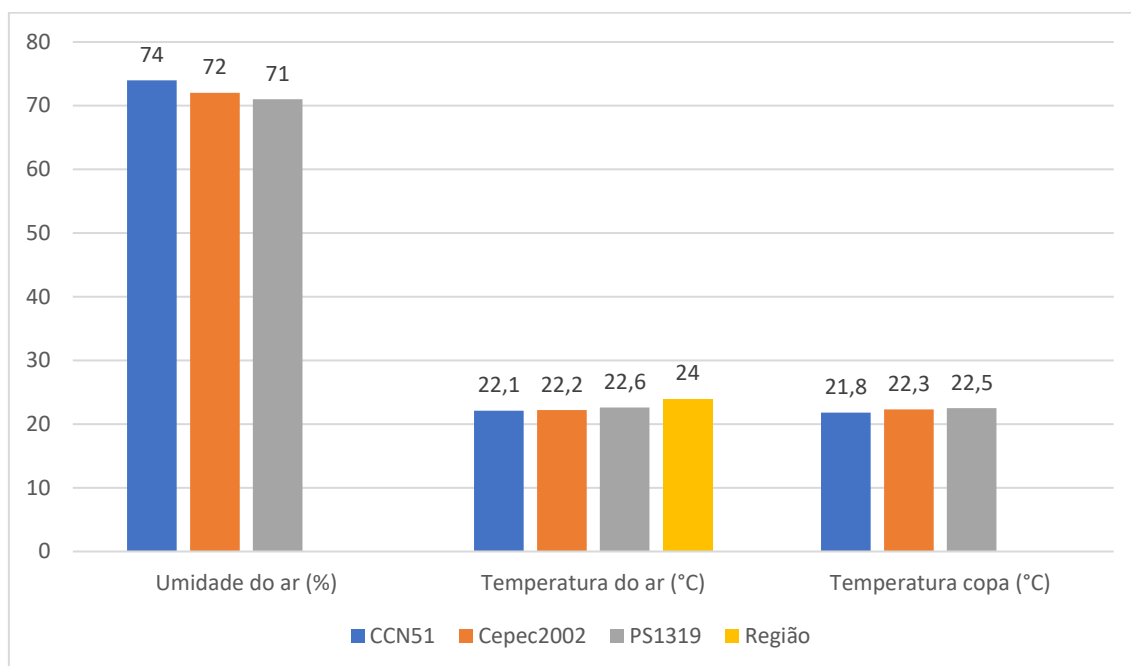


Durante todo o período de estresse hídrico foram realizadas medições do ambiente e das plantas. Em todo o período de estresse hídrico as médias de temperatura do ar ficaram em torno de 24°C conforme demonstrado na Figura 9.

**Figura 11** - Médias de umidade do solo e umidade do ar no período de Estresse Hídrico no Ciclo 2.



**Figura 12** - Média das temperaturas do solo, do ar e da copa das plantas nas áreas monoclonais e na região no Ciclo 2.



#### 4.2.2- Resultados da polinização mecanizada

A polinização mecanizada usando o soprador costal foi realizada no período de 24/10/2022 a 28/10/2022, totalizando quatro aplicações em todas as áreas do experimento.

Analisando as médias de números de frutos viáveis após 60 dias da aplicação da ventilação com soprador costal da tabela 7 é possível observar que houve diferença estatística significativa entre os agentes polinizadores (ventilação mecanizada e natural) assim como entre os clones das áreas. Porém a interação entre os fatores não foi significativa.

**Tabela 9** – Anova da frutificação em resposta ao Agente Polinizador e a variedade estudada no Ciclo 2.

	Soma de Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	p
Agente polin. (ventilação mecanizada e natural)	1400	1	1400	10.16	0.019
Variedade (CCN51, Cepec2002, PS1319)	7.576	2	3788	27.49	<0.001
Agente polin. X Variedade	0.816	2	0.408	2.96	0.128
Resíduos	0.827	6	0.138		

As medições do ambiente e das plantas realizadas antes da aplicação da polinização mecanizada verificaram que durante todo o período da aplicação da

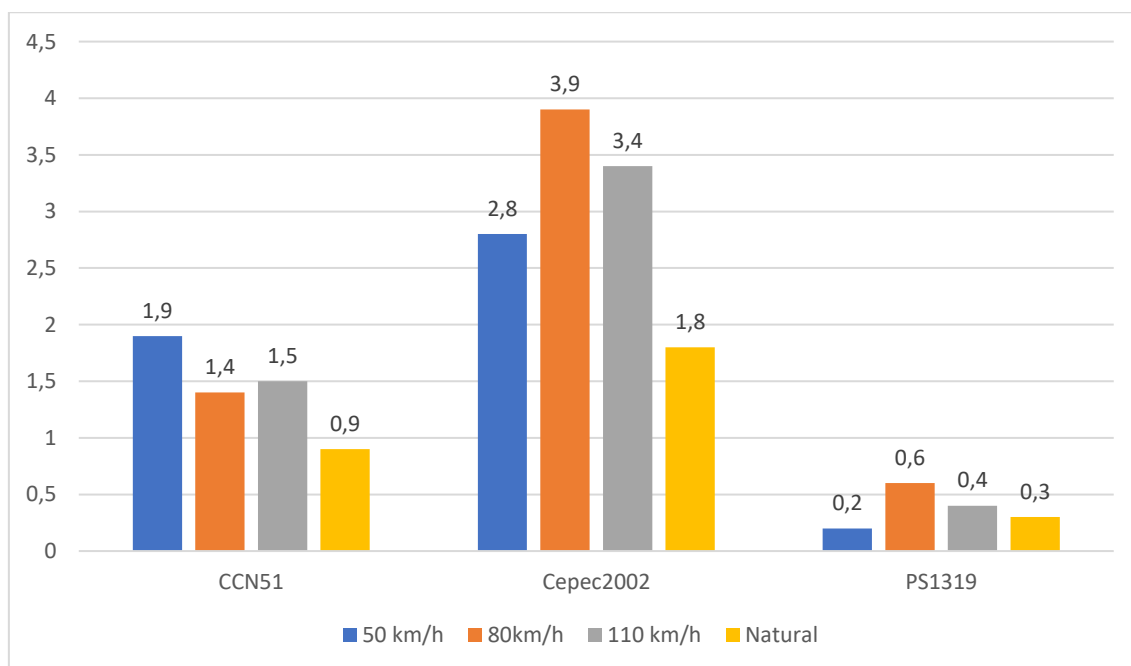
ventilação, a umidade relativa do ar esteve abaixo de 75% e a temperatura acima de 25°C.

Quanto às velocidades aplicadas na ventilação, na área de CCN51, a velocidade de 50 km/h por hora promoveu maior número de frutos aos 60 dias, seguido da velocidade de 80 km/h e 110 km/h, praticamente iguais. Todas as plantas nesta área sujeitas à polinização mecânica apresentaram médias maiores do que a natural, representados na Figura 11.

