

VENTILAÇÃO ARTIFICIAL PROMOVE POLINIZAÇÃO FÉRTIL EM FLOR DE CACAUEIRO (*Theobroma cacao* L)

Kazuiyuki Nakayama

CEPLAC/CEPEC - km 22, Rodovia Ilhéus/Itabuna, 45600-970, Ilhéus, Bahia, Brasil. kazuocplac@gmail.com

Esta pesquisa mediu o impacto da anemofilia artificial, aqui designada de polinização ventilada, sobre a frutificação do cacaueiro. O ventilador turbinado motorizado produziu a ventilação, a qual atingiu as flores com velocidade entre 60 a 100 km/h e ela foi aplicada durante 23 dias consecutivos. As variedades autocompatíveis experimentadas foram CP 2002, PS 1319, SJ 02, CP 2004 e CCN 51. A frutificação média das variedades polinizadas pela ventilação foi 4,7 vezes maior que a frutificação gerada pela polinização natural da mosca *Forcipomyia* spp. e outros insetos. Foi constatado que a polinização ventilada induz diferentes intensidades de frutificação nas variedades. Em ordem decrescente, as variedades que mais responderam à polinização ventilada foram CP 2002, PS 1319, SJ 02, CP 2004 e CCN 51, que produziram, respectivamente, 5,6; 4,5; 2,5; 1,7 e 1,2 frutos por dia de ventilação. A polinização ventilada intensificou a polinização e frutificação, num curto espaço de tempo, concentrou a frutificação e potencializou a redução no número e no custo da colheita de cacau.

Palavras-chave: anemofilia, afideo, vento, ventilação, *Theobroma cacao*, *Forcipomyia*.

Artificial ventilation promotes fertilized pollination in cacao flower (*Theobroma cacao* L). This research measured the impact of artificial anemophily, here called ventilated pollination, on the fruit set of cacao. The motorized turbine fan produced the ventilation, which reached the flowers with a speed between 60 to 100 km/h and it was applied during 23 consecutive days. The self-compatible varieties tested were CP 2002, PS 1319, SJ 02, CP 2004 and CCN 51. The average fructification of the varieties pollinated by ventilation was 4.7 times greater than the fructification generated by the natural pollination of the fly *Forcipomyia* spp. and other insects. It was found that ventilated pollination induces different fruiting intensities in the varieties. In descending order, the varieties that most responded to ventilated pollination were CP 2002, PS 1319, SJ 02, CP 2004 and CCN 51, which produced, respectively, 5.6; 4.5; 2.5; 1.7 and 1.2 fruits per day of ventilation. Ventilated pollination intensified pollination and fruiting, in a short period of time, concentrated fruiting and potentiated the reduction in the number and cost of the cocoa harvest.

Key words: anemophilia, aphid, wind, ventilation, *Theobroma cacao*, *Forcipomyia*.

Introdução

A polinização fértil é necessária para formar o fruto do cacau (Pound, 1932a; Pound, 1932b; Pound, 1935a; Pound, 1935b; Posnette, 1938; Posnette, 1940). A frequência de polinização fértil num cacau depende da incompatibilidade gamética dos genótipos que compõe o cacau (Pound, 1932b; Pound, 1935b; Pound, 1935c; Voelcker, 1936; Posnette, 1938; Posnette, 1940; Posnette, 1944; Cope, 1962a, 1962b). Também, a frequência de polinização fértil é modificada, natural e diretamente, pelas populações de insetos polinizadores (Billes, 1941; Posnette, 1944; Hernandez, 1965; Soria, 1970; Kaufmann, 1974; Soria e Wirth, 1974).

Nas várias regiões cacaucultoras do mundo, a intensidade de frutificação dos cacauais varia em função dos recursos agronômicos empregados nos sistemas de produção e das condições climatológicas das estações do ano (Alvim, 1956; Ampofo & Bonaparte, 1981; Vogel, Machado e Alvim, 1982; Young, 1983; Alvim, 1984; Adjaloo, 2012). Em algumas regiões, a interação agente polinizador-ambiente-cacau tem sido responsabilizada pelos baixos índices de frutificações em cacauais em algumas estações do ano (Hernandez, 1965; Soria, 1967; Soria, 1970; Kaufmann, 1974; Soria e Wirth, 1974; Soria e Abreu, 1976; Soria, Wirth e Bicelli, 1981; Soria, Wirth & Sanches, 1981; Young, 1983; Nakayama, 2010; Adjaloo, 2012). Assim, ao longo da história da cacaucultura mundial, muita pesquisa foi realizada para esclarecer o papel dos principais potenciais agentes polinizadores naturais do cacau, principalmente, os insetos, o vento e a água.

O papel do vento na polinização do cacau, a anemofilia, foi estudado desde o início do século XX. O primeiro estudo com o vento demonstrou que o efeito do vento, na polinização do cacau, era muito pequeno (Jones, 1912). Anos depois, muitos pesquisadores ainda persistiam em prognosticar que o vento fosse o principal agente polinizador do cacau (Wellensiek, 1932). Em contraposição, outros pesquisadores ponderavam que a estrutura floral do cacau não favorecia a polinização pelos meios comuns, tais como água, vento, etc., porque qualquer pólen liberado pelas anteras seria retido pela concha da pétala e que os estaminoides, também, protegeriam

e impediriam que o pólen atingisse o estigma (Harland, 1925; Cheesman, 1927). Contra a polinização anemófila no cacau argumentava-se também que a viscosidade do pólen impediria que ventos fracos causassem o seu deslocamento e que o pouco pólen deslocado seria retido pela concha da pétala da flor do cacau (Marshall, 1934).

A polinização entomófila foi demonstrada ser principal forma de polinização do cacau por Billes (1941). Mesmo assim, nos anos 1950, a anemofilia ainda era estudada por alguns pesquisadores. Assim, na Costa Rica, ao remover as pétalas de uma flor de cacau com um puxão, constatou-se que os grãos de pólen eram removidos da antera. Também, comprovou-se que quando flores eram sopradas suavemente, os grãos de pólen eram deslocados da antera e depositados em lâminas úmidas posicionadas em frente às flores. Contudo, estas pesquisas não relataram nenhuma polinização efetiva, mas sugeriam uma potencial ação polinizadora do vento no cacau (Dejean, 1949).

