

Pesquisas agrárias e ambientais

Volume XIV

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
Org.

Alan Mario Zuffo
Jorge González Aguilera
Organizadores

Pesquisas agrárias e ambientais
Volume XIV



Pantanal Editora

2023

Copyright© Pantanal Editora

Editor Chefe: Prof. Dr. Alan Mario Zuffo

Editores Executivos: Prof. Dr. Jorge González Aguilera e Prof. Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diagramação: A editora. **Diagramação e Arte:** A editora. **Imagens de capa e contracapa:** Canva.com. **Revisão:** O(s) autor(es), organizador(es) e a editora.

Conselho Editorial

Grau acadêmico e Nome

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos
Prof. MSc. Adriana Flávia Neu
Prof. Dra. Allys Ferrer Dubois
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior
Prof. MSc. Aris Verdecia Peña
Prof. Arisleidis Chapman Verdecia
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva
Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo
Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu
Prof. Dr. Carlos Nick
Prof. Dr. Claudio Silveira Maia
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos
Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva
Prof. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos
Prof. MSc. David Chacon Alvarez
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira
Prof. Dra. Denise Silva Nogueira
Prof. Dra. Dennyura Oliveira Galvão
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves
Prof. Me. Ernane Rosa Martins
Prof. Dr. Fábio Steiner
Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza
Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez
Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira
Prof. MSc. Javier Revilla Armesto
Prof. MSc. João Camilo Sevilla
Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales
Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski
Prof. MSc. Lucas R. Oliveira
Prof. Dra. Keyla Christina Almeida Portela
Prof. Dr. Leandro Argentel-Martínez
Prof. MSc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann
Prof. MSc. Marcos Pisarski Júnior
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla
Prof. MSc. Mary Jose Almeida Pereira
Prof. MSc. Núbia Flávia Oliveira Mendes
Prof. MSc. Nila Luciana Vilhena Madureira
Prof. Dra. Patrícia Maurer
Prof. Dra. Queila Pahim da Silva
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty
Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo (*In Memoriam*)
Prof. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos
MSc. Tayronne de Almeida Rodrigues
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca
Prof. MSc. Wesclen Vilar Nogueira
Prof. Dra. Yilan Fung Boix
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

Instituição

OAB/PB
Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã
UO (Cuba)
IF SUDESTE MG
Facultad de Medicina (Cuba)
ISCM (Cuba)
UFESSPA
UEA
UNEMAT
UFV
AJES
UFGD
UEMS
IFPA
UNICENTRO
IFMT
UFMG
URCA
ISEPAM-FAETEC
IFG
UEMS
UFF
(Colômbia)
UNAM (Peru)
IFRR
UCG (México)
Mun. Rio de Janeiro
UNMSM (Peru)
UFMT
Mun. de Chap. do Sul
IFPR
Tec-NM (México)
Consultório em Santa Maria
UFJF
UEG
FAQ
UNAM (Peru)
SEDUC/PA
IFB
IFPA
UNIPAMPA
IFB
UO (Cuba)
UFMS
UFPI
UFG
UEMA
IFB
UFPI
FURG
UO (Cuba)
UFT

Conselho Técnico Científico
- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior
- Esp. Maurício Amormino Júnior
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Ficha Catalográfica

Catálogo na publicação
Elaborada por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

P474

Pesquisas agrárias e ambientais - Volume XIV / Organizadores Alan Mario Zuffo, Jorge González Aguilera. – Nova Xavantina-MT: Pantanal, 2023.

Livro em PDF

ISBN 978-65-81460-76-1

DOI <https://doi.org/10.46420/9786581460761>

1. Agronomia. 2. Sustentabilidade. 3. Meio ambiente. I. Zuffo, Alan Mario (Organizador). II. Aguilera, Jorge González (Organizador). III. Título.

CDD 630

Índice para catálogo sistemático

I. Agronomia



Nossos e-books são de acesso público e gratuito e seu download e compartilhamento são permitidos, mas solicitamos que sejam dados os devidos créditos à Pantanal Editora e também aos organizadores e autores. Entretanto, não é permitida a utilização dos e-books para fins comerciais, exceto com autorização expressa dos autores com a concordância da Pantanal Editora.

Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br

Apresentação

As áreas de Ciências Agrárias e Ciências Ambientais são importantes para a humanidade. De um lado, a produção de alimentos e do outro a conservação do meio ambiente. Ambas, devem ser aliadas e são imprescindíveis para a sustentabilidade do planeta. A obra, vem a materializar o anseio da Editora Pantanal na divulgação de resultados, que contribuem de modo direto no desenvolvimento humano.

O e-book “Pesquisas Agrárias e Ambientais Volume XIV” é a continuação de uma série de volumes de e-books com trabalhos que visam otimizar a produção de alimentos, o meio ambiente e promoção de maior sustentabilidade nas técnicas aplicadas nos sistemas de produção das plantas e animais. Ao longo dos capítulos são abordados os seguintes temas: Qualidade de vida e segurança do trabalho na mineração frente ao risco de rompimento de barragens sustentabilidade na agricultura; os condicionantes socioambientais da dengue na área urbana; estrutura, agregação e erosão do solo: da matéria orgânica à desestabilização; biologia floral do pepino e sua relação com os polinizadores; estressores na abelha sem ferrão; biologia floral e polinização no quiabeiro; adubação orgânica com espécies espontâneas do semiárido na produtividade do coentro; produtividade de hortelã adubada com mistura de jtitirana e mata-pasto; floração, frutificação, síndrome de dispersão e de polinização de espécies florestais em projetos de restauração. Portanto, esses conhecimentos irão agregar muito aos seus leitores que procuram promover melhorias quantitativas e qualitativas na produção de alimentos e do ambiente, ou melhorar a qualidade de vida da sociedade. Sempre em busca da sustentabilidade do planeta.

Aos autores dos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos na área de Ciência Agrárias e Ciências Ambientais Volume XIV, os agradecimentos dos Organizadores e da Pantanal Editora. Por fim, esperamos que este ebook possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias e avanços para as áreas de Ciências Agrárias e Ciências Ambientais. Assim, garantir uma difusão de conhecimento fácil, rápido para a sociedade.

Os organizadores


Sumário

Apresentação	4
Capítulo 1.....	6
Qualidade de vida e segurança do trabalho na mineração frente ao risco de rompimento de barragens	6
Capítulo 2.....	21
Sustentabilidade na Agricultura: Histórico e Evolução de Práticas Agrícolas	21
Capítulo 3.....	39
Os condicionantes socioambientais da dengue na área urbana do município de Paranagua-PR	39
Capítulo 4.....	57
Estrutura, agregação e erosão do solo: da matéria orgânica à desestabilização.....	57
Capítulo 5.....	67
Biologia floral do pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.) e sua relação com os polinizadores: Uma revisão de literatura	67
Capítulo 6.....	77
Estressores na abelha sem ferrão <i>Nannotrigona testaceicornis</i> (Lepeletier, 1836) (Hymenoptera: Apidae)	77
Capítulo 7.....	94
Biologia floral e polinização no quiabeiro (<i>Abelmoschus esculentus</i> (L.) Mench): Uma revisão de literatura	94
Capítulo 8.....	103
Organic fertilization with spontaneous species from the semiarid region in the of coriander productivity.....	103
Capítulo 9.....	113
Productivity of mint fertilized with a mixture of jitirana (<i>Merremia aegyptia</i> L.) and mata-pasto	113
Capítulo 10	124
Aspectos fenológicos e síndromes de dispersão e polinização de espécies florestais em projetos de restauração ecológica na Mata Atlântica	124
Índice Remissivo	145
Sobre os organizadores.....	147

Qualidade de vida e segurança do trabalho na mineração frente ao risco de rompimento de barragens

Recebido em: 08/11/2022

Aceito em: 21/11/2022

 10.46420/9786581460761cap1

Amanda Karolina Silva dos Santos^{1*} 

Stanley Schettino¹ 

INTRODUÇÃO

Em pleno século XXI, torna-se cada vez mais importante discutir ideias relativas à segurança do trabalho e da qualidade de vida na mineração. A qualidade de vida no trabalho (QVT) é um diferencial competitivo entre as organizações, formada pela participação pessoal e da cooperação entre as pessoas Chiavenato (2004). No sentido de manter as pessoas satisfeitas e motivadas com o trabalho que executam.