Nos clones de Cepec2002 a velocidade de 80km/h promoveu as maiores médias de frutos viáveis. Todas as plantas nesta área sujeitas à polinização mecânica apresentaram médias maiores do que a natural (Figura 11).

Já nas áreas de PS1319 as plantas sujeitas à ventilação com velocidade de 80km/h tiveram as maiores médias de frutos viáveis, e as plantas sujeitas a velocidade de ventilação de 50km/h tiveram médias menores que as sujeitas à polinização natural.

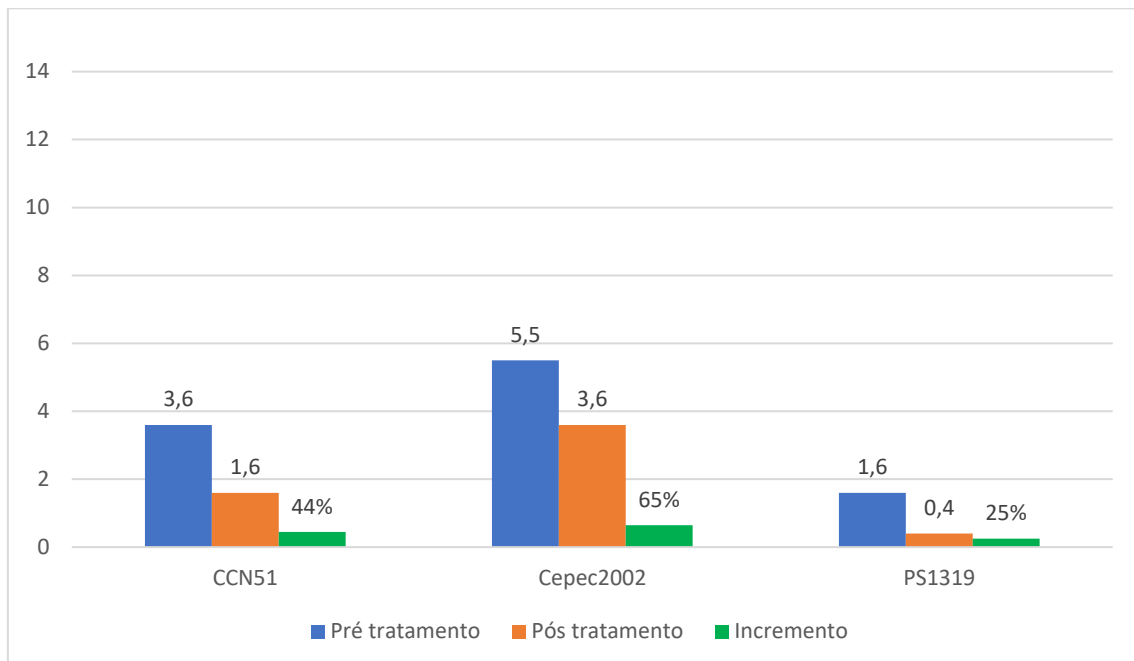
**Figura 13** - Médias de frutificação viável em função das velocidades aplicadas na polinização mecanizada e a polinização natural



Comparando as médias do ciclo 2 antes da aplicação do estresse hídrico e após 60 dias da aplicação da polinização mecanizada observa-se que em nenhuma área monoclonal houve aumento no número de frutos viáveis, ficando o clone de PS1319 com o menor incremento na frutificação, seguido do clone de CCN51 e por último Cepec2002.

Os resultados mostraram que, em relação à média de frutos/planta antes dos tratamentos, a área de CCN51 obteve um incremento de 44%, já a área de Cepec2002 obteve um incremento de 65%, no entanto a área de PS1319 obteve um incremento de apenas 25% (Figura 12).

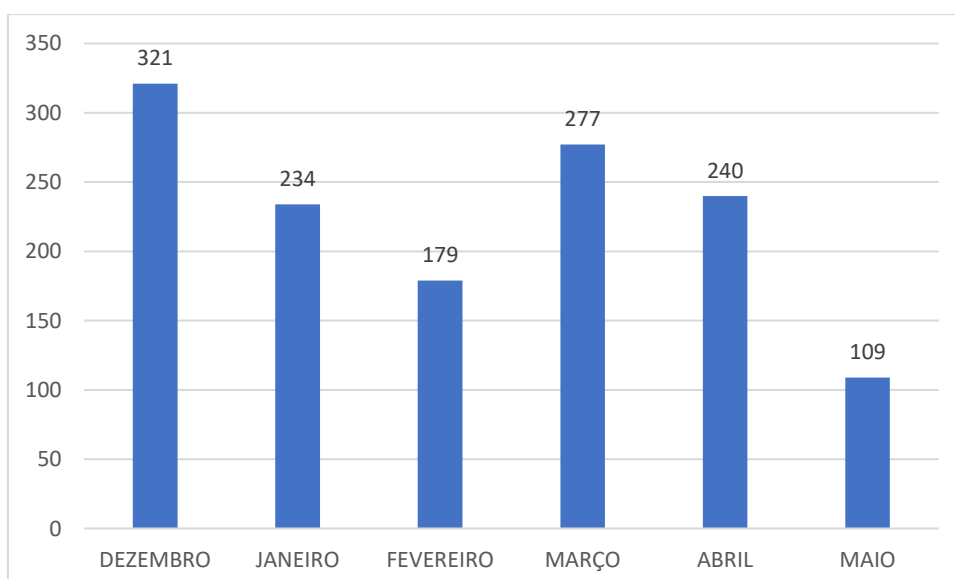
**Figura 14** - Médias e incrementos antes e depois dos tratamentos interdependentes com Estresse Hídrico e Ventilação Mecanizada no Ciclo 2.



### 4.3 – Terceiro Experimento

O terceiro experimento (ciclo 3) foi realizada nos dias 08/12/2022 ao dia 25/05/2023, em um total de 168 dias. Durante este período foi registrado na região uma acumulado de 1360 mm de precipitação, bem distribuídas (Agrícola Conduzu).

**Figura 15** – Precipitação (mm) nos meses do ciclo 2.





### 4.3.1- Resultados da indução à floração por estresse hídrico

A interrupção da irrigação nas áreas para foi realizada dia 12/12/2023 e foi reiniciada dia 17/02/2023, resultando em um período de indução de estresse hídrico e de reidratação e descanso de 67 dias, no qual foram realizadas medições semanais do ambiente e das plantas para a determinação do estresse às plantas.

Comparando as médias de flores das áreas monoclonais após a indução do estresse hídrico, foi constatado por meio da análise de variâncias, que houve diferença significativa entre as áreas, sendo as áreas do clone de CCN51 estatisticamente superior às áreas de clones de PS1319, mas igual ao clone de Cepec2002.