Em Java, experimentos foram conduzidos para investigar a presença de grãos de pólen de cacau no ar e medir o impacto da ação do vento sobre as flores. Para simular o vento natural, o ar foi aspirado através de câmaras contendo cacau auto compatíveis com flores, numa velocidade que fazia as flores vibrarem suavemente. Em meio de cultura, demonstrou-se que era pouca a carga de pólen carregada pelo ar e insuficiente para realizar polinização fértil. Também, confirmou-se que a agitação da flor promovida pelo vento moderado não resultava em polinização (Soetardi, 1950). De qualquer modo, as pesquisas acima citadas foram importantes por que geraram conhecimentos (Van Hall, 1914; Harland, 1925; Marshall, 1934; Pound, 1935a) que promoveram as pesquisas visando o desenvolvimento de tecnologias empregando a ventilação artificial ou sopro como promotor de polinização artificial no cacau.

De fato, se era verdade que agitar uma flor de cacau fazia com que o pólen caísse no interior da concha da pétala (Marshall, 1934; Pound, 1935a) então seria muito improvável que este pólen pudesse ser depositado no estigma da flor, até porque o estigma é protegido por conjunto de pilosos estaminoides. Esta hipótese foi testada por Billes (1941). Ele enclausurou cacau auto compatíveis com flores em câmaras livres de

insetos e submeteu as flores à ventilação e agitação. Um número muito grande de flores foi soprado e agitado, de forma suave e intensa. Somente com ventilação forte e intensa foi observado três eventos de pólen transferido da antera para o estigma, em quantidade suficiente para causar polinização fértil e frutífera. Um teste semelhante foi realizado na Colômbia (Gonzalez, 1954). Neste caso, uma corrente de ar foi aplicada sob pressão sobre uma flor aberta e coberta por um recipiente para favorecer a autopolinização. Neste caso, nenhuma polinização fértil foi observada (Gonzalez, 1954).

Na Costa Rica, foi observado que a simples remoção das pétalas de uma flor de cacau removia os grãos de pólen da antera. Nesta pesquisa, também se constatou que soprando suavemente as flores com as anteras expostas, os grãos de pólen eram deslocados e coletados numa lamina úmida (Dejean, 1949).

Resultados significativos de polinização ventilada foram relatados na Costa Rica. De 100 flores ventiladas e agitadas violentamente ocorreram três (3%) polinizações férteis e frutíferas. Quando as flores foram ventiladas de diferentes direções foram geradas quatro polinizações férteis (4%) em 100 flores ventiladas. Quando as flores foram ventiladas horizontalmente, no mesmo plano da flor, distanciadas de 30 cm, ocorreram quatro (4%) polinizações férteis. No microscópio, foi confirmada que o pólen é muito viscoso, explicando porque a ventilação contra as anteras mostrava-se incapaz de remover o pólen das anteras. Embora esta pesquisa não tivesse tido o cuidado de isolar o efeito da polinização entomófila natural, ela, contudo, confirmou que um forte impacto mecânico sobre a flor poderia causar autopolinização (Smith, 1952), tal como já havia sido constatado por Billes (1941).

O uso de pulverizador turbinado para aplicações de fungicidas e inseticidas é comum no controle das doenças e pragas do cacauero (Smee, 1963; Abreu et al., 1989; Gramacho et al., 1992). Num experimento com fungicida, foi medido que a formação de frutos das plantas testemunha (pulverização somente de água) tinha sido maior que a frutificação das plantas tratadas com fungicida mais água. Foi contabilizado que o incremento de frutificação foi proporcional ao incremento na frequência das aplicações. Os fungicidas foram aplicados com pulverizador turbinado acionado

por motor à combustão, de elevada capacidade volumétrica, na geração de ar comprimido. A ventilação, com velocidade de 66 km/h, agitou fortemente as flores. Este experimento comprovou que a agitação mecânica da flor causada pela ventania da pulverização atuava como um agente de polinização em cacau autocompatível (Knoke & Saunders, 1966).

Confirmado que a vigorosa agitação mecânica da flor promovia a polinização fértil em genótipo auto compatível, então, além da ventilação, outros recursos foram avaliados para chocalhar a flor do cacauero. Por exemplo, Soria e Cerdas (1966) relataram aumento altamente significativo do rendimento (110%) após a agitação das flores da variedade auto compatível UF296 com um pincel feito com fibras de *Sorghum vulgare* L. O número médio de amêndoas dos trinta frutos foi de 14 contra a média de 24 amêndoas dos 11 frutos das plantas controle (sem agitação mecânica). O número de frutos aumentou com o tratamento mecânico com o pincel de sorgo, mas o número de ovários fertilizados por fruto foi menor do que a testemunha polinizada pelas moscas.

No Brasil, um cacau de cacau comum que, em geral, apresenta elevada frequência de plantas autocompatíveis, foi ventilado por seis vezes com pulverizador portátil motorizado durante um período de duas semanas, intercalando um dia, sem ventilação. No período, a florescência foi de 400 flores abertas por planta/dia. A ventilação foi aplicada com o bocal da saída do vento à distância de 1,5 metros das flores e velocidade do vento média estimada em 56 km/h. Mensurou-se que a ventilação incrementou a frutificação em 300%, em relação à polinização entomófila natural (Soria, 1974).

Na Costa Rica, significativo desempenho da ventilação na polinização do cacauero foi reportado com autocompatível UF667. Os tratamentos avaliados foram: ventilação de alta velocidade (66 km/h) ou de baixa velocidade (menor que 10 km/hora), ambas, com e sem água. Foi empregado turbo pulverizador de alto desempenho que gerava ventilação que impactava a flor com velocidade acima de 66 km/h se aplicado a 1,6 m de distância. Em relação a polinização entomófila (natural), os incrementos de frutificação para ventilação alta, com água, foram de 572% e sem água foi de 421%. O incremento foi nulo com a ventilação de baixa

velocidade, com ou sem água (Soria, 1970; Knoke, Soria & Chapman, 1980).

