

DIOGENES DO NASCIMENTO PESSÔA

**DENSIDADE POPULACIONAL DOS POLINIZADORES DO GÊNERO *Elaeidobius*
(COLEOPTERA, CURCULIONIDAE) EM DIFERENTES ARRANJOS DE
PLANTIOS (INTERLIGADOS E ISOLADOS) DA PALMA DE ÓLEO (*Elaeis
guineensis* Jacq.)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Mestrado Profissional em Defesa Sanitária Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientadora: Madelaine Venzon

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2024**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

P475d
2024

Pessoa, Diogenes do Nascimento, 1978-
Densidade populacional do gênero *Elaeidobius* (Coleoptera, Curculionidae) em diferentes arranjos de plantios (interligados e isolados) da palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.): . / Diogenes do Nascimento Pessoa. – Viçosa, MG, 2024.
1 dissertação eletrônica (41 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Madelaine Venzon.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Entomologia, 2024.

Referências bibliográficas: f. 36-41.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2024.606>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. *Elaeidobius*. 2. Polinização por insetos. 3. Palmeira oleaginosa. I. Venzon, Madelaine, 1967-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Entomologia. Programa de Pós-Graduação em Defesa Sanitária Vegetal. III. Título.

CDD 22. ed. 595.768

DIOGENES DO NASCIMENTO PESSÔA

**DENSIDADE POPULACIONAL DOS POLINIZADORES DO GÊNERO *Elaeidobius*
(COLEOPTERA, CURCULIONIDAE) EM DIFERENTES ARRANJOS DE
PLANTIOS (INTERLIGADOS E ISOLADOS) DA PALMA DE ÓLEO (*Elaeis
guineensis* Jacq.)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Mestrado Profissional em Defesa Sanitária Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 02 de julho de 2024.

Assentimento:



Documento assinado digitalmente
DIOGENES DO NASCIMENTO PESSOA
Data: 23/09/2024 21:15:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Diogenes do Nascimento Pessôa
Autor



Documento assinado digitalmente
MADELAINÉ VENZON
Data: 24/09/2024 15:03:37-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Madelaine Venzon
Orientadora

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por sempre me mostrar o caminho certo, por me dá ânimo, força e perseverança.

Agradeço profundamente aos meus pais, Wilson José Pessôa e Maria José Pessôa, e ao meu irmão, Vandilson José Pessôa, por todo o apoio e incentivo durante minha jornada acadêmica. Agradeço em especial à minha mãe, cujo apoio incondicional foi fundamental para que eu pudesse alcançar meus objetivos.

Agradeço à minha esposa, Vanusa Maria Gomes Pessôa pelo companheirismo e por sempre está cuidando dos nossos filhos, com carinho e dedicação.

Agradeço a Deus pelos meus filhos que sempre se alegram com o meu retorno do trabalho, sendo estes a minha motivação para sempre seguir em frente.

Sou grato às empresas Agropalma, Belém Bioenergia Brasil (BBB) e Brasil BioFuels (BBF), onde tive a oportunidade de adquirir e compartilhar conhecimentos valiosos na área da produção agrícola da palma de óleo. Nessas empresas, construí relações de confiança e colaboração, trabalhando em prol da excelência operacional, da sustentabilidade ambiental e da saúde e segurança dos colaboradores, sendo cada uma dessas empresas, com suas particularidades e filosofias. Nesses anos de trabalho, vivenciei a importância de aliar a produção eficiente à sustentabilidade ambiental e social. As práticas adotadas por essas empresas, como a gestão ambiental responsável, a valorização dos colaboradores e o compromisso com as comunidades locais, são exemplos a serem seguidos. Agradeço a todos os colegas e gestores que fizeram parte dessa jornada, os quais contribuíram para minha formação profissional e para o desenvolvimento da minha carreira.

Gratidão aos professores do Mestrado Profissional em DSV da UFV cuja dedicação e atenção foram essenciais para obtenção dos conhecimentos adquiridos.

A professora Dra. Madelaine Venzon, sou grato pela orientação deste trabalho.

Agradeço a Universidade Federal de Viçosa (UFV), pela oportunidade de concretizar o meu sonho de Mestrado nesta renomada Instituição e estendo os agradecimentos aos docentes que nos incentivaram a percorrer o caminho do conhecimento em prol de um bem maior à agricultura brasileira.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

PESSÔA, Diogenes do Nascimento, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2024. **Densidade populacional dos polinizadores do gênero *Elaeidobius* (coleoptera, curculionidae) em diferentes arranjos de plantio (interligados e isolados) da palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.).** Orientadora: Madelaine Venzon.

Neste trabalho avaliou-se a densidade populacional dos besouros polinizadores do gênero *Elaeidobius* em meio a sua relação com os índices pluviométricos em diferentes arranjos de plantios da palma de óleo (cultivos interligados e isolados). O trabalho foi conduzido em plantio comercial nos municípios de Tailândia e Moju, nordeste paraense, com dados obtidos de 2018 a 2022. Os resultados mostraram que a população dos principais besouros polinizadores da palma de óleo é influenciada pelos índices pluviométricos ao longo do ano induzindo-os a baixos níveis nos períodos mais chuvosos. Podemos concluir que a população dos besouros do gênero *Elaeidobius* é influenciada pela elevação dos índices pluviométricos, induzindo a sua redução populacional e quando as áreas de palma de óleo são não contíguas o restabelecimento desta população é prejudicada por não haver a livre circulação dos besouros entre os plantios.

Palavras-chave: *Elaeidobius*. Polinização entomófila. Palma de óleo.

ABSTRACT

PESSÔA, Diogenes do Nascimento, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, September, 2024. **Population density of pollinators of the genus *Elaeidobius* (coleoptera, curculionidae) in different planting arrangements (interconnected and isolated) of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.).** Adviser: Madelaine Venzon.

This study evaluated the population density of pollinating beetles of the genus *Elaeidobius* in their interaction with rainfall indices in different oil palm plantation arrangements (interconnected and isolated crops). The study was conducted in commercial plantations in the municipalities of Tailândia and Moju, northeastern Pará, with data obtained from 2018 to 2022. The results showed that the population of the main oil palm pollinating beetles is influenced by rainfall throughout the year, leading to low levels during the rainiest periods. We can conclude that the population of beetles of the genus *Elaeidobius* is influenced by high rainfall, leading to a reduction in its population. When oil palm areas are non-contiguous, the reestablishment of this population is hampered by the lack of free movement of beetles between plantations.

Keywords: *Elaeidobius*. Entomophilic pollination. Palm oil.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Distribuição geográfica da palma de óleo	10
Figura 2: Produção de óleos vegetais no período de 2020 a 2024, (dados de abril de 2024)	12
Figura 3: Ciclo de vida de <i>E. kamerunicus</i> em inflorescência de <i>E. guineensis</i>	15
Figura 4: Plantios interligados, caracterizado por possuir extensas áreas (fazendas, setores ou departamentos) aglomerados ou bem próximos (contíguos).....	21
Figura 5: Polinizador da palma de óleo: <i>Elaeidobius kamerunicus</i> . (A) Macho com corpo preto com manchas amareladas para avermelhado subapical e basal. (B) Macho com duas proeminências na parte dorsal anterior dos élitros. (C) Fêmeas não apresentam diferenciações morfológicas marcantes	21
Figura 6: Polinizador da palma de óleo: <i>Elaeidobius subvittatus</i> . (A) Macho com pronoto e cabeça preta, corpo castanho dourado pálido. (B) Note as 2 listras pretas no élitro. (C) Macho mostrando um pequeno processo entre as pernas dianteiras ..	22
Figura 7: Plantio não contíguo, caracterizado por possuir áreas menores (fazendas, setores ou departamentos) distanciadas por quilômetros e com barreiras físicas (mata, rio, fazendas bovinas, vilas etc.)	23
Figura 8: Densidade populacional média/espiguetas dos besouros polinizadores do gênero <i>Elaeidobius</i> da palma de óleo no período de janeiro a dezembro de 2020 em plantios contíguos (interligados) no município de Tailândia-PA.....	25
Figura 9: Densidade pluviométrica de 2020 no município de Tailândia-PA. É possível observar que 6 meses do ano são constituídos de excessos de chuvas (dezembro a maio), 3 meses com um agravante déficit hídrico (agosto a outubro) e 3 meses com densidade pluviométrica de menor intensidade. Com Evapotranspiração Potencial (ETP) mensal de 142 mm (média)	25

Figura 10: Ajuste polinomial entre a densidade populacional de besouros por espiguetas do gênero <i>Elaeidobius</i> (y) e os índices pluviométricos (x). Dados de 2020 no município de Tailândia/PA.....	26
Figura 11: Influência da relação entre índice pluviométrico e densidade populacional dos insetos polinizadores da palma de óleo no município de Tailândia-PA no ano de 2020. É possível observar que os altos índices pluviométricos interferem na densidade populacional dos besouros polinizadores.....	27
Figura 12: Inflorescências masculinas cobertas por um pó branco, o qual trata-se de um fungo ainda não identificado, proveniente da elevada umidade nos períodos de altos índices pluviométricos, o qual tem-se como uma possível interferência no ciclo biológico dos <i>Elaeidobius</i>	28
Figura 13: Média e desvio padrão dos níveis populacionais de polinizadores ao longo das fazendas interligadas (contíguas) no ano de 2020. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si, de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$).....	29
Figura 14: Média e desvio padrão dos níveis dos besouros polinizadores ao longo das fazendas isoladas (não contíguas), nos meses de junho e julho de 2022. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si, de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$).....	30
Figura 15: Gráfico da média e desvio padrão sobre a distribuição mensal da emissão de inflorescências na palma de óleo, as quais deverão ser submetidas ao processo de polinização. Informação relativa a 21 anos de dados no município de Tailândia/PA.....	31
Figura 16: Análise de qualidade do indicador cachos mal fecundados, provenientes de fazendas isoladas (não contíguas). Dados coletados de janeiro a julho de 2022 pelo controle de qualidade no município de Moju-PA. Nesta figura é feita alusão ao mês de análise do cacho (em vermelho) e seu provável mês de polinização (em verde).....	32
Figura 17: Cacho de palma de óleo com frutos mal polinizados. Foto obtida em plantio não contíguo no segundo semestre de 2022, com provável polinização no primeiro semestre do mesmo ano.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Escala de classificação do nível populacional dos besouros polinizadores do gênero *Elaeidobius*.....22

Tabela 2: Escala de classificação subjetiva do nível populacional dos besouros polinizadores do gênero *Elaeidobius*.....24