**Tabela 10** – ANOVA das médias de flores nos clones após estresse hídrico no Ciclo 3.

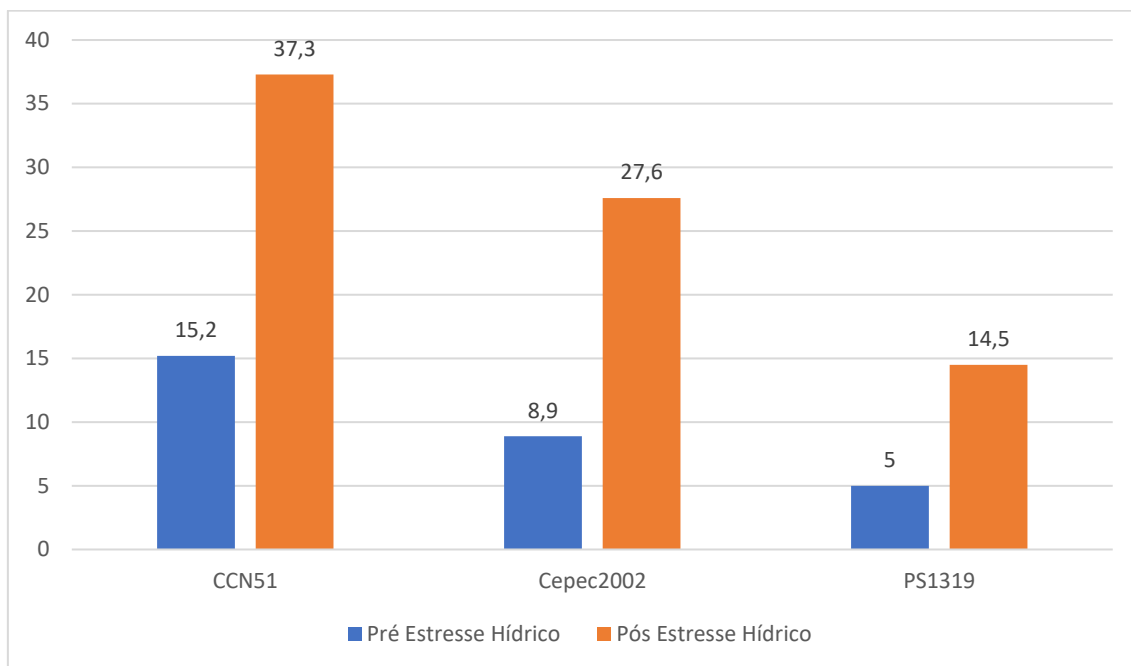
	Soma de Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	P
Nº flores após Estresse	945	2	315	8.36	0.015
Resíduos	226	6	37.7		

**Tabela 11** – Teste Post Hoc de comparação das médias dos clones após período de estresse hídrico no Ciclo 1.

Comparação		Diferença Média	Erro Padrão	gl	t	P-Tukey
Clones						
Cepec2002	PS1319	-12.73	5.01	6	-2.53	0.150
	CCN51	9.61	5.01	6	1.91	0.314
PS1319	CCN51	22.33	5.01	6	4.45	0.017

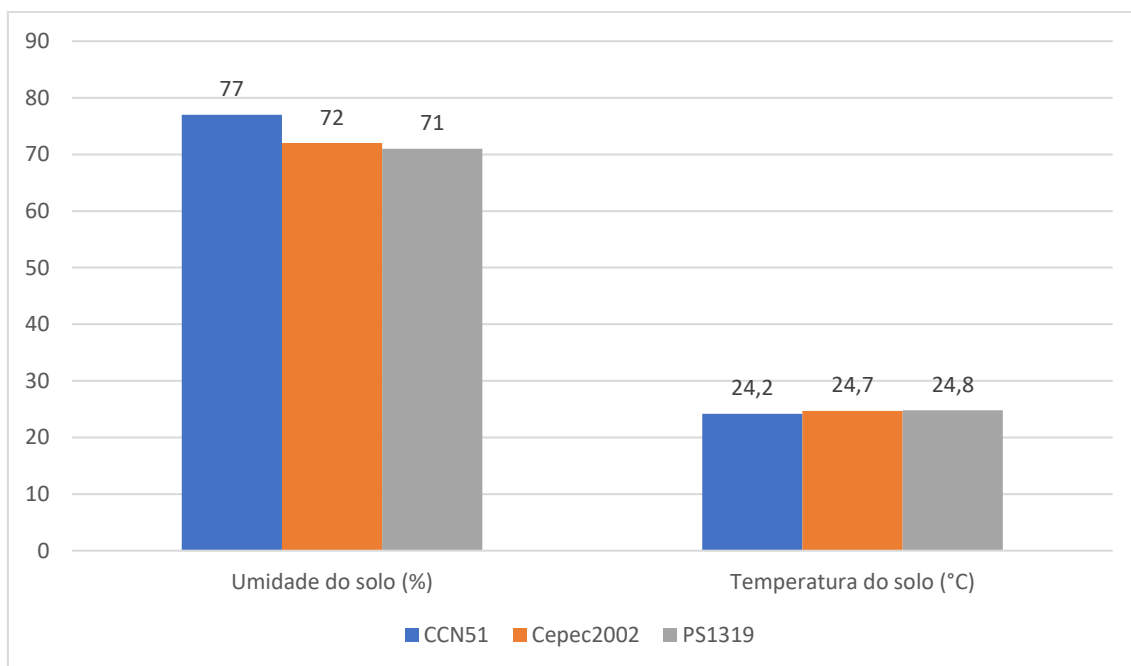
A comparação de médias antes do estresse hídrico e após o estresse hídrico indicou que a indução da floração resultou em um aumento na média de flores em todas as áreas. O clone de CCN51 apresentou um incremento de 245% enquanto a área de Cepec2002 demonstrou um incremento de 310%, já a área de PS1319 obteve uma redução drástica de 290% na média de flores (Figura 13).

**Figura 16** - Médias do número de flores nos cacauzeiros antes e após a indução da floração por Estresse Hídrico para os clones de CCN51, Cepec2002 e PS1319.