A polinização ventilada consiste na aplicação, por uma fração de segundo, sobre a flor recém-aberta do cacauero, de vento de alta velocidade, 66 a 110 km/h, capaz de agitar violentamente a flor, provocando a colisão entre antera e estigma, promovendo a transferência do pólen da antera para o estigma e proporcionando a polinização fértil da flor (Nakayama, 2018). Na região cacauera baiana, visando validar a polinização ventilada para cacauais monovariais, autocompatíveis e motomecanizados, foi conduzido um experimento com a variedade CCN 51 em Eunápolis, Bahia. A ventilação foi gerada por um conjunto pulverizador turbinado, Jacto PJ 2000, tracionado por um trator Valmet cafeeiro. O conjunto trator-pulverizador, no regime de 2.200 rpm, gerava uma ventilação que atingia as flores posicionadas à distância de entre 0,5 a 3,5 m, com velocidade variando entre 60 até 100 km/hora. Em trânsito entre as filas de cacaueros, em função da altura das plantas e espaçamento, o pulverizador mantinha a distância, entre o bocal de saída da ventilação e os ramos da copa do cacauero, variando entre 0,5 até 3,5 metros. No experimento, foi confirmado que, em relação à polinização natural entomófila, a ventilação vespertina incrementou a frutificação em 4527%. O experimento também comprovou que a ventilação vespertina é mais eficiente que a ventilação matutina e que a aplicação de dupla ventilação diária (matutina e vespertina) é inadequada porque reduz a eficiência polinizadora da ventilação. Também, demonstrou-se que a efetividade polinizadora da ventilação artificial depende da velocidade do vento que atingi a flor e da densidade de flores abertas carregada pela planta no momento da ventilação (Nakayama, 2018).

Na região cacauera da Bahia, os cacauais eram formados, até meados da década de 1990 por populações de cacaueros híbridos originários de sementes resultantes de cruzamentos intervarietais de polinização aberta. Em função da incompatibilidade gamética (auto e inter) das variedades envolvidas nos cruzamentos, a frequência de plantas autocompatíveis nas populações desses cacauais seminais, poderia diminuir intensivamente, fazendo que a frequência de polinização fértil e a frutificação desses cacauais ficassem muito mais

dependentes da polinização cruzada realizada, exclusivamente, pelas moscas *Forcipomyia* sp.

Entre 1997 e 2002, na Bahia, havia poucas variedades auto compatíveis tolerantes à Vassoura de Bruxa. Por isso, nesse período foi recomendado formar cacauais, quase exclusivamente, com genótipos intercompatíveis e autoincompatíveis tolerantes à enfermidade VB, (Lopes et al., 2003). Por serem, quase exclusivamente, compostos por genótipos autoincompatíveis, as frutificações destes cacauais passaram a depender, quase totalmente, da polinização cruzada, realizada exclusivamente pelas populações das moscas *Forcipomyia* sp. (Hernandez, 1965; Soria, 1967; Soria, 1970; Kaufmann, 1974; Soria e Wirth, 1974). A partir de 2003, foram descobertas, selecionadas e recomendadas novas variedades de cacauero auto compatíveis. As principais foram CP 2002, CCN 51, CCN 10, PH 16, PS 1319 e SJ 02 (Lopes et al., 2003). Assim, desde os anos 2010, estas variedades auto compatíveis têm sido empregadas em larga escala em plantios monovariais. As variedades autocompatíveis viabilizam o emprego da polinização ventilada.

Nas últimas décadas, a indústria brasileira da base agropecuária evoluiu, desenvolveu e tem lançado inovações em máquinas, equipamentos, veículos, acessórios e insumos múltiplos funcionais e mais econômicos e eficazes. É o caso do soprador costal motorizado, recentemente lançado pela indústria nacional para execução de tarefas diversas em várias culturas (Stihl, 2019). Neste contexto, esta pesquisa foi executada para mensurar a resposta da frutificação do cacauero à polinização ventilada propulsionada por novos equipamentos.

Material e Métodos

O experimento foi instalado na Fazenda Álamo, Eunápolis, Bahia, em dezembro de 2013. O cacauai tinha 12 anos de idade e estava plantado em bloco de dupla fila monovarietal, com espaçamentos entre dupla fila, entre as filas da dupla fila e entre plantas nas filas de, respectivamente, 4,3 x 2,5 x 2,3 m. O cacauai era irrigado por micro aspersão e sombreado por coqueiro anão (*Cocos nucifera* L.) plantado no espaçamento de nove x seis metros.

Na polinização ventilada foi usado um soprador modelo Stihl 600BR, peso bruto de 10 kg, com motor a

combustão de 3 hp, capacidade de geração de ar comprimido de 1720 m³/h, velocidade do vento máxima, medida na saída do bocal do ventilador, de 90 m/s (324 km/h) (Stihl, 2019).

O modelo estatístico proposto para mensurar o impacto das variáveis explicativas, segue abaixo.

Variável resposta {Bilros} = [(Agentes polinizadores (ventilação e polinização natural-*Forcipomyia* e outros insetos)) * (variedades (5)) * (plantas/variedade) * (dias de ventilação, covariável)].

O experimento foi delineado com as parcelas de 10 plantas sorteadas ao acaso nos blocos de dupla filas das respectivas variedades. Em janeiro/2014, dois meses antes do início da ventilação (17/03/2014), foram removidos todos os frutos das 40 plantas por variedades, 10 plantas por parcela. Na véspera do início da ventilação foi realizada leitura do florescimento e selecionaram-se somente as plantas com florescimento varietal pleno, isto é, com mais de 350 flores abertas por dia para receberem a polinização ventilada. Assim, o número de plantas ventiladas variou por clone, entre 17 até 28 plantas. No dia do início da ventilação fez-se nova remoção de todos os bilros, frutos e flores abertas, conforme Nakayama (2018).

A polinização ventilada foi aplicada durante 23 dias consecutivos, no período entre as 13:00 até 16:00 horas (Nakayama, 2018). A distância entre o bocal de saída do vento e as flores nos ramos, em função da altura das plantas, variou de 0,5 até 3,0 m. Em função da altura das árvores, a ventilação atingiu as flores com velocidade variável entre 60 a 120 km/h. A maior velocidade para flores mais próximas do solo e menor velocidade para flores posicionadas no alto da copa. O tempo de ventilação variou entre 16 a 23 segundos/planta/dia, com rendimento operacional variando entre 1000 a 1400 plantas por dia/ventilador/homem. Em média, o soprador consumiu entre sete a nove litros de gasolina por dia de ventilação.

Em geral, os bilros são mais perceptíveis a partir do 12º dia depois da polinização ventilada, quando atingem, aproximadamente, entre 1,0 a 1,5 cm, dependendo da variedade. Nas avaliações, os bilros menores que 1,0 cm (os bilros pétalas e sépalas) não eram computados (Nakayama, 2018). As avaliações foram realizadas nos dias 31/03/14, 02/04/14, 24/04/2014 e 05/05/2014 correspondendo aos 13º, 25º, 49º e 60º dias após o início da aplicação da polinização

ventilada. Na avaliação do 49º dia foram contabilizados os bilros formados pela ventilação até o 23º dia, isto é, aqueles maiores que 1,5 cm de comprimento. Foram contados os frutos e bilros vingados e murchos, sendo os murchos removidos após serem contabilizados. Na avaliação do 60º dia foi estimado o bilro murcho final. No dia 29/agosto/2014 foi realizada observação relativa ao grau de desenvolvimento e maturação dos frutos formados pela polinização ventilada.