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1. Distribuição geográfica e sustentabilidade	10
1.2. Produção mundial e utilização comercial	11
1.3. Competitividade produtiva.....	13
1.4. Insetos polinizadores da palma de óleo.....	13
1.5. Ciclo biológico do gênero <i>Elaeidobius</i>	15
1.6. Fatores climáticos da palma de óleo.....	16
1.7. Formação dos layouts de plantios de palma de óleo no Pará.....	18
2. MATERIAL E MÉTODOS	20
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4. CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36

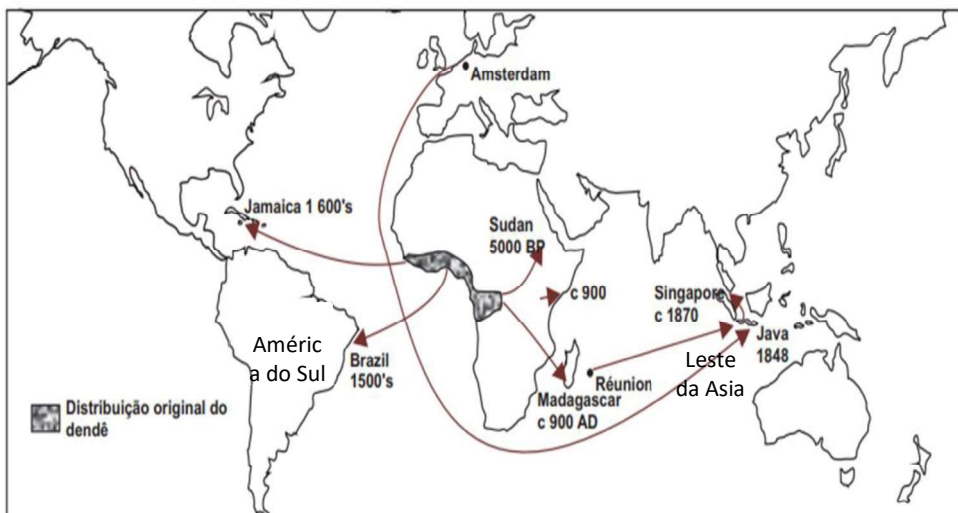
1. INTRODUÇÃO

1.1. Distribuição geográfica e sustentabilidade

A palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.), popularmente conhecida como dendê, também recebe outras denominações, como dendem, dendezeiro e palma de guiné. É originária da costa ocidental da África (Golfo da Guiné), onde é encontrada em povoamentos naturais desde o Senegal até Angola (Figura 1). Esta palmeira é cultivada no Brasil desde o século XVII, trazida pelos navios negreiros, sendo inicialmente cultivada na Bahia, principalmente para fins alimentares e cosméticos (CAMPANHARO, 2008). Ao longo dos séculos, a cultura expandiu-se para outras regiões do país, como o Pará, que atualmente ocupa a posição de maior produtor nacional com 98,27% da produção de fruto, seguido pela Bahia com 1,36% e Roraima com 0,37% (IBGE, 2022).

Para os países tropicais, o cultivo da palma de óleo representa uma excelente alternativa na promoção de renda, permitindo assim, melhores possibilidades de desenvolvimento socioeconômico para o futuro. A Amazônia detém uma vasta área antropizada (INPE/PRODES, 2024), das quais 28,9 milhões de hectares estão aptas ou úteis para o estabelecimento da palma de óleo. Na Amazônia Ocidental os estados como Acre, Amapá, Rondônia e Roraima, juntos contabilizam 9 milhões de hectares de terras compatíveis com a cultura (PARENTE, 2003). O estado do Pará possui 12,78 milhões de hectares aptos para o cultivo da palma de óleo (RAMALHO FILHO *et al.*, 2010).

Figura 1: Distribuição geográfica da palma de óleo

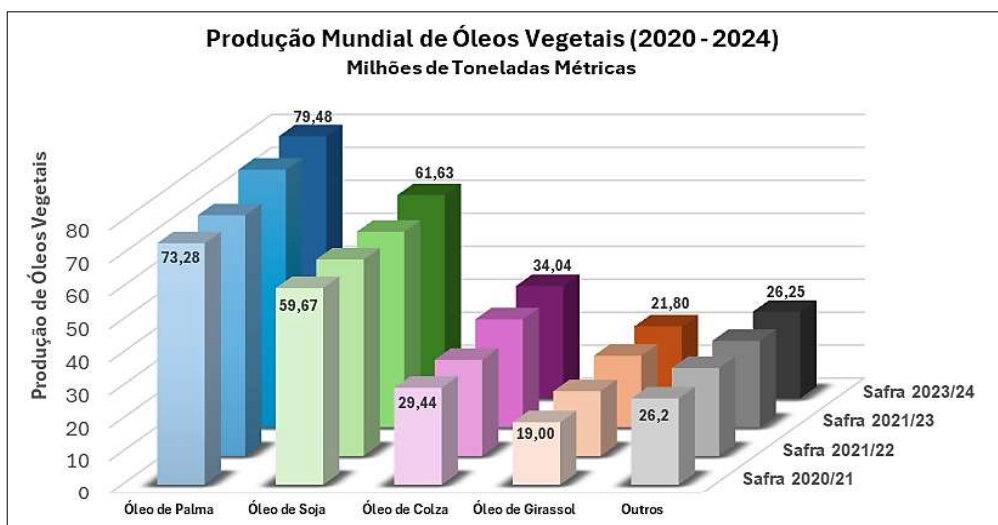


Fonte: Nelson (2010)

O cultivo da palma de óleo por ser considerado uma cultura perene de ciclo longo pode ser implantada sem causar grandes impactos ao meio ambiente, desempenhando um papel importante no processo ambiental ao combinar a produção de biomassa para geração de energia e a produção de alimentos ou outros produtos de valor agregado, essa atividade contribui para a diversificação da matriz energética, a redução das emissões de gases de efeito estufa e a geração de renda para os produtores. As terras empregadas para possíveis expansões da cultura possuem um levantamento caracterizado como Zoneamento Agroecológico (ZAE), decreto nº 7.172 de 2010, que identificam áreas em que se encontram desmatadas ou antropizadas para fomentar o programa de produção sustentável do óleo de palma no Brasil. Com isso podem ser plantadas em áreas como pastos degradados, promovendo com isso uma perfeita cobertura dessas áreas quando em sua fase adulta, em virtude de sua grande formação da copa de folhas, e na fase jovem pode ser associada a leguminosas, geralmente *Pueraria phaseoloides*, que estabelece a cobertura do solo, principalmente contra os processos erosivos. Por isso, a palma de óleo vem sendo mais uma oportunidade de negócio para a Amazônia podendo ser inserida como cultura de desenvolvimento sustentável (PESSÔA, 2009).

1.2. Produção mundial e utilização comercial

O óleo de palma ocupa o primeiro lugar em produção mundial de óleos vegetais (na ordem: palma de óleo, soja, colza, girassol, palmiste, amendoim, algodão, coco e oliva (Figura 02)), com produção em 2023/2024 (até abril/24), cerca de 36% da demanda mundial de óleos vegetais, somado a mais 4% de óleo de palmiste (amêndoa), valores estes que equivalem a um total de 79,484 milhões de toneladas de óleo de palma e 6,113 milhões de toneladas de óleo de palmiste (USDA, 2024).

Figura 2: Produção de óleos vegetais no período de 2020 a 2024, (dados de abril de 2024)

Fonte: Diogenes Pessôa (2024). Adaptado de USDA (2024)

De acordo com USDA (2024), na atual safra de 2023/2024 (abril de 2024) o óleo de palma foi o mais consumido mundialmente (77,36 milhões de toneladas). Para usos não alimentícios o óleo de palma é usado como matéria-prima na fabricação de velas, cosméticos, detergentes, substituto do diesel, álcoois graxos, glicerina, lubrificantes, plastificantes, polidores, resinas, xampus, condicionador de cabelo, tintas, chapas de aço, sabonetes, sabões etc. No entanto, seu uso principal é na nutrição humana, responsável pelo consumo de cerca de 80% a 85% do que é produzido mundialmente, usado na fabricação de margarinas, cremes e gorduras sólidas, óleo de cozinha, maionese, panificação, leite e chocolates artificiais, dentre outros (KALINGA, 2002).

O óleo da amêndoa da palma possui ácidos graxos de cadeia curta apresentando características físicas particulares importantes para aplicações específicas em virtude do baixo grau de insaturação de seus ácidos. Ainda, segundo Kalinga (2002), o óleo de palma é rico nas vitaminas A, E (tocoferóis e tocotrienóis), antioxidantes que ajudam a combater os radicais livres do organismo e o colesterol, prevenindo a formação de coágulos nos vasos sanguíneos e atuando como um anticoagulante eficiente.

O Brasil possui um grande potencial para aumentar sua produção de óleo de palma, atualmente ocupa a décima posição no ranking mundial, segundo dados do USDA (2024). Com uma produção atual de 585.000 toneladas métricas, o país contribui com 0,74% da demanda global.

1.3. Competitividade produtiva

Uma grande vantagem da palma de óleo é o fato dessa cultura apresentar a maior produtividade dentre todas as oleaginosas em todo mundo. Parente (2003) atribui a palma de óleo rendimentos entre 3 e 6 toneladas por hectare de óleo, correspondendo a 1,5 vezes a produção do óleo de coco, o dobro do óleo de oliva e mais do que 10 vezes o óleo de soja. Esse rendimento, assim como a qualidade do óleo de palma, está diretamente ligado à maturação dos frutos colhidos.

No recebimento dos containers com cachos de frutos frescos (CFF), espera-se um número satisfatório de cachos no ponto ideal de maturação e que tenham potencial máximo de óleo que contribuirá decisivamente nos rendimentos qualiquantitativos da taxa de extração (ESCOBAR *et al.*, 2006). A alta produção de cachos por hectare não implica necessariamente em alta produção de óleo. A alta produtividade é proporcional ao percentual de cachos maduros e com boa fecundação dos frutos, ou seja, elevada quantidade de frutos com nozes (amêndoas).

1.4. Insetos polinizadores da palma de óleo

Segundo Hartley & Olivin (1986), a produção da palma de óleo, além de requerer manejos culturais especiais, que depende de sua fase, sendo estas a jovem ou período imaturo e a fase de exploração comercial propriamente dita, no qual depende da polinização entomófila (feita por insetos), que é a forma mais eficiente de polinização de suas flores (BERTHAUD *et al.*, 2000). Os agentes polinizadores são atraídos pelo forte odor de anis exalado pelas inflorescências masculinas no período da antese.