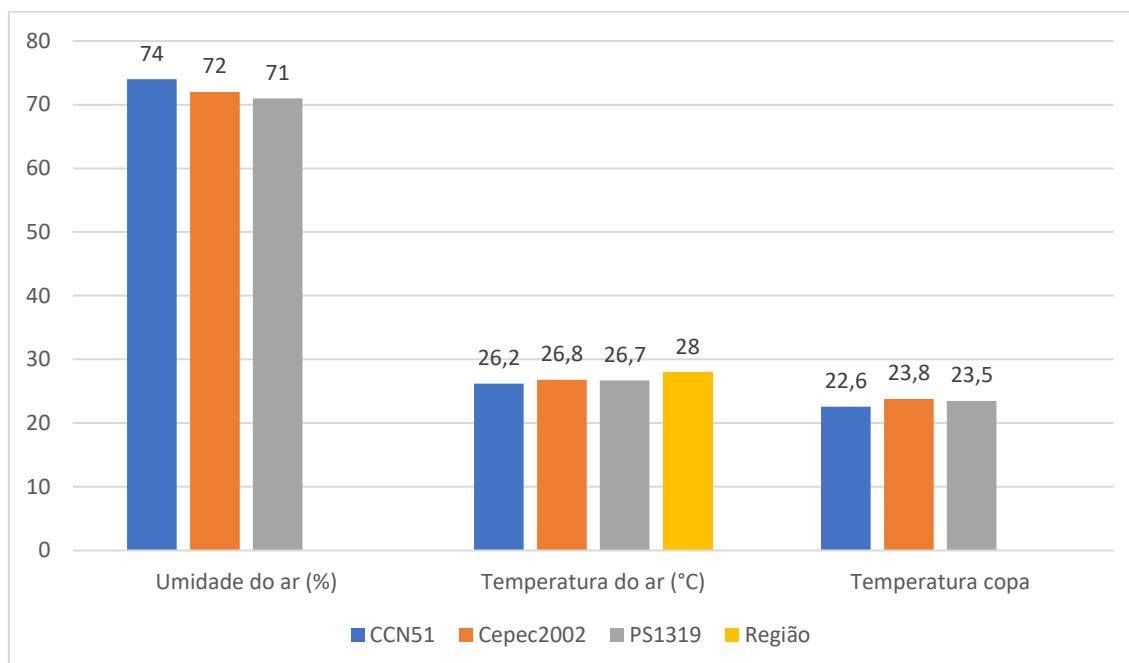


Durante todo o período de estresse hídrico foram realizadas aferições semanais do ambiente e das plantas. O acumulado de pluviosidade na região foi de 24 mm em todo o período e as médias de temperatura do ar ficaram em torno de 28°C e umidade do solo e relativa do ar abaixo de 80% conforme demonstrado na Figura 14.

**Figura 17** - Médias de umidade do solo e umidade do ar no período de Estresse Hídrico no Ciclo 2.



**Figura 18** - Média das temperaturas do solo, do ar e da copa das plantas nos área monoclonais e na região no Ciclo 2.



#### 4.3.2- Resultados da polinização mecanizada

A polinização mecanizada usando o soprador costal foi realizada no período de 24/10/2022 a 28/10/2022, totalizando quatro aplicações em todos as áreas do experimento.

Analisando as médias de números de frutos viáveis após 60 dias da aplicação da ventilação com soprador costal, foi possível observar que houve diferença estatística significativa entre os tratamentos utilizados assim como entre as variedades de clones.

**Tabela 12** – Anova da frutificação em resposta ao Agente Polinizador e a variedade estudada no Ciclo 3.

	Soma de Quadrados	gl	Quadrado Médio	F	p
Agente polin. (ventilação mecanizada e natural)	14.44	1	14.44	11.47	0.015
Variedade (CCN51, Cepec2002, PS1319)	6.48	2	3.2	2.57	0.156
Agente polin. X Variedade	3.51	2	1.76	1.39	0.318
Resíduos	7.55	6	1.26		

As medições ambientais e das plantas realizadas antes da implementação da polinização mecanizada revelaram que ao longo de todo o período de ventilação,

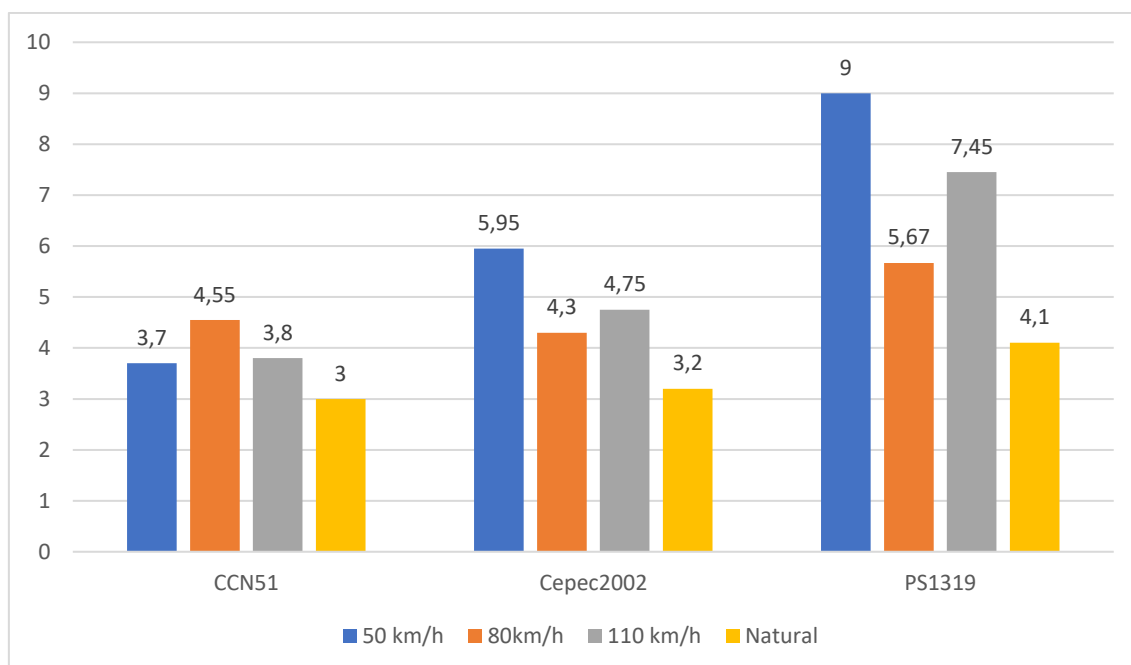
a umidade relativa do ar permaneceu abaixo de 70%, enquanto a temperatura ultrapassou os 27°C. No entanto, devido a um atraso de três semanas, ocasionado por chuvas intensas, não foi possível realizar a ventilação de acordo com as condições mínimas necessárias.

Após a aplicação da ventilação mecanizada, foram realizadas contagens de frutos aos 15, 30 e 60 dias subsequentes. Observou-se que a diferença média entre os frutos aos 15 dias e aos 60 dias não foi significativa.

Nos clones de Cepec2002 e PS1319, constatou-se que a velocidade de 50 km/h resultou em um maior número de frutos aos 60 dias, seguida das velocidades de 110 km/h e 80 km/h, que apresentaram resultados estatisticamente semelhantes. Todas as plantas submetidas à polinização mecânica nesses clones apresentaram médias superiores em comparação com a polinização natural, conforme demonstrado na Figura 11. Já nas plantas de CCN51, a velocidade de 80 km/h proporcionou as médias mais altas de frutos viáveis. No entanto, os resultados da polinização natural foram estatisticamente equivalentes às médias das plantas submetidas à ventilação mecanizada.

Por fim, nos clones de PS1319, as plantas submetidas à ventilação com uma velocidade de 80 km/h apresentaram as maiores médias de frutos viáveis, enquanto as plantas sujeitas à ventilação a 50 km/h obtiveram médias inferiores às observadas na polinização natural.