A análise estatística foi processada no Programa R, (Venables et al., 2000). A análise foi composta criticando as distribuições dos erros dos dados, conforme os procedimentos preconizados para os Modelos Lineares Generalizados (GLM) (Crawley, 2002). Para verificar o impacto das variáveis explicativas sobre a variável resposta polinização-frutificação, fez-se uma análise de covariância, ANCOVA (Crawley, 2002), considerando bilro (y) como variável dependente e como variável independente o agente polinizador (ventilação e polinização natural - mosca *Forcipomyia* sp. E outros insetos), as variedades clonais de cacau (CCN 51, SJ 02, PS 1319, CP 2004, CP 2002) e o número de plantas. A quantidade de dias de ventilação foi adotada como covariável.

Para mensurar o efeito final dos agentes polinizadores sobre a polinização-frutificação empregou os resultados da terceira avaliação (49º dia) em uma ANOVA. A quantidade bilro/planta foi a variável resposta e as variáveis explicativas foram variedade e polinizador (ventilação e polinizadores naturais). As médias de bilro das variedades foram comparadas através do teste Tukey a 5%.

Para quantificar o efeito dos agentes polinizadores sobre o bilro murcho, empregou-se o total de bilro murcho/planta observado em 49 dias, calculado mediante o somatório de bilro murcho das três avaliações. Na ANOVA, tomou-se o total de bilro murcho/planta como variável resposta e as variáveis explicativas foram o agente polinizador (ventilação e polinizadores naturais) e as variedades. A média de bilro murcho das variedades foi comparada através do teste Tukey a 5%.

Resultados e Discussão

A análise de covariância do modelo geral proposto confirmou que a polinização-frutificação é modificada

pelas variáveis: agente polinizador (ventilação e polinizadores naturais), variedade e dias de ventilação. De fato, todos os valores do teste F destas variáveis foram significativos, a exceção do número de plantas, que, isoladamente, não foi significativo, mas, foi significativo na interação com variedade (Tabela 1).

Entre os agentes polinizadores, a ventilação foi fator que mais incrementou a polinização-frutificação, como mostra a média de frutificação da mistura varietal PS 1319, CP 2002, SJ 02, CCN 51 e CP 2004 (Figura 1).

No 13º dia de ventilação, em relação à polinização natural, a polinização ventilada tinha incrementado

574% a frutificação da mistura clonal e, no 49º dia, o incremento foi de 277%. Esta redução no incremento ocorreu porque a polinização ventilada foi suspensa a partir do 23º dia, enquanto que a polinização natural permaneceu ativa (Figura 1). No período de zero até o 13º dia, na média das variedades clonais, a polinização ventilada gerou três (3,0) bilros viáveis por dia de ventilação. Os incrementos de frutificação gerados pela polinização ventilada observados neste experimento se equiparam aos reportados por Knoke & Saunders (1966) (260%), Soria (1970) (300%), Soria (1974) (421%) e (Knoke, Soria & Chapman, 1980) (572%).

Em relação às variedades, em todo o período avaliado, constatou-se que as plantas de todas as variedades polinizadas pela ventilação geraram frutificações maiores do que as plantas polinizadas, naturalmente, pelos insetos (Figura 2). Foi observado que, sob a ação da polinização ventilada, no 13º dia de ventilação, as variedades que mais frutificaram, em ordem decrescente, foram CP 2002, PS 1319, SJ 02, CP 2004 e CCN 51. Até o 13º dia foi estimado que os índices de frutificações das variedades CP 2002, PS 1319; SJ 02, CP 2004 e CCN 51 polinizadas pela ventilação eram, respectivamente, da ordem de 5,6; 4,5; 2,5; 1,7 e 1,2 frutos/dia de ventilação. Estes coeficientes sugerem que a

Tabela 1. Análise de covariância da hipótese geral

Fontes de Variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	Pr. (>F)
Agente Polinizador (ventilação e insetos)	1	218570	218570	433,4	< 2,2e ⁻¹⁶ ***
Número de plantas	1	485	485	0,961	0,3272 ^{ns}
Variedades (CP 2002, PS 1319, SJ 02, CP 2004, CCN 51)	4	115961	28990	57,49	< 2,2e ⁻¹⁶ ***
Nº dias de ventilação (23 dias)	1	27940	27940	55,41	3,13e ⁻¹³ ***
Agente polinizador: variedades	1:4	46744	11686	23,17	< 2,2e ⁻¹⁶ ***
Planta: variedade	4	14824	3706	7,349	< 2,2e ⁻¹⁶ ***
Resíduo	647	326233			
Total	662	750757			

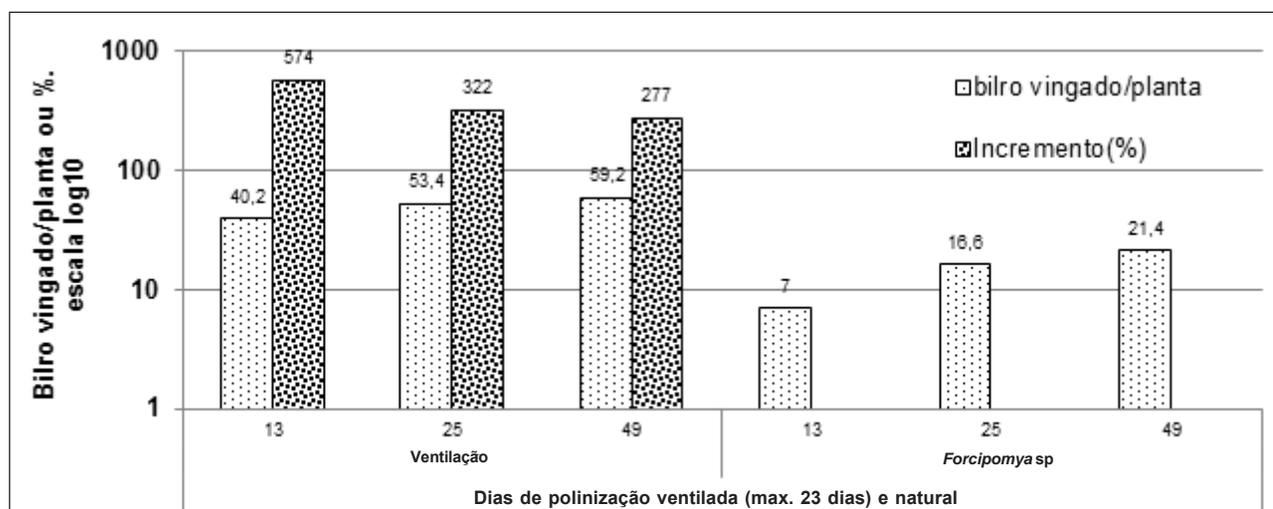


Figura 1. Impacto da polinização ventilada e dos agentes naturais (*Forcipomyia* sp) de polinização sobre a frutificação da mistura varietal PS 1319, CP 2002, SJ 02, CCN 51 e CP 2004.