O cacho com elevada taxa de fecundação, além de produzir mais óleo da polpa (mesocarpo), produz também o óleo da amêndoa (endosperma). Por sua vez, para uma elevada taxa de fecundação a polinização se faz necessária. Por ser a palma de óleo uma espécie monoica, a polinização é necessariamente cruzada, pois raramente as inflorescências masculinas e femininas estão em estado suscetível na mesma palmeira ao mesmo tempo (VALLEJO, 1981).

Na África, onde a palma de óleo é nativa, a formação dos cachos é adequada devido a presença dos polinizadores *Elaeidobius kamerunicus* Faust, *E. subvittatus* Faust (Coleoptera: Curculionidae) e *Microsporum* spp. (Coleoptera: Nitidulidae) (LUCCHINI, 1984).

No processo de formação de plantios comerciais no Brasil a palma de óleo foi importada da Malásia, onde a polinização foi assistida até 1981, ano no qual *E. kamerunicus* foi introduzido, importado da República de Camarões, África. A fecundação dos frutos da palma de óleo por este besouro proporcionou à Malásia a interrupção da polinização assistida, promovendo o aumento da produção do óleo, em virtude do aumento da taxa de fecundação que passou de 20% para valores de 50%-70% (SYED *et al.*, 1982; HARUN & NOOR, 2002).

Entre os anos de 1984 e 1986, *E. kamerunicus* foi introduzido em alguns países da América Latina, como Colômbia, Equador, Costa Rica e Honduras, com resultados favoráveis na taxa de fecundação (CHINCHILLA *et al.*, 1990). No Brasil, o *E. kamerunicus* e *E. singularis* Faust (Coleoptera: Curculionidae), todos de origem africana, foram introduzidos em 1986 em plantios da região amazônica brasileira, dentre estes o estado do Pará.

Portanto, a polinização entomófila da palma de óleo é importante em áreas comerciais dessa palmácea no país, possuindo alta representatividade na sustentabilidade econômica e ambiental desempenhando um papel vital na indústria global de óleos de palma.

Lucchini *et al.* (1984) realizaram estudos sobre este tipo de polinização na palma de óleo no estado do Pará e em outros estados, evidenciaram a presença e o importante papel da espécie *E. subvittatus*. É possível que *E. subvittatus* tenha sido introduzido no Brasil no século XVI, por ocasião do tráfego marítimo entre a África e o Brasil (GENTY *et al.*, 1986). Posteriormente, Yoshino *et al.* (2015), identificaram que além da espécie *E. subvittatus*, outra espécie de *Elaeidobius* (provavelmente *E. singularis*) e *E. kamerunicus* estavam presentes e atuavam na polinização da palma de óleo no Pará.

Prada *et al.* (1998) estudaram a efetividade das espécies de *Elaeidobius* na polinização da palma de óleo na Venezuela. De acordo com os autores uma inflorescência feminina foi visitada por 31.321 indivíduos de *E. kamerunicus* e 578 indivíduos de *E. subvittatus*, sendo a média de transporte de pólen por *E. kamerunicus* de 446 (grãos/fêmeas) e 985 (grãos/machos), enquanto as fêmeas de *E. subvittatus* transportaram 116 grãos de pólen e os machos transportaram 246. A eficiência de transporte de pólen pelo *E. kamerunicus* se deve ao fato de os machos possuírem em seu corpo muitas cerdas na parte externa, característica morfológica ausente no corpo das fêmeas (SYED, 1984; GENTY, 1985).

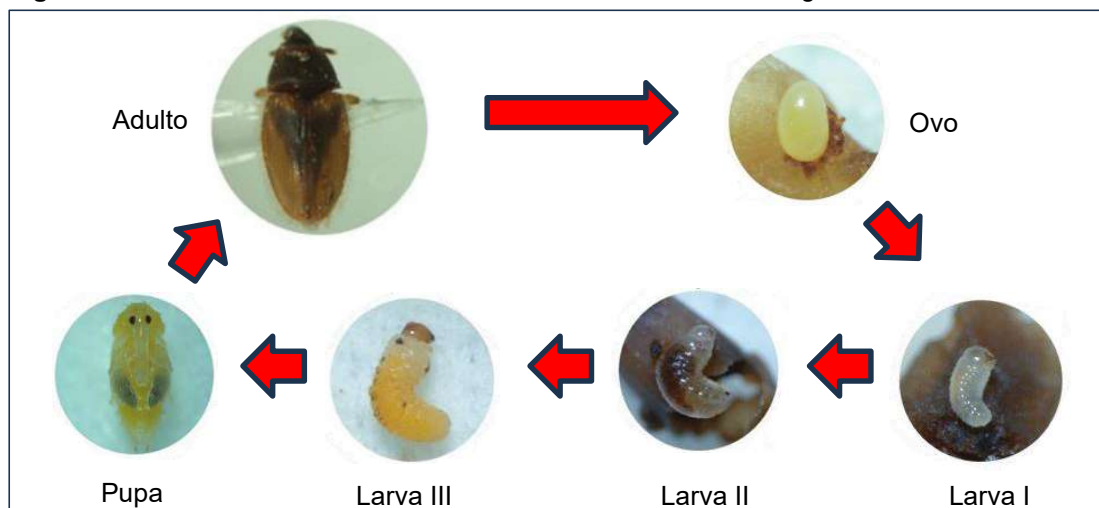
1.5. Ciclo biológico do gênero *Elaeidobius*

Os besouros *E. subvittatus* e *E. kamerunicus* são específicos da palma de óleo, seja para alimento (pólen e néctar), abrigo, lugar para acasalar e/ou ovipositar. São incapazes de completar seu ciclo biológico em qualquer outra espécie vegetal devido a características morfológicas específicas da cultura da palma, em especial em sua inflorescência masculina (Figura 03).

A partir do quarto e quinto dia de antese da flor masculina da palma de óleo, as espiguetas apresentam muitos ovos e larvas de *E. subvittatus* e *E. kamerunicus*. As larvas de ambas as espécies se alimentam do pólen e partes das flores em decomposição (SYED, 1979). Portanto, o gênero *Elaeidobius* que compreendem as espécies *E. kamerunicus*, *E. subvittatus*, *E. singularis* e *E. plagiatu*s, além de visitarem flores de plantas exclusivamente do gênero *Elaeis*, apresentam ciclo biológico parecido e têm como centro de origem o Continente Africano (MARIÁU *et al.*, 1991).

No sul da Bahia, Moura *et al.* (2008) estudaram o percentual de fecundação decorrente entre as espécies *E. kamerunicus*, que foi introduzida em 1994, enviados do Pará por meio de cachos contendo ovos e larvas, além de besouros, assim como *E. subvittatus*, e verificaram que *E. kamerunicus* são mais dinâmicos na fecundação dos frutos, devido a sua abundância, maior transporte de grãos de pólen, além de possuir uma alta taxa de reprodução. *Elaeidobius kamerunicus* tem se tornado a principal espécie polinizadora da palma em áreas onde são introduzidas, e isso também se tornou evidente em Hainan, na China (YUE *et al.*, 2015).

Figura 3: Ciclo de vida de *E. kamerunicus* em inflorescência de *E. guineensis*



Fonte: Diogenes Pessoa. Adaptado de Corrales (2023)

1.6. Fatores climáticos da palma de óleo

Os trabalhos que retratam as condições ideais à cultura da palma de óleo (MORAES & BASTOS, 1972; OCHS & DANIEL, 1976; FERWERDA, 1977; HARTLEY, 1977; BARCELOS *et al.*, 1987; MÜLLER & ALVES, 1997; BASTOS, 2000; CARVALHO, 2000), concordam que a cultura é adaptada a condições climáticas típicas de regiões tropicais úmidas, sendo que os elementos climáticos que mais possuem influência na produção da palma de óleo são a temperatura, as horas de radiação solar e os índices pluviométricos, sendo a distribuição mensal das chuvas e a ocorrência de déficit hídrico, os elementos que apresentam maior efeito no crescimento e na produção da cultura.

A temperatura, principalmente a média para as baixas temperaturas, é o fator limitante para o cultivo da palma de óleo. Goh (2000) realizou uma lista de consequências da baixa temperatura que podem ser encontradas nos limites geográficos e que possa interferir na produtividade da palma de óleo, estas são: aumento nos abortos, crescimento vegetativo e maturação dos cachos mais lentos. É provável que a palma de óleo se desenvolva melhor onde as amplitudes de temperatura sejam o mínimo, limitante a 6 °C, principalmente em áreas de cultivo comercial. Segundo o autor a temperatura mais baixa que a palma de óleo pode resistir pode ser na faixa de 18 °C a 20 °C. Hartley (1988) demonstrou que o crescimento da palma jovem se inibe por completo a 15 °C e que uma temperatura média mensal de 28 °C se mantem ótima para o desenvolvimento da cultura.

O estado do Pará possui suas chuvas bem definidas, cujas quatro estações se refletem em duas, classificadas como verão e inverno amazônico. O “inverno amazônico” é a estação chuvosa, ocorre de dezembro a maio, caracterizado pelo tempo mais nublado, chuvas mais intensas e temperaturas mais brandas. O “inverno amazônico”, nada mais é que uma expressão que se popularizou, mas do ponto de vista científico trata-se mesmo do verão (GIUSEPPE, 2022). No hemisfério sul do planeta, o período que vai de dezembro a maio é considerado verão, por conta da radiação solar mais intensa, por isso chove mais. O “verão amazônico” é o período de julho a novembro, quando ocorre a redução ou até mesmo a escassez de chuva, com elevada incidência de radiação solar.

Segundo Goh (2000), há dificuldade em relacionar com exatidão o índice pluviométrico, com o nível de produção. No entanto, o autor estabeleceu que a

precipitação pluvial ótima para a cultura da palma de óleo seria de 5 - 6 mm de água por dia, e que qualquer fornecimento menor que isto indicaria que a planta sofreria de tensão superficial da água. Sendo assim, para que a palma de óleo mantenha suas funções fisiológicas e para o transporte dos nutrientes e substâncias assimiladas, segundo Lubis & Adiwiganda (1996), faz-se necessário de 1.500 mm a 2.500 mm de água, distribuída igualmente durante o ano e que variações nos índices pluviométricos anuais refletem na sexualização das flores e na produção dos cachos num intervalo que varia de 27 a 33 meses. Sendo 100 mm o limite mínimo de água por mês (HARTLEY, 1988).