**Figura 19** - Médias de frutificação viável em função das velocidades aplicadas na polinização mecanizada e a polinização natural

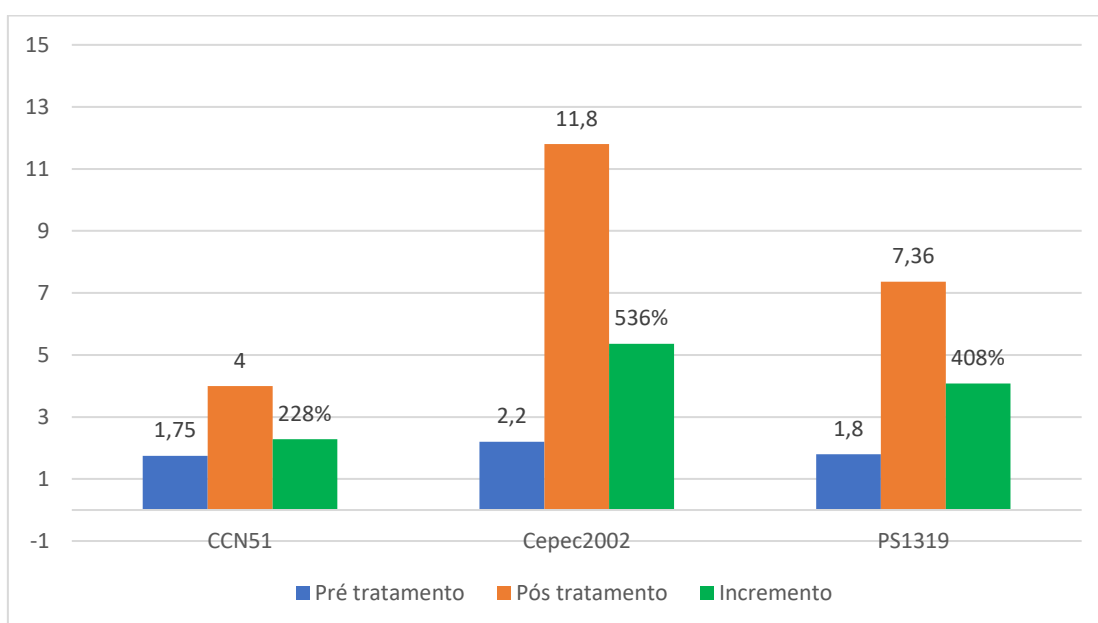


Ao comparar as médias do ciclo 3 antes da aplicação do estresse hídrico e após 60 dias da polinização mecanizada, observou-se um significativo aumento nas

médias de frutos viáveis. Os clones de Cepec2002 apresentaram o maior incremento na frutificação, seguido pelos clones de PS1319 e, por último, o clone CCN51.

Os resultados indicaram que, em relação à média de frutos por planta antes dos tratamentos, a área de CCN51 teve um aumento de 228%, enquanto a área de Cepec2002 registrou um incremento de 536%. No entanto, a área de PS1319 apresentou um incremento de apenas 408% (Gráfico 17). Esses dados ressaltam a eficácia da polinização mecanizada na promoção da frutificação e destacam a variação de resposta entre os diferentes clones de plantas.

**Figura 20** - Médias e incrementos antes e depois dos tratamentos interdependentes com Estresse Hídrico e Ventilação Mecanizada no Ciclo 2.



## **5- Discussão**

### **5.1 – Perspectivas e Implicações**

A tecnologia utilizada do cultivo do cacau na fazenda Luz do Vale foi determinante para a realização dos experimentos graças à possibilidade de se alterar o regime hídrico das plantas no estudo e avaliar seus efeitos. Ainda que a irrigação seja praticamente inexistente nos sistemas de plantio da região Sul da Bahia e por receber um alto volume anual de precipitação, é importante pontuar a possibilidade de induzir respostas fisiológicas favoráveis ao aumento de produtividade às plantas em razão do manejo tecnológico e do conhecimento climatológico da região.

Calcular os efeitos de um déficit hídrico nas plantas de cacau sob o sistema cabruca no Sul da Bahia é uma tarefa de difícil execução devido à dificuldade de isolar os fatores ambientais atuantes e à sua capacidade de resistências aos períodos secos, mesmo a planta de cacau sendo sensível à privação hídrica em determinadas fases fisiológicas.

Outro ponto crítico foi a uniformidade das áreas, ainda que possuam elevado grau de uniformidade comparados à outras áreas da região, o manejo e proximidade entre elas, diversas variáveis ambientais podem ter gerado influência direta nos resultados dos tratamentos. No entanto, o padrão de resposta gerado por cada um dos clones condiz com estudos acerca das diferenças fisiológicas e das respostas ao déficit hídrico de cada clone, colaborando para a ideia de que cada clone necessita de um manejo específico.

Durante o experimento as plantas de cacau indicaram possuir sensibilidade a um período de baixa umidade do solo e altas temperaturas que podem ocorrer pontualmente ao longo do ano. Essas evidências sugerem que em alguns períodos do ano podem proporcionar condições favoráveis para que se submeta as plantas a um déficit hídrico suficientemente elevado para provocar déficit hídrico na planta e um aumento de floração como resposta fisiológica.

### **5.2 – Indução da floração com Estresse Hídrico**

Considerando que o período no qual as plantas foram submetidas ao estresse hídrico a região recebeu um volume alto de chuvas de modo bem distribuído, resultando em médias de umidade de solo acima de 90% e umidade de ar acima de 80% em todas as áreas durante todo o período do Ciclo 1, não foi possível inferir que as plantas sofreram qualquer processo de estresse hídrico durante o tratamento de indução, em todos os ciclos. A frequência de chuvas e seu volume acumulado mensal não permitiu que a água no sistema solo-planta estivesse em teores baixos o suficiente para gerar respostas fisiológicas que resultassem em um aumento expressivo do número de flores, estando os incrementos observados no experimento sujeitos a outras variáveis como: estágio fisiológico, reserva de nutrientes na planta, fatores ambientais e desbalanço hormonal após retirada manual de flores e frutos e que provavelmente contribuíram mais para a resposta do que o próprio tratamento de indução.

Diversos fatores, além dos anteriormente apontados, também atuaram ao mesmo tempo para que o estresse hídrico nas plantas não tenha sido aplicado com sucesso, como principais: a capacidade de retenção de água no solo, promovido por um solo argiloso; o conforto térmico promovido pelo microclima do sistema cabruca, evitando evapotranspiração excessiva com sombreamento; equilíbrio nutricional promovido pelo manejo adequado. Permitindo às plantas condições de mitigar os efeitos do déficit hídrico no solo e as altas temperaturas.

A queda no número de flores após o período de indução de estresse hídrico nos clones de PS1319 no Ciclo 1 pode estar ligado à retirada manual das flores das almofadas florais, o que pode ter gerado um desbalanço químico e metabólico levando à falta de sinalização fisiológica para o desenvolvimento de novas flores nas almofadas, o que também pode ter sido afetado pelo estágio de reservas nutricionais pela planta e pela retirada de frutos, além dos fatores ambientais e principalmente por fatores genéticos inerentes ao clone.