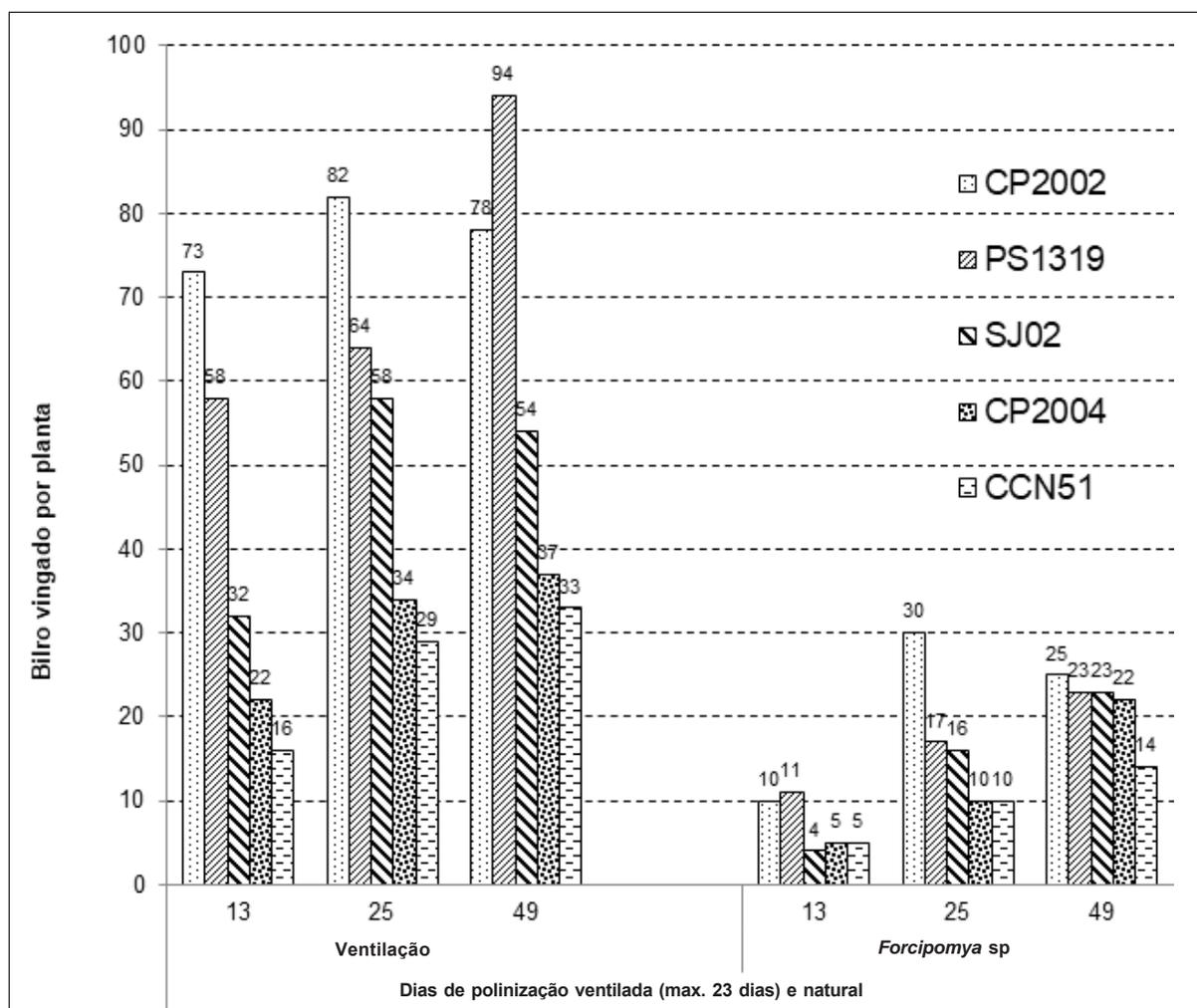


Figura 2. Frutificação em variedades de cacauero em resposta a polinização ventilada e polinizador natural.

polinização ventilada deve ser recomendada, preferencialmente, para as variedades CP 2002, PS 1319 e SJ 02. Também, estes coeficientes podem ser empregados para estimar o número de dias de ventilação necessários para alcançar uma meta de frutificação por variedade.

Na avaliação do 49º dia, a estatística confirmou que a variedade PS 1319 é a que mais responde à polinização ventilada. Sucessivamente, em ordem decrescente de frutificação foram as variedades CP 2002, SJ 02, CP 2004 e CCN 51 (Tabela 2). Conclui-se que a eficiência polinizadora da ventilação depende da variedade clonal.

Em relação à polinização natural dos insetos nenhuma diferença estatisticamente significativa foi constatada entre os clones (Tabela 2). Contudo, uma

diferença biológica de nove frutos/planta pode ser observada entre as médias da variedade que mais frutificou (CP 2002) e a que menos frutificou (CCN 51), ao final dos 23 dias do período avaliado (Tabela 2).