Com a globalização, e ao mesmo tempo em que as organizações passam a exigir mais de seus colaboradores, verifica-se que as organizações estão mudando suas percepções quanto à QVT no que diz respeito à satisfação e à produtividade.

No Brasil, embora as leis avancem com considerável velocidade, vê-se ainda que muitas empresas não cumprem as condições mínimas necessárias para o desenvolvimento de um trabalho seguro. É sabido que a mineração sempre foi considerada como uma das atividades mais perigosas que oferecem riscos e danos à saúde do trabalhador como doenças decorrentes da atividade extrativista, soterramentos, intoxicações, lesões físicas ou psicológicas, dentre outras.

De acordo com Espósito (2000), elucida que a atividade de mineração envolve um conjunto de ações desde a pesquisar, descobrir, mensurar, extrair, tratamento ou beneficiar até transformar recursos minerais de forma a torná-los benefícios econômicos e sociais (IBRAM, 2016). É uma atividade primordial no mundo à extração econômica de bens minerais da crosta terrestre provocando transformações no meio ambiente, através de atividades de lavra e processo para aproveitamento industrial ou uso direto, mas dentre as etapas da mineração, especificamente a de tratamento e beneficiamento do minério, são gerados rejeitos do processo.

Os rejeitos são resíduos resultantes de processos de beneficiamento, a que são submetidos os minérios, visando extrair os elementos de interesse econômico (produto final). Esses processos têm a finalidade de regularizar o tamanho dos fragmentos, remover minerais associados sem valor econômico e aumentar a qualidade, pureza ou teor do produto final (Espósito, 2005).

¹ Universidade Federal de Minas Gerais - Instituto de Ciências Agrárias.

* Autora correspondente: amanda.ksilva@hotmail.com

A disposição dos rejeitos da mineração é feita, frequentemente, em barragens. Por definição, elas são qualquer estrutura construída dentro ou fora de um curso permanente ou temporário de água, em talvegue ou em cava exaurida com dique, para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas (LEI Nº 14.066, DE 30 DE SETEMBRO DE 2020).

De acordo com IBRAM (2016), as barragens de contenção de rejeitos são estruturas construídas ao longo do tempo visando à diluição dos custos no processo de extração mineral, por meio de alteamentos sucessivos. Assim, um dique de partida é construído inicialmente e a barragem passa por alteamentos ao longo de sua vida útil, podendo ser construídas com material compactado proveniente de áreas de empréstimo, ou com o próprio rejeito, através de três métodos: montante, jusante ou linha de centro.

Um marco foi a instituição da Lei Ordinária 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que constituiu a Política Estadual de Segurança de Barragens – PESB, estabeleceu a obrigatoriedade de descaracterização das barragens construídas pelo método de montante.

Apesar do setor de atividade de mineração ter reduzido o número de acidentes de 6.396 em 2008 para 6.016 em 2010, a indústria extrativa mineral é ainda responsável pelas maiores taxas de mortalidade dentre toda a indústria brasileira, na ordem de 30% seguida pelo setor da construção civil 17% (Pellegrinelli, 2013).

O trabalho nas minas exige a movimentação do solo e a execução de operações subterrâneas que aumentam os riscos de deslizamentos. A atividade garimpeira detém de grau de risco 4 conforme Norma Regulamentadora (NR) 4 (MTE, 2008), e apresenta muitos perigos tais como os riscos: ergonômico, químico, físicos e biológicos, os quais estão presentes em todas as operações. Estes riscos estão associados os agentes: calor, poeira, esforço físico excessivo e quedas. Assim, a atividade deve somente ser realizada se houver a estabilidade e o monitoramento das áreas e apresente segurança para o operador, entretanto isso nem sempre procede.

Segundo Pellegrinelli (2013), em 2010, 29% dos acidentes do setor mineral foram fatais, superando até o setor da construção, com 17% de fatalidade. Esses números e as notícias de acidentes mortais, principalmente em minas de carvão, parecem mostrar que a mineração é uma indústria na qual se desenvolvem tarefas totalmente manuais em condições penosas e os trabalhadores estão totalmente desprotegidos.