Já no Ciclo 2, apesar de não poder determinar com exatidão a ocorrência de déficit hídrico na planta e conseqüentemente um estresse hídrico, foi possível observar respostas fisiológicas compatíveis com estresse fisiológico de diferentes origens. A redução da média de flores em todas as variedades das áreas monoclonais sugere ser consequência direta da retirada manual de flores e frutos, aliados à falta de reserva nutricional do período entressafra e redução da atividade metabólica das plantas pela redução da temperatura ambiental nas áreas e provável redução da taxa fotossintética pela baixa umidade do solo, condições típicas da estação (inverno) no qual o ciclo se desenvolveu.

Comparando os ciclos 1 e 2, os efeitos de dormência nas plantas foram observados nos clones de PS1319 no ciclo 1, e em todos os clones do ciclo 2, evidenciando que os clones possuem diferentes respostas ao estresse mecânico e que nos meses de menor precipitação do ano todos os clones apresentam resistência a novos lançamentos de flores, depois de terem flores e frutos retirados.

Apesar de não ter sido caracterizado o estresse hídrico em nenhum ciclo do experimento, um indicativo de estresse sofrido pelas plantas em decorrência do déficit hídrico do solo e altas temperaturas é a queda de flores. Este é um fenômeno fisiológico complexo envolvendo hormônios como o etileno, mas que podem ser um indicativo útil para o experimento. (Djanaguiraman et al., 2011). Outro indicativo foi a falta de lançamentos foliares ao longo de todo o período de indução do estresse hídrico, evidenciando um provável acúmulo de ácido abicísico nas gemas apicais e sua parcial inativação, conforme pesquisas anteriores realizadas elucidaram esse processo (AMEIDA, VALLE, 2007).

No Ciclo 2, a retirada de flores e frutos na entressafra e mudança de período chuvoso para o período mais frio e seco pode ter resultado em uma alocação de reservas das plantas nos ramos e nas raízes ao invés de folhas e flores, teoria chamada de hidroperíodismo proposta por McDonald (1933) e desenvolvida por Alvim et al (1969), além de um desbalanço hormonal ocasionando inativação das gemas e supressão da floração, fazendo as plantas entrarem em uma espécie

de dormência fisiológica com o objetivo de proteger a aparelhagem fotossintética e evitar maiores danos pelo estresse hídrico (Alvim et al 1975).

Pesquisas de Muller et al (1988) demonstraram que existe um efeito depressivo da presença de frutos sobre a floração de cacauzeiros híbridos, possivelmente causada por substâncias reguladoras produzidas nas sementes como ácido giberélico. Experimentos realizados anos antes por Vogel et. al (1982) também indicaram que a remoção de frutos estimula a floração. Esses estudos corroboram com o resultado do Ciclo 1, onde a média de flores aumentou, exceto nas plantas de PS1319, no qual parece possuir maior sensibilidade ao estresse por retirada de flores e em condições hídricas desfavoráveis. No Ciclo 2, no entanto, quando suspensa a irrigação, o provável acúmulo de ABA nas gemas e seu mecanismo de reserva de solutos parece ter sido muito mais determinante para o resultado do experimento.

Os experimentos também demonstraram que existe uma diferença entre os clones na relação entre o número de flores e número de frutos ao mesmo tempo nas plantas. Ao contrário dos clones de CCN51, que ainda registram número elevado de flores mesmo com uma elevada frutificação, os clones de Cepec2002 e PS1319 cessam praticamente por completo sua floração após a polinização de certa quantidade de frutos, evidenciando que os fito hormônios produzidos nos frutos possuem efeito maior nos clones de Cepec2002 e PS1319 do que nos clones de CCN51.

Além disso, diferenças genéticas na forma de uso da água na planta ficaram evidentes no experimento quando plantas de PS1319 demonstraram mais sinais de estresse em todos os ciclos anteriormente citados. Pesquisas sobre potencial hídrico foliar, trocas gasosas e crescimento em genótipos de *Theobroma cacao* L. submetidos à deficiência hídrica e adubação potássica (LAMA ISMINIO, 2016) demonstraram que o genótipo CCN51 apresenta mecanismos mais eficientes de tolerância do estresse hídrico. Já os genótipos PS1319 e CEPEC-2002 não apresentam os mecanismos adequados para manter potenciais hídricos elevados em condição de estresse, sendo assim mais sensíveis a um déficit hídrico na planta.

O ciclo 3 foi a repetição que mais se aproximou do ideal projetado para a realização do estresse hídrico tendo em vista o período significativo sem chuvas nas áreas e temperaturas elevadas em um período final de entressafra onde os clones das três áreas apresentavam poucas flores e bilros, porém estavam com uma nova copa formada de folhas novas e folhas maduras, o que provavelmente elevou a taxa fotossintética das plantas e promoveu maior acúmulo de reservas nutricionais e hídricas. Outro fator importante para explicar os resultados expressivos de aumento de floração do ciclo 3 foram as precipitações intensas (230 mm) que ocorreram nos dias seguintes ao fim do período, o que corrobora com os resultados de pesquisas que demonstraram incrementos significativos na floração em cacauzeiros que sofreram estresse hídrico seguido de reidratação intensa (Alvim, 1967)



Portanto, é possível afirmar que a indução da floração a partir de um estresse hídrico imposto não é recomendada em sistema cabruca e em outros sistemas de plantio em períodos de temperaturas mais baixas ao longo do ano e nem em estádios da planta onde ocorrem maior exportação de nutrientes como colheitas e podas ou retirada das flores das almofadas, sob o risco de ocasionar um torpor fisiológico que reduz o número de flores nas plantas de cacauero, efeito visualizado com maior intensidade nos clones de PS1319.

A indução da floração no Sul da Bahia ainda precisa de pesquisas aprofundadas acerca da sua viabilidade, levando em conta as variáveis ambientais e as características fisiológicas de cada clone. No entanto, é importante aprofundar o conhecimento das respostas fisiológicas da cultura frente a disponibilidade de água e época do ano, com o objetivo de aproveitar o potencial da capacidade do cacauero em aumentar o seu número de flores em função do seu balanço hídrico, o que pode gerar aumentos de produtividade com manejos simples de irrigação suplementar.

### **5.3 – Polinização mecanizada com soprador costal**

A pesquisa conduzida revelou que a polinização mecanizada exerceu um impacto substancial na taxa de polinização, resultando em aumentos significativos na média de frutos viáveis nos clones de CCN51 e Cepec2002 e PS1319, quando comparados com a polinização natural. Ao examinar os resultados relativos à indução de floração e ao incremento proporcionado pela ventilação mecanizada, percebe-se uma correlação que aponta para a dependência da polinização mecanizada de um número adequado de flores para promover uma polinização ventilada em níveis superiores à polinização natural, tornando-a uma estratégia viável. Aumentos nas médias de flores por planta resultaram em um correspondente aumento no número de frutos viáveis.