A Tabela 2, em média, mostra que o total de bilro vingado produzido pelas plantas polinizadas pela ventilação (59,5) foi 2,8 vezes maior do que o bilro vingado observado nas plantas polinizadas naturalmente pela *Forcipomyia* spp. e outros insetos (21,4) (Tabela 2). Ainda, constata-se que a polinização ventilada promoveu nas variedades a formação de bilros vingados, estatisticamente diferentes e maiores do que os bilros vingados gerados por todas as variedades polinizadas por insetos (Tabela 2). Em relação à polinização entomófila e natural, em ordem crescente, a ventilação incrementou o bilro vingado

Tabela 2. Frutos vingados/planta por variedade clonal e polinizador natural ao 49º dia

Variedade	Ventilação	Polinizador natural	Incremento de bilro vingado (%)
PS 1319	94,0Aa	22,7Ab	310
CP 2002	77,6Aba	24,6Ab	215
SJ 02	53,7BCa	23,4Ab	129
CP 2004	36,8Ca	21,8Ab	69
CCN 51	33,3Ca	14,1Ab	136
Geral	59,5	21,4	172

Médias na vertical (letras maiúsculas) ou na horizontal (letra minúsculas) seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). CV (%) = 37,8

das variedades, na seguinte ordem crescente, em %: CP 2004 (69), SJ 02 (129), CCN 51 (136), CP 2002 (215) e PS 1319 (310). Estes resultados asseguram que o tipo de agente polinizador modifica a produção de bilro vingado e, simultaneamente, é modificado pela variedade do cacauero. Portanto, podemos concluir que, nas variedades clonais utilizadas, o incremento de bilro vingado induzido pela ventilação é maior do que aquele induzido pela polinização natural da *Forcipomyia* spp. ou outros insetos, e que há variedades que respondem mais que outras à polinização ventilada.

Os impactos dos agentes polinizadores na produção de bilro murcho das variedades estão tabulados por coluna na Tabela 3. Com a ventilação houve diferença estatística entre a variedade CP 2002, que produziu o maior número de bilro murcho (549) e a SJ 02, que gerou o menor número de bilro murcho (181). Entre as demais variedades não houve diferença estatística (Tabela 3). Com a polinização natural (*Forcipomyia* sp. e outros insetos) não foi observada diferença estatística entre CP 2002 e PS 1319, mas elas diferenciaram do grupo SJ 02, CP 2004 e CCN 51, e, entre si, estas últimas variedades não se diferenciaram estatisticamente (Tabela 3). Portanto, para um mesmo agente polinizador, a geração de bilro murcho é modificada pela variedade de cacauero.

Comparando, na linha, o impacto dos agentes polinizadores sobre a produção total de bilro murcho, constata-se que a ventilação duplicou (1661) o bilro murcho em comparação à polinização natural (*Forcipomyia* sp. e outros insetos) (827) (Tabela 3). Também, constata-se que não houve diferença

estatística, (letras minúsculas na linha), entre as quantidades induzidas de bilros murchos pela ventilação e polinização natural sobre as variedades PS 1319 e CP 2002, mas, estatisticamente, a ventilação gerou nas variedades SJ 02, CP 2004 e CCN 51 uma maior quantidade de bilro murcho do que a quantidade produzida por polinização natural (*Forcipomyia* spp. e outros insetos). Em relação à polinização natural (*Forcipomyia* e outros insetos), em ordem crescente, a ventilação incrementou o bilro murcho das variedades na seguinte ordem, em %: PS 1319 (27), CP 2002 (70), SJ 02 (86), CP 2004 (381) e CCN 51 (512) (Tabela 3). Estes resultados asseguram que o tipo de agente polinizador e a variedade impactam a produção de bilro murcho.

A relação entre bilros vingados e murchos pode ser observada na Figura 3. Observa-se que, sob polinização ventilada, as variedades PS 1319, CP 2002 e SJ 02 geraram, respectivamente, os maiores índices de bilro vingado, 94%, 78% e 54%, assim como os menores incrementos de bilro murcho (11%, 22% e 13%), mas, sob polinização natural da mosca *Forcipomyia* spp. e outros insetos, esses clones geraram os maiores índices de bilro murcho, 37%, 45% e 15%, (Figura 3).

Inversamente, as variedades CP 2004 e CCN 51, submetidas à polinização ventilada, respectivamente, geraram os menores incrementos de bilro vingado, 37% e 33% e os maiores índices de bilro murcho, 25% e 30%; no entanto, sob a ação da polinização natural dos insetos, elas produziram os menores índices de bilro vingado (22% e 14%) e os menores índices de bilro murcho, 13% e 16% respectivamente.

Tabela 3. Total acumulado de bilro murcho por variedade e porcentagem de variação em relação à polinização do polinizador natural

Variedade	Ventilação	Polinizador natural	Incremento de bilro murcho (%)
PS 1319	283.0Aba	223.0Aa	27
CP 2002	549.0Aa	386.0Aa	70
SJ 02	181.0Ba	97.0Bb	86
CP 2004	342.0Aba	71.0Bb	381
CCN 51	306.0ABa	50.0Bb	512
Total Geral	1661.0	827.0	

Médias na vertical (letras maiúsculas) ou na horizontal (letra minúsculas) seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). CV (%) = 55,0