A ONU e a OIT, além de ONGs como a Anistia Internacional e Human Rights Watch, divulgam relatórios denunciando a situação precária dos trabalhadores em minas de carvão, minério de ferro, cobre, magnésio, manganês, prata, ouro, diamante, entre outras. Jornais também frequentemente reportam acidentes nos quais mineradores morrem ou passam dias soterrados, como o que ocorreu em uma mina de cobre em Copiapó, no Chile, em 2010. Ou em minas de carvão na China em 2010, 2013, e 2014. A

China é inclusive, a campeã mundial em acidentes em minas de carvão. As condições e situações nestes ambientes são desumanas e calamitosas sobretudo para as mulheres e menores de idade (ALT, 2015).

Ficou registrado na vida dos brasileiros e no meio ambiente os dois grandes desastres recentes ocorridos no país – a barragem rompida em Mariana, Minas Gerais (MG), da Samarco, em 2015 e o rompimento da barragem da Vale no Córrego do Feijão em Brumadinho, em 2019 – causando um crescente onda de insegurança dos mineradores, somando-se ao cenário atual de barragens que se encontram em situação de risco. Das 454 barragens inseridas na Política Nacional de Segurança de Barragens, por exemplo, 42 foram declaradas de risco (ANA, 2016).

Os severos impactos socioambientais resultaram desses acidentes, além de ampla discussão com resultados significativos na reformulação do arcabouço legal e normativo no que se refere à regulamentação das barragens de rejeito em Minas Gerais.

A NR-22 é uma norma setorial com classificação estabelecida na Portaria SIT nº 787, de 29 de novembro de 2018, posto que regulamenta a execução do trabalho em setores ou atividades econômicas específicas, qual seja, mineração. Esta norma regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego – MTE, específica das condições de saúde e segurança na mineração a céu aberto e subterrâneo, incluindo os garimpos, o beneficiamento de minérios e a pesquisa mineral, que segue a Convenção 176 da OIT (Brasil, 2011).

Os riscos existentes nessas atividades mineradoras dependem de algumas condições, entre as quais podemos destacar na obra de Vidal et al. (2014):

- Tipo de mineral ou lavrado: Ferro, ouro, bauxita, manganês, mármore, granito, asbestos, talco etc.
- Formação geológica do mineral e da rocha encaixante (hospedeira). Tal conhecimento é importante, pois, dependendo da formação geológica, o mineral lavrado poderá conter outros minerais “contaminantes”, como, por exemplo, a conhecida possibilidade de contaminação do talco com amianto.
- Porcentagem de sílica livre no minério lavrado. Também guarda relação com o tipo de mineral lavrado e com a rocha encaixante. Existem minérios e rochas encaixantes que têm uma maior ou menor porcentagem de sílica livre que varia de região para região. Por exemplo, o mármore possui menor quantidade de sílica livre do que o granito.
- Presença de gases. A ocorrência de gases, principalmente metano, é mais comum em rochas sedimentares do tipo carvão mineral e potássio, sendo importante atentar para sua presença especialmente em minas subterrâneas. É importante destacar também que gases podem se acumular em áreas abandonadas de minas subterrâneas, que apresentam riscos quando da sua retomada.
- Presença de água. Importante em minas subterrâneas, mas também em minas a céu aberto pelo risco de inundações.
- Métodos de lavra. Implicam em diversos riscos, pois alteram o maciço rochoso, possibilitando desabamento, se não forem executados adequadamente.