Um dado significativo deste estudo é a predominância da influência do agente polinizador sobre a variabilidade da variedade no que diz respeito à média de frutos viáveis. Em outras palavras, a polinização mecanizada resultou em médias de frutos superiores àquelas obtidas com a polinização natural. Essa tendência foi observada em todas as áreas de clones estudadas, o que sugere a viabilidade da aplicação mais ampla dessa tecnologia em áreas de cultivo de cacaueros, apesar das variações fisiológicas entre os clones.

Ao comparar as médias de frutos viáveis com as médias de flores nos três clones, constata-se que o clone Cepec2002 apresenta uma eficácia maior de polinização por ventilação mecanizada, seguido pelo clone PS1319 e, por último, o clone CCN51. Essa disparidade de eficiência pode ser atribuída, em grande parte, às condições ambientais, uma vez que os clones mais eficientes estão localizados em áreas mais planas, com menos sombreamento, temperaturas médias mais elevadas e menor umidade relativa do ar, além de solos com menor retenção de umidade.

Contudo, nos clones de PS1319, a polinização mecanizada não demonstrou diferenças estatisticamente significativas em relação à polinização natural no Ciclo 1 e 2. Esse fenômeno possivelmente deriva do fato de que o clone PS1319 foi submetido à polinização mecanizada com um número limitado de flores, o que resultou em médias de flores comparáveis às obtidas através da polinização natural. Essa constatação salienta a importância de uma quantidade substancial de flores nos cacauzeiros para que a aplicação da ventilação mecanizada resulte em ganhos consideráveis.

As diferentes velocidades de ventilação aplicadas geraram resultados distintos entre as plantas de todas as áreas. No caso do clone CCN51, observou-se que velocidades entre 80 e 110 km/h proporcionaram uma polinização mais eficiente, possivelmente relacionada à arquitetura da variedade, que gera turbulência e, conseqüentemente, uma força de vento menos intensa nas flores dos ramos quando a velocidade é de 50 km/h. Em contrapartida, para os clones Cepec2002, velocidades mais baixas, entre 50 e 80 km/h, resultaram em melhores desempenhos. Quanto aos clones de PS1319, a maior eficácia de polinização mecanizada foi observada a uma velocidade de 110 km/h.

Nos clones de PS1319, um efeito peculiar foi identificado após a remoção manual das flores das almofadas e dos frutos no Ciclo 2, caracterizando uma espécie de dormência fisiológica. Entre as possíveis causas desse fenômeno estão o estresse fisiológico resultante da remoção manual, o desequilíbrio hormonal decorrente do estresse físico e hídrico, juntamente com o estágio fisiológico da planta e a possível diminuição das reservas de nutrientes após o enchimento dos frutos. Isso ressalta que a prática de indução de floração não é recomendada para os clones de PS1319. No entanto, a polinização mecanizada por ventilação mostrou incrementos positivos e viabilidade no Ciclo 3, quando não houve retirada manual de flores e frutos e o ciclo conduzido em meses de precipitação elevada, o que ressalta o fator estresse determinando a média de frutos nos ciclos 1 e 2 para este clone e a viabilidade deste manejo para o clone de PS1319. Resultados de incrementos semelhantes aos obtidos no ciclo 3 foram encontrados por Nakayama (2022), o que corrobora com a viabilidade do uso da polinização com ventilação mecanizada em clones de cacauzeiros.

Ao comparar as médias de frutos viáveis com as médias de flores nos três clones e nos três ciclos, constata-se que o clone Cepec2002 apresenta uma eficácia maior de polinização por ventilação mecanizada, seguido pelo clone PS1319 e, por último, o clone CCN51. Essa disparidade de eficiência pode ser atribuída, em grande parte, às condições ambientais, uma vez que os clones mais eficientes estão localizados em áreas mais planas, com menos sombreamento, temperaturas médias mais elevadas e menor umidade relativa do ar, além de solos com menor retenção de umidade. Portanto além da resistência genética do clone de CCN51 ao estresse hídrico, as características da área correspondente não permitiram que este clone expressasse resposta fisiológica ao estresse, ainda que sua média de flores fosse a mais elevada entre as três áreas.

As áreas de cultivo com o clone CCN51 demonstraram eficiência reduzida, mesmo com a assistência da polinização mecanizada, em comparação com outras áreas. Esse resultado pode estar relacionado com o ambiente, especialmente com temperaturas do ar e do solo mais baixas, maior umidade do solo e do ar e condições mais sombreadas. Embora tenha resultado em incrementos de mais de 200% na frutificação do clone CCN51, acredita-se que resultados ainda mais expressivos possam ser alcançados em condições mais favoráveis para a polinização.

As distintas características fisiológicas dos clones contribuem para resultados diversos na polinização, influenciando fatores como a duração da abertura das flores ao longo do dia, a aderência das flores à almofada floral durante a ventilação mecanizada e, conseqüentemente, a capacidade de dispersão do pólen pelo vento. Embora as flores dos clones Cepec2002 e PS1319 se apresentem em médias reduzidas em comparação com o clone CCN51, parece exibir uma maior aderência ao galho quando submetidas à ventilação, o que pode aumentar sua capacidade de vibração e, por conseguinte, a dispersão do pólen e polinização.

As características genéticas distintas entre os clones e sua interação com fatores ambientais desempenharam papéis cruciais na eficácia da polinização. Esse estudo contribui, assim, para a compreensão mais profunda das complexas dinâmicas envolvidas na polinização mecanizada de cacaueiros, abrindo portas para futuras otimizações e aprimoramentos nesse contexto.

## 6. Conclusão

- A utilização de soprador costal para realização da polinização mecanizada precisa ser previamente calibrada, ajustando o volume do ar que sai da máquina com a distância da máquina até a planta.
- O vento só alcança as plantas de forma eficiente e na velocidade correta quando está no mesmo plano horizontal da planta e com seus ramos secundários expostos. Por isso a polinização mecanizada com soprador costal não é 100% eficiente sob condições de relevo com declive e folhas, brotos ou plantas daninhas se interpondo entre o soprador e as flores.
- A alta pluviosidade a região sul da Bahia não permitiu submeter plantas de cacauero do experimento em cabruca a um estresse hídrico, induzindo um aumento de floração.
- Para a realização da indução de floração por estresse hídrico não é recomendada a retirada de frutos, bilros e flores, principalmente em clones de PS1319 tendo em vista o efeito posterior de dormência fisiológica causada por motivos ainda não elucidados decorrendo em um resultado contrário ao esperado.
- A polinização mecanizada realizada por soprador costal demonstrou ser uma prática viável para ser aplicada em sistema cabruca, promovendo incrementos significativos em comparação com a polinização natural.
- A variedade do clone de cacaueros não demonstrou ser um fator crucial para a viabilidade da polinização mecanizada, sendo possível ser amplamente utilizada em sistema cabruca.
- As velocidades de 80 a 110 km/h resultaram em melhores médias de polinização mecanizada para plantas de CCN51, enquanto para plantas de Cepec2002 as velocidades de 50 a 80 km/h obtiveram maiores médias. Por último, as plantas de PS1319 apresentaram maiores médias de frutos viáveis com a velocidade do soprador costal de 110 km/h.
- Características ambientais como umidade relativa do ar, umidade do solo, temperatura do ar e temperatura da copa, bem como incidência de luz solar são fatores que afetam diretamente as respostas de indução de floração por estresse hídrico e eficiência da polinização mecanizada.