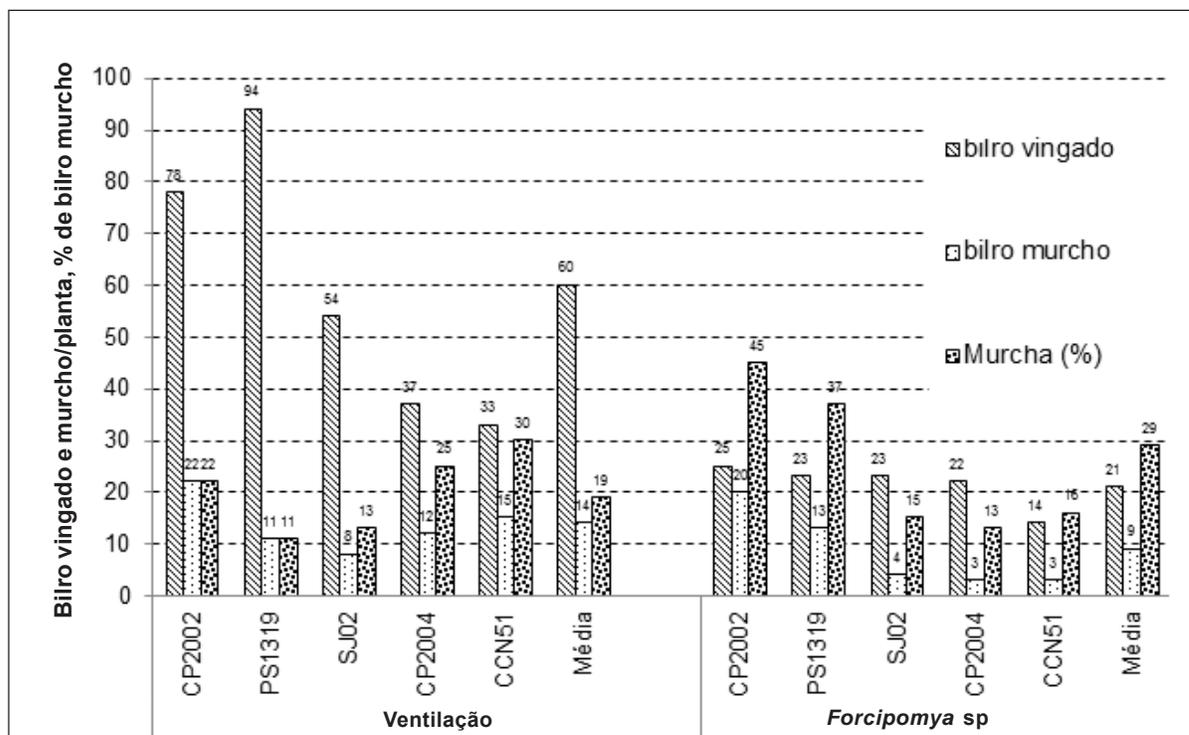


Figura 3. Murcha de bilro (%) em resposta à polinização ventilada e polinização natural (*Forcipomyia* sp. e outros), em variedades de cacauero.

O período de ventilação foi de 23 dias e, as variedades CP 2002, PS 1319, SJ 02, CP 2004 e CCN 51 acumularam nesse período, respectivamente, 78, 94, 54, 37 e 33 bilros vingados (Figura 2). A maioria destes frutos, no final de agosto/2014, estava desenvolvida e exibindo elevada uniformidade de

tamanho e maturidade (Figura 4). Isto é, a polinização ventilada permitiu incrementar e concentrar a frutificação e uniformizar o desenvolvimento e a maturação da carga frutífera. Em consequência, a polinização ventilada potencializa a redução no número de colheitas e diminuição do custo de produção.



Figura 4. Uniformidade de desenvolvimento dos frutos em cacauero submetido à polinização ventilada reduz as despesas com colheita.

Conclusões

A frutificação das variedades autocompatíveis responde ao incremento na frequência de polinização ventilada. Sob regime pleno de florescência, as variedades que mais respondem ao incremento de polinização ventiladas são PS 1319, CP 2002 e SJ 02.

A polinização ventilada concentra a frutificação, uniformiza o desenvolvimento e maturação da carga frutífera e potencializa a redução no número e no custo da colheita.

A polinização natural realizada pelos insetos polinizadores (*Forcipomyia* sp. ou pulgões), produz algumas diferenças biológicas na intensidade de polinização-frutificação das variedades autocompatíveis.

A polinização ventilada pode ser recomendada preferencialmente para as variedades PS 13.19, CP 2002 e SJ 02.

Agradecimentos

Agradecemos ao Srs. Fernando De Martins, proprietários da Fazenda Álamo, Eunápolis, Bahia, pela concessão do cacau para desenvolvimento da pesquisa.

Literatura Citada

- ABREU, J. M. et al. 1989. Manejo de Pragas do Cacaueiro. Ilhéus, Bahia, CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico. 32p.
- ADJALOO, M. K. 2012. Pollination ecology of upper amazon cocoa and breeding substrates of cocoa pollinators in the Ejisuabeng district of the Ashanti region, Ghana. Thesis Doctor. Kumasi, Ashanti, Ghana. Kwame Nkrumah University of Science and Technology. 201p.
- ALVIM, P. T. 1984. Flowering of cocoa. Cocoa Growers' Bulletin 25:23-31.
- ALVIM, P. T. 1956. Correlação entre chuva, temperatura e produção do cacaueiro. In: Reunião do Comitê Técnico Interamericano de Cacau, 6^a. Instituto de cacau da Bahia, Salvador, Bahia. pp.133-136.
- AMPOFO, S. T.; BONAPARTE, E. E. N. A. 1981. Flushing, flowering and pod setting of hybrid cocoa

in a cocoa shade/spacing/cultivar experiment. International Cocoa Research Conference, 7th, Cameroon. Proceedings. pp.103-108.

- BILLES, D. J. 1941. Insects and the pollination of *Theobroma cacao*, L. Thesis for Diploma Tropical Agriculture (D.T.A.). St. Augustine, Trinidad e Tobago. The University of The West Indies. 60p. <http://uwispace.sta.uwi.edu/dspace/handle/2139/41116?show=full>
- CHEESMAN, L. E. E. 1927. Fertilization and embryogeny in *Theobroma cacao*. Annals of Botany 41(1):107-126.
- COPE, F. W. 1962a. The mechanism of pollen incompatibility in *Theobroma cacao* L. Heredity 17:157-182.
- COPE, F. W. 1962b. The effects of incompatibility and compatibility on genotype proportions in populations of *Theobroma cacao* L. Heredity 17:183-195.
- CRAWLEY, M. J. 2002. Statistical Computing: an introduction to data analysis using S-Plus. John Wiley & Sons, Ltd. Baffins Lane, Chischester, West Sussex, PO19 1UD, England. 761p.
- DEJEAN, M. 1949. Some observations of the flowering habits of cacao. M. A. Thesis, Turrialba. Costa Rica. Inter-American Institute of Agricultural Sciences. 43p.
- GONZALEZ, H. C. 1954. Contribución a la polinización artificial en el cacao. Cacao em Colombia 3:167-182.
- GRAMACHO, I. C. P. et al. 1992. Cultivo e beneficiamento do cacau na Bahia. Ilhéus, Bahia, CEPLAC/CEPEC. 124p.
- HARLAND, S. C. 1925. Studies in cacao. I. The method of pollination. Annals Applied Biology 12:403-409.
- HERNANDEZ, J. 1965. Insect pollination of cacao (*Theobroma cacao* L.) in Costa Rica. Thesis Doctor. Wisconsin, Madison. University of Wisconsin. 167p.
- JONES, G. A. 1912. The structure and pollination of the cacao flower. West Indian Bulletin 2:347-350.
- KAUFMANN, T. 1974. Behavioral Biology of a