Hartley (1988) tem sugerido que um déficit de água adicional de 100 mm no ano de colheita pode reduzir o rendimento em teor de óleo em até 10%. Coincidentemente Olivin (1968) e Ochs & Daniel (1976) encontraram que um déficit de 100 mm reduzia o rendimento de cachos de fruto fresco (CFF), entre 10% e 20%, isto em uma projeção futura de até 2 anos, dependendo do solo. Ainda segundo Olivin (1968) o solo pode mitigar o efeito do déficit de água. Segundo o autor, os solos, como os da classe 1 (solos com maior teor de matéria orgânica, boa estrutura que facilitam a infiltração da água e a aeração do solo, reduzindo o escoamento superficial), possuem maior capacidade de retenção de água e, conseqüentemente, conseguem suportar períodos mais longos de seca, com déficit hídrico de até 75 mm/ano. Já os solos, como os da classe 4, que apresentam menor teor de matéria orgânica, sendo mais suscetíveis aos efeitos da seca, apresentando limitações já a partir de um déficit de 50 mm/ano.

Modelos posteriores, mais complexos, ensaiaram o efeito do déficit hídrico anual, ao longo de 3 anos antes do ano da colheita, novamente encontram que um déficit de 100 mm correspondia a uma perda em nível de 10% do rendimento potencial de cachos de quando não havia déficit hídrico (DUFOUR *et al.*, 1988; CALIMAN, 1992).

Segundo Corley & Tinker (2003), o déficit hídrico tem efeito direto na redução do número de cachos, a seca ocasiona uma redução da proporção dos sexos na etapa de diferenciação sexual das inflorescências, chegando até mesmo a provocar seu aborto, ou seja, a tensão exercida pela falta de água pode impactar diretamente no crescimento vegetativo da palma de óleo.

Mesmo com sua adaptação a lenções freáticos altos, por não tolerar solos constantemente encharcados, pois suas raízes são incapazes de respirar estando

afogadas por longo período, o excesso hídrico chega a ocasionar efeitos similares ao déficit hídrico (fechamento dos estômatos), cuja repetição de encharcamentos chega a causar a morte das raízes reduzindo a absorção de nutrientes, como o nitrogênio, conseqüentemente causando um desbalanço nutricional.

Em condições em que a pluviosidade é excessiva, o alto volume de chuvas atrapalha a operacionalidade da cultura, assim como a ação dos agentes biológicos. Para as condições Amazônicas, MORAES & BASTOS (1972) e BASTOS (2000), analisando as condições pluviométricas médias e os resultados do balanço hídrico anual, revelam que, em grande parte da região, incluindo extensas áreas do Pará, a precipitação mensal não supre a demanda hídrica anual da cultura da palma de óleo.

A luz solar é um fator crucial para o crescimento da palma de óleo. A cultura apresenta forte heliotropismo, altamente dependente na busca da luz solar. De acordo com NG (1972), a planta necessita de pelo menos 5 horas de brilho solar direto por dia, em todos os meses do ano, para um crescimento satisfatório. Sendo o ideal cerca de 2.000 horas de brilho solar por ano, o equivalente a aproximadamente 5,5 h de sol pleno por dia, podendo tolerar até 7 h de sol em períodos mais quentes do ano. A radiação solar, após a água, é o fator climático mais crítico para o cultivo da palma de óleo. Entretanto, é importante ressaltar que a alta incidência solar, quando associada a condições de seca e temperaturas extremas, pode limitar o crescimento e a produtividade da cultura.

1.7. Formação dos layouts de plantios de palma de óleo no Pará

No início dos projetos de implantação da cultura da palma de óleo no estado do Pará, houve a formação de muitos grandes plantios que acabaram se interligando, mesmo ultrapassando as fronteiras entre os municípios, um exemplo foi a Denpasa com aquisição de 27.500 ha em 1981, no mesmo ano o projeto Agromendes com 6.000 ha, em 1982 o projeto CRAI com a implantação de 5.000 ha, dentre outras grandes plantações, que juntas formaram um verdadeiro aglomerado de plantios muito próximos. Fato esse que favorece positivamente a dispersão dos agentes polinizadores do gênero *Elaeidobius* ao longo das áreas dos plantios. Contudo, os projetos de plantios mais recentes não são de grandes propriedades interligadas ou aglomeradas, de modo que os plantios são distanciados entre si e separados por barreiras naturais, como as matas, rios, áreas de pastagens e vilas urbanas.

Os novos projetos de plantios por não serem interligados não promovem a livre circulação dos principais agentes polinizadores da palma de óleo que associado a altos índices pluviométricos, em dado período, podem ocasionar uma densidade populacional não suficiente ao processo de polinização, ocasionando assim a mal fecundação de frutos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a densidade populacional dos besouros polinizadores do gênero *Elaeidobius* em plantios comerciais em diferentes arranjos de cultivo da palma de óleo (áreas interligadas e isoladas) e como os índices pluviométricos podem influenciar essa população de polinizadores.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Dados pluviométricos e temperatura do ano de 2018 a 2022 foram coletados no município de Tailândia-PA na Estação meteorológica USB HOBO U30, as coletas foram realizadas diariamente para geração da base dos dados dos índices pluviométricos.

O local está situado no norte brasileiro, nordeste paraense, a uma latitude 02° 56' 50" S e longitude 48° 57' 11" O. Posteriormente, foi gerado um gráfico do Balanço Hídrico Normal (THORNTHWAITE & MATHER, 1955), com a precipitação pluviométrica, excesso hídrico, déficit hídrico e evapotranspiração nos meses de janeiro a dezembro.

A densidade populacional dos polinizadores do gênero *Elaeidobius* foi avaliada em dois arranjos de plantio:

Primeiro arranjo - plantio contíguo (interligados ou aglomerados) de palma (Figura 04), constituído por cinco fazendas com áreas de 3 a 6 mil ha, com plantas adultas (>8 anos). As plantas estavam dispostas em fileiras orientadas na posição norte-sul, mantendo uma distribuição triangular equilátera de 9 m de lado. Com solo do tipo Latossolo Amarelo, com boa aptidão agrícola para agricultura. As coletas foram feitas de janeiro a dezembro de 2020 no município de Tailândia.

A contagem dos besouros foi realizada retirando-se sete espiguetas por inflorescência por planta, com no mínimo 60% das flores em antese, sendo duas espiguetas na base, três no meio e duas na extremidade, assim como a contagem do número total de espiguetas da inflorescência. As espiguetas foram cortadas na base com tesoura de poda, coletadas e acondicionadas em tubos de ensaio. As coletas foram feitas ao longo dos meses de janeiro a dezembro de 2020 no horário da manhã, das 8 às 11h.

Figura 4: Plantios interligados, caracterizado por possuir extensas áreas (fazendas, setores ou departamentos) aglomerados ou bem próximos (contíguos)



Fonte: Google Earth (2024)

O delineamento experimental foi baseado em coletas em 5 fazendas com 12 repetições, perfazendo um total de 60 parcelas. Em cada parcela foram coletadas, em média, 21 amostras (espiguetas), foram avaliadas 1.260 espiguetas. Estas foram levadas para laboratório, colocadas em estufa à temperatura de 60° por 30 minutos para morte dos insetos. Os besouros do gênero *Elaeidobius* encontrados foram separados para o processo de contagem. Nas figuras 05 e 06 foi caracterizado os besouros do gênero *Elaeidobius* de maior predominância nos plantios do Pará.

Figura 5: Polinizador da palma de óleo: *Elaeidobius kamerunicus*. (A) Macho com corpo preto com manchas amareladas para avermelhado subapical e basal. (B) Macho com duas proeminências na parte dorsal anterior dos élitros. (C) Fêmeas não apresentam diferenciações morfológicas marcantes

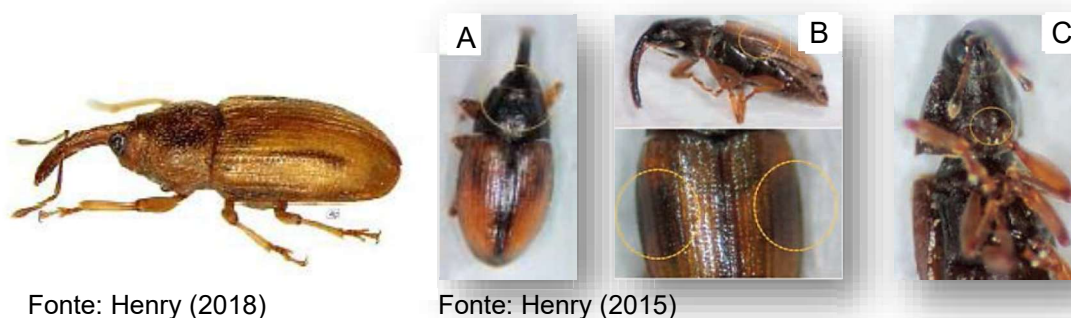


Fonte: Henry (2018)



Fonte: Henry (2015)

Figura 6: Polinizador da palma de óleo: *Elaeidobius subvittatus*. (A) Macho com pronoto e cabeça preta, corpo castanho dourado pálido. (B) Note as 2 listras pretas no élitro. (C) Macho mostrando um pequeno processo entre as pernas dianteiras



Fonte: Henry (2018)

Fonte: Henry (2015)

Os dados foram organizados em uma tabela para geração do gráfico da densidade populacional de *Elaeidobius* de janeiro a dezembro.

Para o dimensionamento populacional dos *Elaeidobius* foram estabelecidos três níveis de densidade, cuja avaliação foi determinada por classificação e quantidade de besouros por espiguetas, conforme tabela 1.

Os dados foram submetidos a análise de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk. Foi realizada à análise de variância (ANOVA) seguida dos testes de média Tukey a 5%.