## 7.Referência Bibliográfica

ALVIM, P. de T. **Cacao. Ecophysiology of tropical crops**, v. 279313, 1977.

ALVIM, P. de T. **Eco-physiology of the cacao tree**. In: Conférence Internationale sur les Recherches Agronomiques Cacaóyeres 15-20 Nov 1965 Abidjan (Cote d'Ivoire). 1967.

ALVIM, P. de T.; ALVIM, R.; SMITH, G. E. **Acao de quebra-ventos sobre o crescimento de mudas de cacau**. Centro de Pesquisas do Cacau, Itabuna, BA (Brasil), 1975.

ALVIM, P. de T.; MACHADO, A. D.; GRANIER, A. **Alguns estudos sobre as relacoes de agua, solo e crescimento do cacaeiro**. In: Mem. Conf. Int. Pesquis. Cacau. 1969. p. 316-326.

CHIAPETTI, Jorge; ROCHA, R.; CONCEIÇÃO, A. **Panorama da cacauicultura no território litoral sul da Bahia (2015-2019)**. Instituto Floresta Viva: Ilhéus, 2020.

DA SILVA, W. S.; ALVIM, P. de T.; ARAGAO, O. P. **Fenologia do cacaeiro sob regime de irrigação diferencial**. Centro de Pesquisas do Cacau, Itabuna, BA (Brasil), 1982.

DAYMONG, A. & P. HADLEY. 2004. **The effects of temperature and light integral on early vegetative growth and chlorophyll fluorescence of four contrasting genotypes of cacao (Theobromacacao)**. Annals of Applied Biology 145, 257-262.

DAYNOND, A. & P. HADLEY. 2008. **Differential effects of temperature on fruit development and bean quality of contrasting genotypes of cacao (Theobromacacao)**. Annals of Applied Biology 153, 175-1785.

DJANAGUIRAMAN, M.; PRASAD, P. V. V.; AL-KHATIB, K. **Ethylene perception inhibitor 1-MCP decreases oxidative damage of leaves through enhanced antioxidant defense mechanisms in soybean plants grown under high temperature stress**. Environmental and experimental botany, v. 71, n. 2, p. 215-223, 2011.

FERNANDES, Cinira AF et al. **Avaliação da qualidade do solo em áreas de cacau cabruca, mata e policultivo no Sul da Bahia**. Ilhéus, BA: UESC, 2008.

GARCÍA-CRUZATTY, Luz Cecilia et al. **Pollen production in Theobroma cacao L. genotypes national type and CCN-51 and its relationship with climatic factors on the ecuadorian coast**. Acta Agrobotanica, v. 73, n. 2, 2020.

KNOKE, J. K; SORIA, S. J.; CHAPMAN, R. K. 1980. **Cacao pollination with spray equipment, in Costa Rica**. Revista Theobroma (Brasil) 10(4):213-224.

KNOKE, John K. et al. **Cacao pollination with spray equipment in Costa Rica**. Revista Theobroma, v. 10, n. 4, p. 213-224, 1980.

LAMA ISMINIO, Paúl. **Potencial hídrico foliar, trocas gasosas e crescimento em genótipos de Theobroma cacao L. submetidos à deficiência hídrica e adubação potássica**. 2016.

LOBÃO, Dan Érico. **Agroecossistema cacauero da Bahia: cacau-cabruca e fragmentos florestais na conservação de espécies arbóreas**. 2007.

LOBÃO, D. E.; PINHO, L. M.; CARVALHO, D. L.; SETENTA, W. C. **Cacau-Cabruca: um modelo sustentável de agricultura tropical**. Índios Veementes, São Paulo, v. 3, p. 10-24, 1997b.

MARSHALL, J. 1934. **Fertility in cacao**. I.C.T.A. Trinidad. In: Annual Report on Cacao Research, 3 th. pp. 34.

MASCARENHAS, Gilberto Carlos Cerqueira. **A atual conjuntura socioeconômica e ambiental da região Sul da Bahia e a agricultura sustentável como uma alternativa concreta. O desafio da agricultura sustentável: alternativas viáveis para o Sul da Bahia**, p. 13-32, 2004.

MCDONALD, J. A. et al. **An environmental study of the cacao tree**. An environmental study of the cacao tree., 1933.

MÜLLER, M. W.; VALLE, R. R. **Ecofisiologia do cultivo do cacauero**. Ciência Tecnologia e manejo do cacauero. MAPA: CEPLAC Brasil, p. 31-66, 2012.

NAKAYAMA, Kazuyuki. **Efeitos da ventilação na polinização do cacauero**. Revista Agrotrópica (Brasil), v. 30, n. 3, p. 153-256, 2018.

ROCHA, R. **Evolução e Perspectivas dos usos da terra na Mata Atlântica**. In: C. FRANKE, P. ROCHA, W. KLEIN, & S. GOMES, Mata Atlântica e Biodiversidade. Salvador: Editora da UFBA. 2005.

SETENTA, W. C.; LOBÃO, D. E. **Conservação produtiva: cacau por mais 250 anos**. Itabuna, BA: CEPLAC, 189p. 2012.

SILVA NETO, P. J. da; MATOS, P. G. G. de; MARTINS, A. C. de S.; SILVA, A. de P. (Ed.). **Sistema de produção de cacau para a Amazônia brasileira**. Belém: Ceplac, 2001. 125p

SODRÉ, George Andrade et al. **MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV) PARA ESTUDO DE CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DA FLOR DO CACAUERO**. Agrotrópica, v. 15, p. 177, 2003.

SORIA, S. J. 1974. **Indução da produção em cacauero com uso de atomizador motorizado portátil na Bahia, Brasil**. Revista Theobroma (Brasil) 4(2):3-13.

WHEAT, D. **Branch formation in cocoa (Theobroma cacao L., Sterculiaceae)**. Turrialba, 1979.

WINDER, J. A. **Recent research of insect pollination of cacao**. Cocoa Growers' Bulletin, v. 26, p. 11-19, 1977.

YAMASHITA, L. M. R. **Mecanização agrícola**. Manaus: Instituto Federal Amazonas, 2010. Disponível em: <[http://www.fpr.edu.br/pronatec/wp-content/uploads2013/06/Mecanizacao\\_Agricola.pdf](http://www.fpr.edu.br/pronatec/wp-content/uploads2013/06/Mecanizacao_Agricola.pdf)> Acesso em: 03 outubro 2013.