- Cocoa Pollinator, *Forcipomyia inornatipennis* (Diptera: Ceratopogonidae) in Ghana. *Journal of the Kansas Entomological Society* 47(4):541-548.
- KNOKE, J. K.; SAUNDERS, J. L. 1966. Induced fruit set of *Theobroma cacao* L. by Mistblower applications of insecticides. *Journal Economic Entomology* 59(6):1427-1430.
- KNOKE, J. K.; SORIA, S. de S.; CHAPMAN, R. K. 1980. Cocoa pollination with spray equipment in Costa Rica. *Revista Theobroma* 10(4):213-224.
- LOPES, U. V. et al. 2003. On farm selection for witches' broom resistance in Bahia, Brazil - a historical retrospective. In: *International Cocoa Research Conference, 14th. Proceedings. COPAL, Accra.* pp.1001-1006.
- MARSHALL, J. 1934. Fertility in cacao. I.C.T.A. Trinidad. In: *Annual Report on Cacao Research, 3th.* pp.34.
- NAKAYAMA, K. 2018. Efeitos da ventilação na polinização do cacauero. *Revista Agrotrópica (Brasil)* 30(3):153-256.
- NAKAYAMA, K. 2010. A frutificação de *Theobroma cacao* L. depende dos sítios criatórios das moscas polinizadoras *Forcipomyia blantoni* Soria & Bystrak e *Forcipomyia spatulifera* Saunders, (Ceratopogonidae, Díptera). *Revista Agrotrópica (Brasil)* 22(3):145-156.
- POSNETTE, A. F. 1938. Incompatibility and pollination in cacao. *Imperial College of Tropical Agriculture. Trinidad.* In: *Annual Report on Cacao Research, 7th.* pp.19-20.
- POSNETTE, A. F. 1940. Self-Incompatibility in cacao (*Theobroma* spp.). *Tropical Agriculture* 17:67-71.
- POSNETTE, A. F. 1944. Pollination of cacao in Trinidad. *Tropical Agriculture* 21(6):115-118.
- POUND, F. J. 1932a. The genetic constitution of cacao crop. I.C.T.A. Trinidad. In: *Annual Report on Cacao Research, 1th.* pp.10-24.
- POUND, F. J. 1932b. Studies of fruitfulness in cacao. II. Evidence for partial sterility. I.C.T.A. Trinidad. In: *Annual Report on Cacao Research, 1th.* 1931. pp.26-28.
- POUND, F. J. 1935a. A note on a method of controlled pollination of cacao. I.C.T.A. Trinidad. In: *Annual Report on Cacao Research, 4th.* pp.15-16.
- POUND, F. J. 1935b. Studies of fruitfulness in cacao. V. Conditional self-compatibility and its implications. I.C.T.A. Trinidad. In: *Annual Report on Cacao Research, 4th.* pp.17-19.
- POUND, F. J. 1935c. Studies of fruitfulness in cacao. V. Ovule loss at fertilization. I.C.T.A. Trinidad. In: *Annual Report on Cacao Research, 4th.* 1934. pp.26-32.
- SMEE, L. 1963. The use of mists in the application of insecticides to cacao. *The Papua and New Guinea Agricultural Journal* 16(1):57-63.
- SMITH, A. G. 1952. Pollination of cacao in Costa Rica. M. A. Thesis, Inter-American institute of Agricultural Sciences. Turrialba, Costa Rica. 43p.
- SOETARDI, R. G. 1950. De betekenis van insecten bij de bestuiving van *Theobroma cacao* L. *ArchiefVoor de Koffiecultuur.* 17:1-31.
- SORIA, S. J. 1967. Bionomics and behavior of *Forcipomyia* midges (Ceratopogonidae) relative to the pollination of *Theobroma cacao* L. in Costa Rica. M. A. Thesis (Entomology). Wisconsin, Madison, University of Wisconsin. 45p.
- SORIA, S. J. 1970. Studies on *Forcipomyia* spp. midges (Diptera: Ceratopogonidae) related to the pollination of *Theobroma cacao* L. Thesis Doctor. Wisconsin, Madison, University of Wisconsin. 129p.
- SORIA, S. J. 1974. Indução da produção em cacauero com uso de atomizador motorizado portátil na Bahia, Brasil. *Revista Theobroma* 4(2):3-13
- SORIA, S. J.; CERDAS, M. 1966. Polinizaciones por movimiento de flores con escobilla de sorgo. In: *Informe Anual. Turrialba, Costa Rica. IICA. 1965.* Turrialba. pp.8-9.
- SORIA, S. J.; ABREU, J. M. 1976. Dinâmica populacional de *Forcipomyia* spp. (Díptera: Ceratopogonidae) na Bahia. *Revista Theobroma* 6(1):47-54.
- SORIA, S. J.; WIRTH, W. W. 1974. Identidade e caracterização taxonômica preliminar das mosquinhas *Forcipomyia* (Díptera:

- Ceratopogonidae) associadas à polinização do cacauero na Bahia. *Revista Theobroma* 4(1):3-12.
- SORIA, S. J.; WIRTH, W. W.; BICELLI, R. 1981. Ocorrência de Mosquinhos Ceratopogonidea (Díptera: Nematocera) em cacauais do Pará e Rondônia, Brasil. In: Conferência Internacional de Pesquisa em Cacau, 8. Cartagena, Colômbia. Actes. Lagos, Nigeria, Cocoa producer's Alliance. pp.329-330.
- SORIA, S. J.; WIRTH, W. W.; SANCHES, P. A. 1981. Ceratopogonid midges (Diptera, Nematocera) collected from cacao flowers in Caucagua, Miranda, Venezuela. *Revista Theobroma* 11(4):249-250.
- STIHL. 2019. Produtos STIHL. In: <https://www.stihl.com.br/Produtos-STIHL/Sopradores-e-aspirador/Sopradores-para-uso-agropecuario/2799-1533/Soprador-BR-600.aspx>.
- VAN HALL, C. J. J. 1914. Cacao. Macmillan and Co. 514p.
- VENABLES, W. et al. 2000. Introduction to R. R Development Core Team. <http://www.r-project.org>. Acesso em: 28/03/2011.
- VOELCKER, O. J. 1936. A note on the behavior of cacao flowers after pollination and the incidence of cherville wilt. In: Annual Report on Cacao Research, 7th. ICTA. Trinidad. pp.5-8.
- VOGEL, M.; MACHADO, R. C. R.; ALVIM, P. R. 1982. Remoção dos órgãos jovens como método de avaliação das interações fisiológicas no crescimento, floração e frutificação do cacauero. In: Conferência Internacional de Pesquisa em Cacau, 8. Cartagena, Colômbia. Actes. Lagos, Nigeria, Cocoa producer's Alliance. pp.215-222.
- WELLENSIEK, S. J. 1932. Bloem biologische waarnemingen aan cacao. *Archief Voor de koffiecultuur* 6:87-101.
- YOUNG, A. M. 1983. Seasonal differences in abundance and distribution of cocoa pollinating midges in relation to flowering and fruit set of between shaded and sunny habitat of the La Lola cocoa farms in Costa Rica. *Journal of Applied Ecology* 20:801-831.