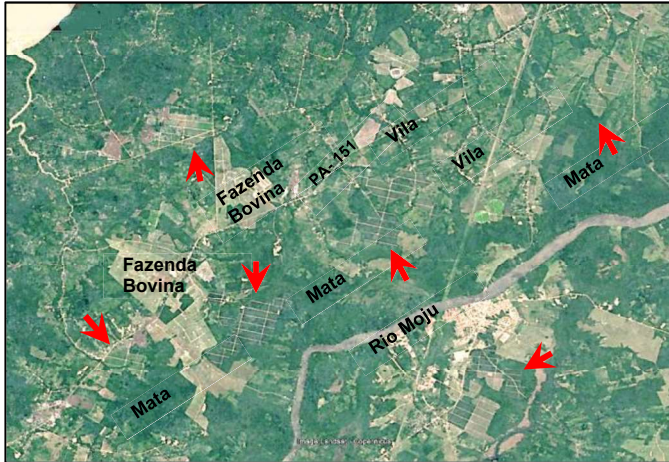
Tabela 1: Escala de classificação do nível populacional dos besouros polinizadores do gênero *Elaeidobius*

Nível	Classificação de Besouros por Espiguetas	Pontuação	
Nível 1	Inflorescência com pouca quantidade de Insetos.	< 47 insetos	1
Nível 2	Inflorescência com média quantidade de Insetos.	Entre 47 – 94 insetos	2
Nível 3	Inflorescência com grande quantidade de Insetos.	> 94 insetos	3

Fonte: Diogenes Pessoa (2022)

Segundo Arranjo – Plantios não contíguos (não interligados) constituídos por doze fazendas de 240 a 2.800 hectares (Figura 07) em plantios já estabelecidos com plantas adultas (> 8 anos), plantadas em fileiras orientadas na posição norte-sul, mantendo uma distribuição triangular equilátera de 9 m de lado. As coletas foram feitas em junho e julho de 2022 nos municípios de Tailândia e Moju (localiza-se no norte brasileiro, nordeste paraense, a uma latitude 01° 53' 02" S e longitude 48°46'08" O).

Figura 7: Plantio não contíguo, caracterizado por possuir áreas menores (fazendas, setores ou departamentos) distanciadas por quilômetros e com barreiras físicas (mata, rio, fazendas bovinas, vilas etc.)






Fonte: Google Earth (2024)

As análises de dados foram realizadas nos meses de junho e julho de 2022, no horário da manhã, das 8 h às 11 h. Para o dimensionamento populacional dos *Elaeidobius* foram estabelecidos três níveis de densidade, cuja avaliação foi determinada por classificação visual subjetiva, conforme tabela 02.

O delineamento experimental foi baseado na avaliação de 12 fazendas com 10 repetições, perfazendo um total de 120 parcelas. Em cada parcela foram avaliadas em média 7 unidades amostrais (inflorescências masculinas), totalizando 840 inflorescências

Os dados relativos ao nível populacional por fazenda foram analisados pelo teste de Tukey.

Tabela 2: Escala de classificação subjetiva do nível populacional dos besouros polinizadores do gênero *Elaeidobius*

Nível	Classificação	Pontuação
<p>Nível 1</p> 	<p>Inflorescência com pouca quantidade de besouros</p>	<p>1</p>
<p>Nível 2</p> 	<p>Inflorescência com média quantidade de Besouros.</p>	<p>2</p>
<p>Nível 3</p> 	<p>Inflorescência com grande quantidade de Besouros.</p>	<p>3</p>

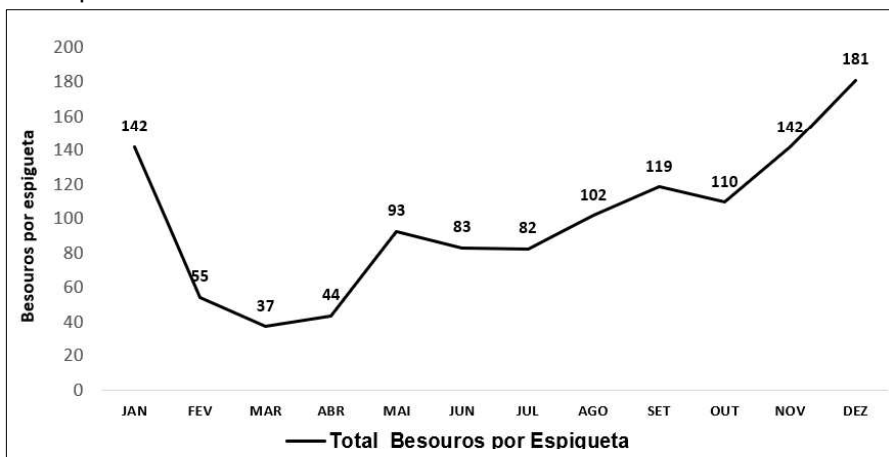
Fonte: Diogenes Pessoa (2022)

Em ambos os arranjos as coletas foram conduzidas nas inflorescências masculinas em fase de antese, momento de liberação de pólen, quando apresentam um odor adocicado o que o torna mais atrativo aos besouros polinizadores, seja para alimentação, cópula e oviposição.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No levantamento populacional dos besouros polinizadores realizados nas fazendas interligadas (contíguas), no período de janeiro a dezembro de 2020, foi possível observar a sazonalidade populacional dos polinizadores do gênero *Elaeidobius* ao longo do ano, sendo os meses de janeiro e maio onde houve uma acentuada redução da densidade populacional (Figura 08).

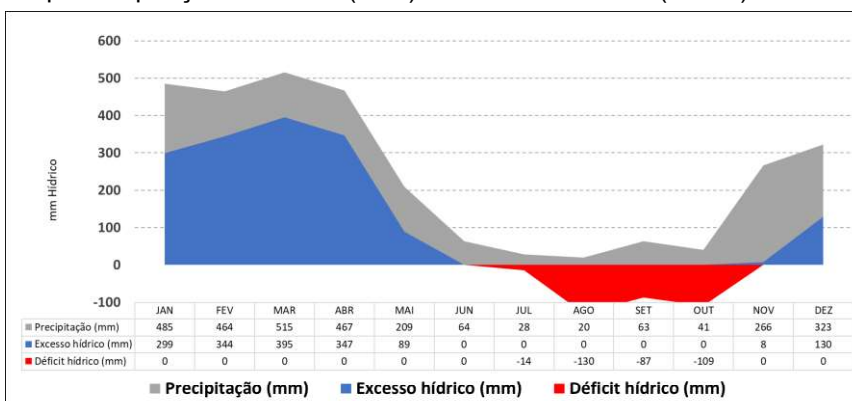
Figura 8: Densidade populacional média/espiguetas dos besouros polinizadores do gênero *Elaeidobius* da palma de óleo no período de janeiro a dezembro de 2020 em plantios contíguos (interligados) no município de Tailândia-PA



Fonte: Diogenes Pessôa (2024)

No mesmo período com a coleta dos dados pluviométricos, foi possível avaliar o balanço hídrico (Figura 09) e gerar a relação entre o índice pluviométrico e a população de *Elaeidobius* ao longo do ano (figura 9).

Figura 9: Densidade pluviométrica de 2020 no município de Tailândia-PA. É possível observar que 6 meses do ano são constituídos de excessos de chuvas (dezembro a maio), 3 meses com um agravante déficit hídrico (agosto a outubro) e 3 meses com densidade pluviométrica de menor intensidade. Com Evapotranspiração Potencial (ETP) mensal de 142 mm (média)

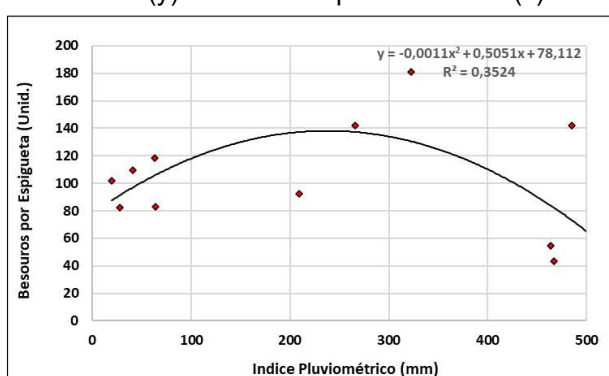


Fonte: Diogenes Pessôa (2024)

Com base nos dados da figura 10 foi possível observar, por meio da equação quadrática, uma relação parabólica entre a variável índice pluviométrico (x) e besouros polinizadores (y) no ano de 2020.

A linha de tendência sugere uma relação positiva entre as variáveis x e y. No entanto, a curvatura indica que essa relação positiva enfraquece à medida que o valor de x aumenta. O valor moderado do coeficiente de determinação ($R^2 = 0,3524$), sugere uma relação positiva entre as variáveis, mas não é muito forte.

Figura 10: Ajuste polinomial entre a densidade populacional de besouros por espiguetas do gênero *Elaeidobius* (y) e os índices pluviométricos (x). Dados de 2020 no município de Tailândia/PA

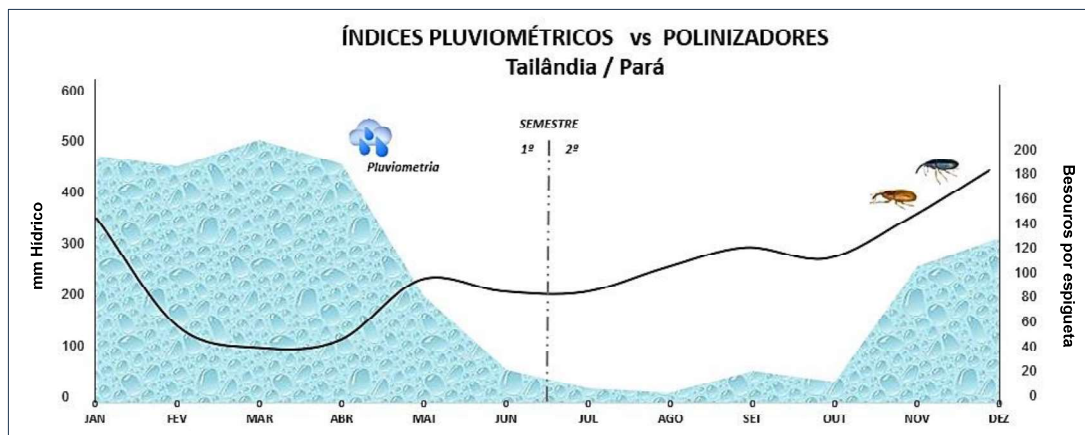


Fonte: Diogenes Pessôa (2024)

O resultado apresentado no gráfico demonstra que o índice pluviométrico é um fator crucial para a dinâmica populacional dos besouros polinizadores *Elaeidobius*. O aumento pluviométrico estimula a emissão de inflorescências, proporcionando recursos alimentares abundantes para os besouros polinizadores, o que favorece seu desenvolvimento populacional. Contudo, a análise indica que há a existência de um ponto de equilíbrio de precipitação, acima do qual a população de besouros tem seu ciclo de vida afetado promovendo a redução populacional.

Com o período do “inverno amazônico”, com seu início em dezembro, observa-se que a população de besouros polinizadores, que está em alta, inicia a sua redução, conforme as chuvas se elevam. Com a redução das chuvas e início do “verão amazônico” a população dos polinizadores retoma seu crescimento populacional até o início das chuvas do “inverno amazônico” seguinte (Figura 11).

Figura 11: Influência da relação entre índice pluviométrico e densidade populacional dos insetos polinizadores da palma de óleo no município de Tailândia-PA no ano de 2020. É possível observar que os altos índices pluviométricos interferem na densidade populacional dos besouros polinizadores



Fonte: Diogenes Pessôa (2024)

Nos meses de maiores índices pluviométricos, geralmente no primeiro semestre do ano, ocorre a menor quantidade da população destes besouros polinizadores, já no período menos chuvoso tem-se que a população dos besouros polinizadores nos plantios interligados retomam o seu restabelecimento populacional.

A elevação dos índices pluviométricos do primeiro semestre promove o surgimento de um “pó branco” sobre algumas inflorescências masculinas (Figura 12). Segundo Mariau & Genty (1988), a elevação da umidade ocasionada pela intensidade das chuvas promove o surgimento de um fungo nas inflorescências masculinas, que ocorrem após o estágio de antese. Esse fungo, ainda não identificado, pode estar agindo impedindo o desenvolvimento do ciclo biológico dos besouros nas espiguetas, reduzindo de forma expressiva sua população. Além do fato de que as intensas chuvas, no primeiro semestre, promovem o arraste de ovos e larvas depositados nas espiguetas das inflorescências masculinas corroborando para redução da população do *Elaeidobius*.

Figura 12: Inflorescências masculinas cobertas por um pó branco, o qual trata-se de um fungo ainda não identificado, proveniente da elevada umidade nos períodos de altos índices pluviométricos, o qual tem-se como uma possível interferência no ciclo biológico dos *Elaeidobius*



Fonte: Diogenes Pessoa (2021)

A interação entre índice pluviométrico, umidade e patógeno, gera uma hipótese que se torna mais evidente quando se observa que a atividade dos besouros polinizadores se restabelece de forma mais intensa na estação de menor precipitação pluviométrica, onde temos a redução dessas condições desfavoráveis para o desenvolvimento do ciclo biológico dos besouros.

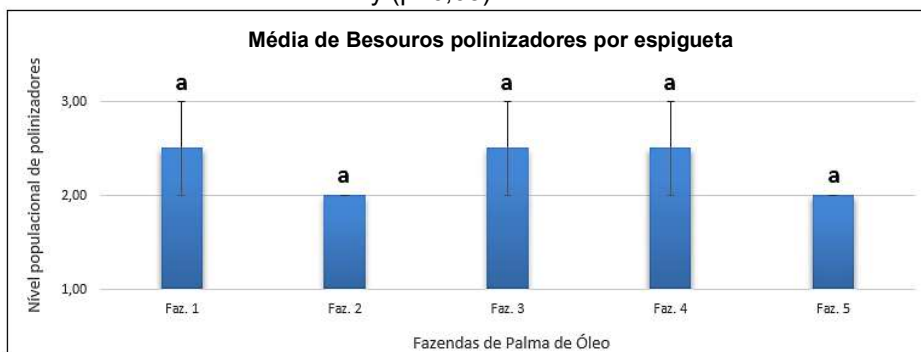
Segundo Syed (1982), o polinizador *E. kamerunicus* foi selecionado especificamente para a introdução na Malásia porque seus números foram menos reduzidos que os de outras espécies durante a época das intensas chuvas em Camarões (África), fato este que, além das características morfológicas em captar mais grão de pólen, faz com que a espécie *E. kamerunicus* seja o polinizador de maior preferência.

Os níveis populacionais dos besouros polinizadores (média e desvio padrão) em plantios interligados (contíguos) estão representados na Figura 13.

Em conformidade com os dados evidenciados na Figura 13, temos que a média da escala de classificação populacional obtida foi de 2,35 que indica o valor central do conjunto de dados. O desvio padrão médio foi de 0,33 sugerindo que os dados estão moderadamente dispersos em relação à média. Com coeficiente de variação de 31,03%.

Conforme estabelecido na escala populacional, em níveis de densidade de besouros por espiguetas (Tabela 1), a média de besouros nos plantios contíguos se mantém a partir do nível populacional 2 e crescente para uma população de 48 a 93 besouros por espiguetas, tendenciando ao nível populacional 3 com densidade de besouros superior a 94 por espiguetas.

Figura 13: Média e desvio padrão dos níveis populacionais de polinizadores ao longo das fazendas interligadas (contíguas) no ano de 2020. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si, de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$)



Fonte: Diogenes Pessôa (2024)

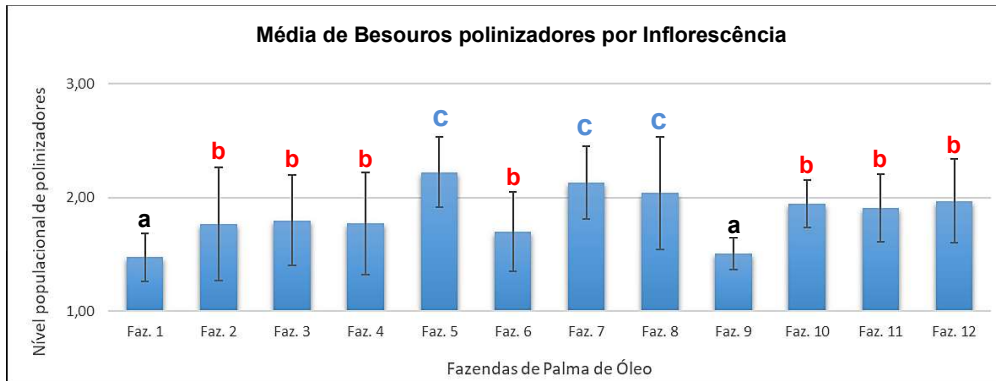
Foi observado estatisticamente que não há diferença significativa nas populações de besouros polinizadores, entre as fazendas quando interligadas (contíguas) de palma de óleo.

A análise estatística, utilizando o teste de Tukey ($p < 0,05$), indicou que as populações de besouros do gênero *Elaeidobius* se mantiveram relativamente constantes entre as diferentes fazendas amostradas. Essa estabilidade populacional pode ser explicada pela migração dos besouros entre áreas com maior e menor densidade populacional.

Os níveis populacionais dos besouros polinizadores (média e desvio padrão) em plantios não interligados (não contíguos) estão representados na Figura 14.

De acordo com os resultados, temos que a média da escala de classificação populacional obtida foi de 1,85 que indica o valor central do conjunto de dados. O desvio padrão foi de 0,34 sugerindo que os dados estão moderadamente dispersos em relação à média. Com coeficiente de variação de 19,08%.

Figura 14: Média e desvio padrão dos níveis dos besouros polinizadores ao longo das fazendas isoladas (não contíguas), nos meses de junho e julho de 2022. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si, de acordo com o teste de Tukey ($p < 0,05$)



Fonte: Diogenes Pessoa (2024)

Foi observado estatisticamente que há diferença significativa nas populações de besouros polinizadores, entre as fazendas quando não interligadas (não contíguas) de palma de óleo.

Através do teste de Tukey ($p < 0,05$), verificou-se que as fazendas 1 e 9 são as que apresentaram os menores níveis populacionais de besouros polinizadores por inflorescência; as fazendas 5, 7 e 8 apresentaram nível populacional acima de 2; já nas demais fazendas se obteve níveis populacionais abaixo de 2. Nas fazendas 2, 3, 4 e 6, evidenciou-se em dadas áreas uma densidade populacional bastante inferior em comparação as demais fazendas não contíguas avaliadas.

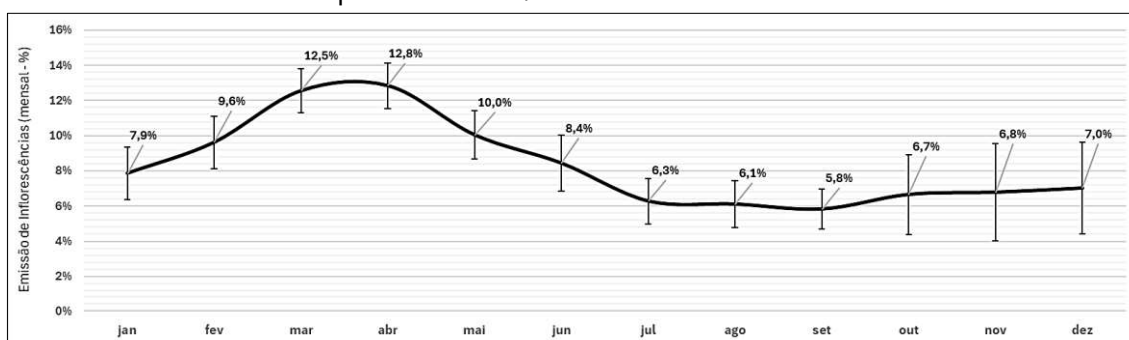
Em face da relação entre os besouros polinizadores e os índices pluviométricos, analisando-se o levantamento do zoneamento agroclimático na região Amazônica divulgados por Bastos *et al.* (2001), onde situa-se geograficamente o nordeste paraense e seus plantios de palma de óleo, a área é caracterizada como a segunda classe climática de aptidão ao cultivo da palma de óleo.

A zona onde está inserida os cultivos da palma de óleo destaca-se por uma estação seca de curta duração, com dois a três meses de precipitação reduzida. Essa característica, embora breve, é suficiente para gerar uma deficiência hídrica anual moderada, que se traduz em um déficit de entre 100 e 350 milímetros de água. Essa classe climática abrange 72,05% do território paraense, ocupando o que equivale a uma área de cerca de 902.000 km². Contemplando os municípios das mesorregiões do Sudoeste Paraense, Baixo Amazonas e parte das mesorregiões do Nordeste (compreendendo os municípios de Tailândia e Moju) e Sudeste Paraense, incluindo a capital Belém.

De acordo com a coleta de dados de 2018 a 2022, obtivemos um índice pluviométrico médio anual de 3.160 mm que caracteriza um excesso hídrico de 1.740 mm, sendo 92,5% desse excesso acumulado no primeiro semestre. No entanto, obtivemos déficit hídrico médio de 275 mm acumulados no segundo semestre. Sendo assim, podemos observar que existem boas condições pluviométricas à cultura da palma de óleo, o problema está na má distribuição das chuvas ao longo do ano, fato este que possui interação direta na população de besouros polinizadores.

Como o período de maior emissão de inflorescências se dá no primeiro semestre, impulsionado pela demanda de água, isso indica que o primeiro semestre é o principal período para o processo de polinização, já que é o período que detém a maior emissão de inflorescências (Figura 15). No entanto é o período de maior precipitação pluviométrica e como já observado não estabelece as melhores condições aos besouros polinizadores.

Figura 15: Gráfico da média e desvio padrão sobre a distribuição mensal da emissão de inflorescências na palma de óleo, as quais deverão ser submetidas ao processo de polinização. Informação relativa a 21 anos de dados no município de Tailândia/PA



Fonte: Diogenes Pessôa (2024)

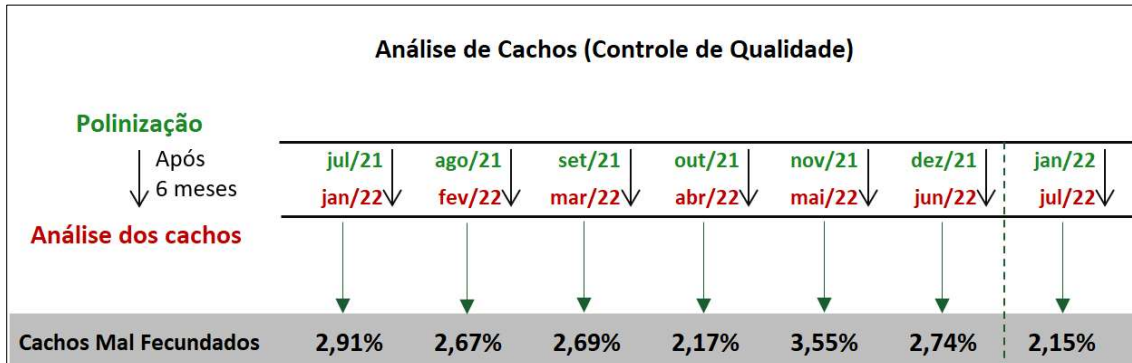
Com base nos resultados obtidos, nas condições estudadas, essa densidade populacional de besouros em plantio não contíguos, torna-se inadequado, conforme os resultados atingidos por Prada *et al.* (1998), pois uma inflorescência feminina deve ser visitada por um número suficiente de besouros para estabelecer uma polinização no seu potencial máximo de fecundação, ou seja, provavelmente haverá a formação de cachos mal fecundados.

Donough *et al.* (1996) estimaram que um nível de cerca de 34 besouros/espiguetas, cerca de 4 inflorescências/ha, que são equivalentes a uma população de 20.000 besouros por hectare, promoveria uma fecundação razoável. Syed & Saleh (1998) sugerem que se a população de besouros for inferior a cerca de

700/inflorescência feminina, a fecundação poderá ser inadequada. Com isso, podemos estimar que para obtenção de bons resultados de fecundação a escala do nível populacional dos besouros deva estar no quantitativo máximo do nível 2 e tendenciando a quantidades maiores de besouros polinizadores (nível 3).

Essa baixa densidade de besouros e seus efeitos nos plantios não contíguos, podem ser corroborados pelos dados coletados pelo controle de qualidade do município de Moju-PA que no primeiro semestre de 2022, com frutos polinizados no segundo semestre de 2021, registrou em suas análises do indicador: cachos mal fecundados, uma média de 2,74 % (sendo estabelecido 1% como sendo o nível máximo aceitável de não conformidade para este indicador de qualidade). Frutos estes provenientes de plantios não contíguos (Figura 16) em um período em que a população dos besouros já deveria estar estabilizada em níveis populacionais satisfatórios.

Figura 16: Análise de qualidade do indicador cachos mal fecundados, provenientes de fazendas isoladas (não contiguas). Dados coletados de janeiro a julho de 2022 pelo controle de qualidade no município de Moju-PA. Nesta figura é feita alusão ao mês de análise do cacho (em vermelho) e seu provável mês de polinização (em verde)



Fonte: Diogenes Pessôa (2024)

Os dados da Figura 15 sugerem que a retomada do crescimento populacional dos besouros polinizadores, após períodos de altas precipitações pluviométricas, podem sofrer variação, quando fazendas isoladas (não contíguas) não compartilham besouros polinizadores de outras fazendas que estejam com um melhor nível populacional.

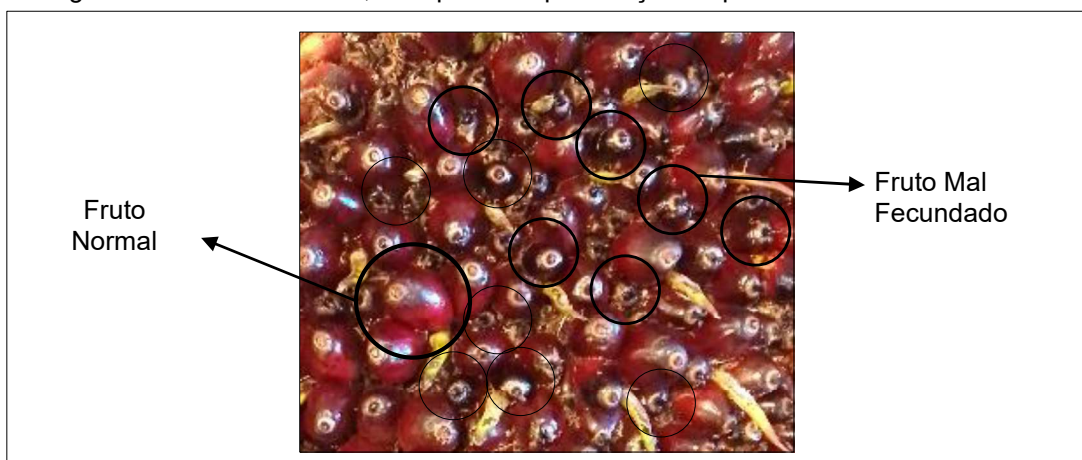
Ghazali & Wood (1982) e Salleh & Shukor (1990) estimaram que *Elaeidobius* eram capazes de voar uma distância percorrida que poderia chegar de 200 a 300 metros.

Segundo Costa & Oliveira (2013) e Gonçalves & Lorenzzi (2011), os besouros em comparação a outros insetos polinizadores não possuem voos eficientes, daí o fato do gênero *Elaeidobius* não voar sob chuva. A chuva limita o voo dos *Elaeidobius*, diminuindo a frequência de visitas às inflorescências masculinas. Isso pode levar à redução da polinização e, conseqüentemente, interferir na fecundação de frutos.

O excesso de chuva também dificulta a oviposição dos besouros em novas inflorescências masculinas. Isso pode afetar a reprodução da espécie por aumentar o risco de afogamento dos besouros, especialmente em áreas com água ao longo da palma de óleo, além de água parada ou empoçada no solo. Assim como pela possibilidade das espiguetas contendo ovos e larvas serem lavadas pelas intensas chuvas, fato este que se torna mais agravante a espécie *E. subvittatus* que necessita de 5 dias a mais para chegar a fase adulta, conforme citado por Mariau *et al.* (1991), podendo ser um agravante no restabelecimento da densidade populacional em plantios não contíguos.

Quando agrupamos os fatores que atuam no processo de polinização é possível perceber o quanto cada fator coopera para o processo final de polinização dos cachos da palma de óleo, de modo que as chuvas do primeiro semestre que interferem na população de *Elaeidobius*, surtirá efeito na produtividade de colheita com cachos mal polinizados no segundo semestre, conseqüentemente afetando no processo produtivo (Figura 17).

Figura 17: Cacho de palma de óleo com frutos mal polinizados. Foto obtida em plantio não contíguo no segundo semestre de 2022, com provável polinização no primeiro semestre do mesmo ano



Fonte: Diogenes Pessôa (2022)

Segundo Corley & Tinker (2003), a polinização eficiente das inflorescências da palma de óleo é fundamental para a produção otimizada. Ela se traduz em uma maior taxa de frutos normais ou férteis, o que, por sua vez, eleva a produtividade geral e diminui a quantidade de frutos partenocárpicos (sem sementes) e flores abortivas.

4. CONCLUSÃO

A variação na dinâmica populacional dos besouros do gênero *Elaeidobius*, polinizadores essenciais para a palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.), é altamente sensível às condições pluviométricas e à configuração espacial dos plantios. O aumento da precipitação exerce um efeito inibitório sobre as populações desses polinizadores. Essa relação inversa indica que o aumento das chuvas impacta negativamente a dinâmica populacional desses besouros polinizadores. Além disso, em fazendas de palma de óleo isoladas (não contíguas), o restabelecimento das populações de *Elaeidobius* é ainda mais comprometido pela falta de conectividade entre os plantios, limitando a dispersão dos besouros polinizadores e resultando em uma menor taxa de fecundação das flores, com consequente formação de cachos com frutos mal fecundados.

Este trabalho foi um primeiro passo no que se refere aos estudos que deverão surgir envolvendo os besouros polinizadores como sendo mais um fator correlacionado a produção e produtividade da palma de óleo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASTOS, T.X. Aspectos agroclimáticos do dendezeiro na Amazônia Oriental. In: VIEGAS, I. de M.; MÜLLER, A.A. (Org.). **A cultura do Dendezeiro na Amazônia**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental; Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p. 48-60.
- BASTOS, T.X.; MÜLLER, A.A.; PACHECO, N.A.; SAMPAIO, S.M.N.; ASSAD, E.D.; MARQUES, A.F.S. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura do dendezeiro no estado do Pará. **Rev. Bras. Agrometeorologia**, v.9, n.3, (Nº Especial: Zoneamento Agrícola), p.564-570, 2001.
- BARCELOS, E.; PACHECO, A.R.; MÜLLER, A. A. *et al.* **Dendê: Informações básicas para o seu cultivo**. Belém: Embrapa-UEPAE/Brasília: EMBRAPA-DDT, 1987. 40p. (EMBRAPA-UEPAE Belém. Documento, 1).
- BERTHAUD, A.; NUNES, C.D.M.; BARCELOS, E.; CUNHA, R.N.V. Implantação e exploração da cultura do dendezeiro. In: VIEGAS, I. J. M.; MULLER, A. A. (Ed.) **A cultura do dendezeiro na Amazônia Brasileira**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/Manaus
- CAMPANHARO, W.A; GUARIZ, H.R.; SPERANDIO, H.V.; CECILIO, R.A. Zoneamento agroclimático do dendê e do pinhão manso para o estado do Espírito Santo. In: **XII Encontro latino-americano de iniciação científica e VIII Encontro latino-americano de pós-graduação**, Universidade do Vale do Paraíba, 4p., 2008. Espírito Santo.
- CARVALHO, C.J.R. Ecofisiologia do dendezeiro (*Elaeis guineensis* JACQ). In: VIEGAS, I.J.M, MÜLLER, A.A. **A cultura do dendezeiro na Amazônia Brasileira**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2000. p.89-124.
- CALIMAM, J.P. Oil palm and water deficit: production, adapted cropping techniques. **Oléagineux**, v. 47, n. 5, p. 205-216, 1992. [3.2.3; 10.1.2.3].

CHINCHILLA, C.; ESCALANTE, M.; RICHARDSON, D.L. **Polinización en palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Centroamérica: II. Comportamiento de insectos**. Turrialba, v.40, p.461-470, 1990.

CORLEY, R.H.V.; TINKER, P.B.H. **The Oil Palm**. 4th ed. London: Longman, 2003. 604 p.

COSTA, C.C.A. & DE OLIVEIRA, F.L. **Polinização: serviços ecossistêmicos e o seu uso na agricultura**. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, Mossoró, RN, v. 8, n. 3, p. 1-10, 2013.

DONOUGH, C.R.; CHEW, K.W.; LAW, L.H. Effect of fruit set on OER and KER: results from studies at Pamol Estates (Sabah) Sdn Bhd. **Planter**, Kuala Lumpur, v. 72, p. 203-219, 1996.

DUFOUR, O.; FRÈRE, J.L.; CALIMAM, J.P.; HORNUS, P. Description of a simplified method of production forecasting in oil palm plantations based on climatology. **Oléagineux**, v. 43, n. 7, p. 271-282, 1988.

ESCOBAR, R.; CHINCHILLA, C.; PERALTA, F.; ALVARADO, A. **Aspectos generales del cultivo de la palma aceitera**. 2. ed. San José, Costa Rica: ASD, 2006. 15 p. (Septiembre).

FERWERDA, J.D. Oil palm. In: ALVIM, P.T.; KOZLOWSKI, T.T. (Org.). **Ecophysiology of tropical crops**. London: Academic Press, 1977. p. 351-383.

GIUSEPPE, H. **Afinal, o que é o inverno amazônico?** Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, Belém, 17 de Novembro de 2022. Disponível em: (https://novo.ufra.edu.br/index.php?option=com_content&view=article&id=3296&catid=17&Itemid=121#:~:text=Chega%20o%20fim%20do%20ano,%E2%80%9CInverno%20amaz%C3%B4nico%E2%80%9D%20est%C3%A1%20chegando). Acesso em 18/06/2023.

GONÇALVES, E.G. & LORENZI, H. **Morfologia Vegetal: organografia e dicionário ilustrado de morfologia de plantas vasculares**, São Paulo, Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2011, p.511.

GENTY, P.; GARZON, A.; LUCCHINI, F.; DELVARE, C. Polinización entomófila de la palma africana en América tropical. **Oléagineux**, v.41, p.99-112, 1986.

GENTY, P. **Polinización entomófila de la palma africana en América Tropical**. Colombia. Revista Palmas, v. 6, n. 3, p. 90-101, 1985.

GOH, K.J. **Climatic requirements of the oil palm for high Yields**. In: Managing oil palm for high yields: agronomic principles (Ed. By Goh, K. J), 2000. Malaysian Society Soil Science and Param Agriculture Surveys, Kuala Lumpur, p. 1-17.

GHAZALI, A.H., & WOOD, B.J. The pollination of oil palm *Elaeis guineensis* Jacq. by *Elaeidobius kamerunicus* Faust (Coleoptera: Nitidulidae). **The Journal of Applied Ecology**, 19(2), P.403-411, 1982.

HARTLEY, C.W.S. **The Oil Palm**. 3. ed. London: Longman, 1988. p. 958.

HARTLEY, C.W.S. **La palma de aceite**. 2. ed. México: Compañía Editorial Continental, 1986. p. 933.

HARTLEY C.W.S. **The Oil Palm**. London: Longman, 1977. 706p.

HARUN, M.H.; NOOR, M.R. Fruit set and oil palm bunch components. **Journal of Oil Palm Research**, v.14, p.24-33, 2002.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/dende/br>. Acesso em: 05/01/2024

INPE-PRODES. Programa de mapeamento do desmatamento. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodes.php>. Acesso em 20/03/2024.

KALINGA, K. **Cultura de Palma é nova promessa agrícola para a Amazônia**. Manaus: amigos da Terra - Amazônia Brasileira, 2002.

LUCCHINI, F.; MORIN J. P.; SOUZA, R.L.R.; LIMA, E.J.; SILVA, J.C. **Polinização entomófila do dendê, *Elaeis guineensis*, e de híbridos (OxG) em plantios comerciais de Benevides, PA**. Manaus: Embrapa-CNPDS, 1984. p. 9 (Embrapa-CNPDS. Pesquisa em andamento, 26).

LUBIS, A.U. & ADIWIGANDA, R. Agronomic Management practices of oil palm plantation in Indonesia based on land conditions. In: Proc. ISOPA/OIPRI Seminar Agronomic Update in oil palm management, p. 29-62, Indonesian Oil Palm Research Institute, 1996.

MARIAU, D.; HOUSSOU, M.; LECOUSTRE, R.; NDIGUI, B. Insectes pollinisateurs du palmier et taux de nouaison en Afrique de l'ouest. **Oleagineux**, Paris, v. 46, n. 1, p. 43- 51, 1991.

MARIAU, D.; GENTY, D. Polinização de *E. subvittatus* (Hymenoptera, Apidae) na Amazônia brasileira: influência da estação e da floração. **Anais da Sociedade Brasileira de Entomologia**, v. 22, n. 1, p. 81-87, 1988.

MOURA, J.I.L.; CIVIDANES, F.J.; SANTOS FILHO, L.P.; VALLE, R.R. Polinização do dendezeiro por besouros no sul da Bahia. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 3, p. 289-294, mar. 2008.

MORAES, V.H.F.; BASTOS, T.X. Viabilidade e limitações climáticas para as culturas permanentes e anuais com possibilidade de expansão na Amazônia brasileira. In: INSTITUTO DE PESQUISA AGROPECUÁRIO DO NORTE. **Boletim técnico**, Belém, v. 54, p. 68-122, 1972.

MÜLLER, A.A., ALVES R.M. **A dendeicultura na Amazônia Brasileira. Belém: Embrapa Amazônia Oriental**, 1997. 44p. (Documentos, 91).

NG, S.K. The Oil Palm, Its culture, manuring and utilisation. **International Potash Institute**, Basel, Switzerland, 142 p.

OLIVIN, J. Etude pour la localisation d' une bloc industriel de palmiers à huile. II. Les critères de jugement. **Oleagineux**, 23, p. 499-504, 1968.

OLIVIN, J. Etude pour la localisation d' une plantation industrielle de palmiers à huile. **Oleagineux**, Paris, v. 41, n. 3, p. 103-118, 1986.

OCHS, R. & DANIEL, C. **Research on techniques adapted o dry regions**. In: Oil palm research (Ed. By R.H.V. Corley, J. J. Hardon & B. J. Wood), p. 315-330, Elsevier, Amsterdam, 1976.

PARENTE, V.; OLIVEIRA JR, A.R; COSTA, A.M. **Projeto potencialidade regionais estudo de viabilidade econômica: Dendê**. Manaus: FGV, 2003. 29 p.

PESSÔA, D.N. **Controle Estatístico da Qualidade com Ênfase ao Gerenciamento das Perdas Agrícolas na Cultura do Dendê**. 2009. 34 p. Monografia (Especialização em Gestão de Empresas com Ênfase em Qualidade) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2009.

PRADA, M.; MOLINA, D.; VILLARREL, D.; BARRIOS, R.A. Efectividad de dos especies del género *Elaeidobius* (Coleoptera: Curculionidae) como polinizador en palma aceitera. **Bioagro**, v. 10, p. 3-10, 1998.

RAMALHO FILHO, A.; MOTTA, P.E.F.; NAIME, U.J.; GONÇALVES, A.O.; TEIXEIRA, W. G. Zoneamento agroecológico para a cultura da palma de óleo nas áreas desmatadas da Amazônia Legal. In: RAMALHO FILHO, A.; MOTTA, P.E.F; FREITAS, P.L.; TEIXEIRA, Wenceslau Geraldes (Ed.). **Zoneamento agroecológico, produção e manejo para a cultura da palma de óleo na Amazônia**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. p. 57- 68.

SYED, R. Los insectos polinizadores de la palma africana, Colombia. **Revista Palmas**, 5(3): 19-64, 1984.

SYED, R.A.; LAW, I.H.; CORLEY, R.H.V. Insect pollination of oil palm: Introduction, establishment and pollinating efficiency of *Elaeidobius kamerunicus* in Malaysia. **Planter**, v. 58, p. 547-561, 1982.

SYED, R.A. Insect pollination of oil palm: feasibility of introducing *Elaeidobius* spp. Into Malaysia. In: **The oil palm in agriculture in the eighties**, v. 1 (Ed. By E. Pushparajah & Chew P. S.), 1982, p. 263-290. In: Soc. Planters, Kuala Lumpur.

SYED, R.A.; **Studies on pollination by insects. Bulletin of Entomological Research**, v. 9, p. 231-224, 1979.

SYED, R.A. & SALEH, H.A. Integrated pest management of bagworms in oil palm plantations of PTTP London Sumatra Indonesia TBK (with particular reference to *Mahasena corbetti* Tams) in North Sumatra. In: Proc. 1998 Int. Oil Palm Conf. Commodity of the past, today and future (Ed. by A. Jatmika et al.). 1998. p. 386-391. Indonesian Oil Palm Res. Inst., Medan, Indonesia.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The Water Balance Through Evapotranspiration and the Theory of Heat Transfer. **Publications in Climatology**, v. 8, n. 1, p. 1-104, 1955.

USDA, Foreign Agricultural Service - Departamento de Agricultura dos EUA. Disponível em: <https://fas.usda.gov/data/production/commodity/4243000>. Acesso em 03/05/2024.

VALLEJO, G. **BOTÁNICA: La palma africana de aceite**. Bogotá: TOA, p. 246-276, 1981.

YOSHINO, J.Y.; MAUES, M.M.; SANTOS, A.C.S. Levantamento preliminar de curculionídeos associados à palma de óleo e híbrido interespecífico BRS Manicoré no Pará. In: **Seminário de iniciação científica, 19.: seminário de pós-graduação da Embrapa Amazônia oriental, 3., 2015, Belém, PA**. Anais... Belém, PA: Embrapa Amazônia oriental, p. 111-114, 2015.

YUE, J.; YAN, Z.; BAI, C.; CHEN, Z.; LIN, W.; JIAO, F. **Pollination activity of *Elaeidobius kamerunicus* (Coleoptera curculionidae) on oil palm on Hainan Island**. Florida Entomologist, v. 98, n. 2, p. 499-505, 2015.