A NR 22 estabelece também a série seguinte de responsabilidades:

- Estabelecer, em contrato, nome do responsável pelo cumprimento da Norma;
- interromper todo e qualquer tipo de atividade que exponha os trabalhadores a condições de risco grave e iminente para sua saúde e segurança;

- garantir a interrupção das tarefas, quando proposta pelos trabalhadores, em função da existência de risco grave e iminente, desde que confirmado o fato pelo superior hierárquico, que diligenciará as medidas cabíveis;
- fornece às empresas contratadas as informações sobre os riscos potenciais nas áreas em que desenvolverão suas atividades;
- coordenar a implementação das medidas relativas à segurança e saúde dos trabalhadores das empresas contratadas e prover os meios e condições para que estas atuem em conformidade com esta norma;
- elaborar e implementar o Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional -PCMSO (NR 7);
- elaborar e implementar o Programa de Gerenciamento de Riscos - PGR, contemplando os aspectos abordados nessa norma; e
- implementar uma Comissão Interna de Prevenção de Acidentes, Cipa, e denominada, para a mineração, de Cipamin, e formada por representantes do empregador e dos trabalhadores, com a missão de desenvolver ações que melhorem as condições de trabalho para evitar acidentes e doenças em empresas de mineração (Vidal et al., 2014).

Sobretudo, seguir as normas e trabalhar a comunicação interna é um dos princípios para manter a integração entre setores. Através dela, é possível que qualquer problema dentro da empresa seja rapidamente comunicado aos superiores, para que possam tomar medidas antes que provoque algum acidente.

Por outro lado, sabe-se que as relações interpessoais, os conflitos e a satisfação no ambiente de trabalho são fatores que podem afetar a qualidade de vida e segurança do trabalho. Em outros casos, a falta de reconhecimento pelo trabalho executado pode ser um fator que tende a comprometer a motivação e a satisfação em um ambiente de trabalho.

Nesse contexto, a situação problema a ser analisada neste estudo passa pelo seguinte questionamento: como a natureza do trabalho desenvolvido na mineração influencia na qualidade de vida e na segurança dos seus colaboradores?

A QVT é um tema que vem despertando cada vez mais interesse no setor trabalhista, afinal, o mundo contemporâneo no qual a sociedade está inserida é um mundo de organizações caracterizado por um ambiente dinâmico e em constante mudança que exige dessas organizações elevada capacidade de adaptação como condição para sua sobrevivência.

A QVT entende-se como ações que uma empresa adota para melhorar o grau de satisfação de um colaborador com sua função e com o ambiente corporativo, visando aos impactos que esse bem-estar pode trazer aos resultados da organização, podendo aumentar a produtividade. De acordo França (1997) a definição de QVT corresponde:

“Qualidade de vida no trabalho (QVT) é o conjunto das ações de uma empresa que envolve a implantação de melhorias e inovações gerenciais e tecnológicas no ambiente de trabalho. A construção da qualidade de vida no trabalho ocorre a partir do momento em que se olha a empresa e as pessoas como um todo, o que chamamos de enfoque biopsicossocial. O posicionamento biopsicossocial representa o fator diferencial para a realização de diagnóstico, campanhas, criação de serviços e implantação de projetos voltados para a preservação e desenvolvimento das pessoas, durante o trabalho na empresa” França (1997).

A QVT associa-se ao nível de rendimento, saúde, bem-estar e eficiência do funcionário. As grandes mudanças que assolam este mundo globalizado requerem pessoas capacitadas e com habilidades aprimoradas para que possam desempenhar os mais variados papéis dentro de uma organização.

Diante disso, o estudo tem como objetivo analisar as percepções de trabalhadores da mineração com relação às condições de segurança e qualidade de vida geral em seu ambiente laboral e identificar os fatores que afetam a QVT e a segurança do trabalhador na mineração frente ao risco de rompimento de barragens.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a classificação da pesquisa, torna-se como base a taxionomia apresentada por Vergara (1990), que a quantifica em relação a dois aspectos: quantos aos fins e quanto aos meios.

Quanto aos fins, a pesquisa será classificada como: exploratória e descritiva. É exploratória porque se buscou conhecer informações necessárias para conhecer o universo dos trabalhadores da área em estudo, além de formular ideias e hipóteses. Descritiva, porque visa descrever percepções, expectativas e sugestões dos trabalhadores do setor mineral, acerca do seu cotidiano de trabalho.

Quanto aos meios, a pesquisa será classificada como: pesquisa de campo e estudo de caso. A pesquisa será de campo, pois coletará dados de diversos trabalhadores da mineração em duas minas, para a elaboração desta pesquisa, bem como a aplicação de questionários para coletar informações necessárias sobre a QVT no ambiente de estudo.

O estudo é classificado como estudo de caso, pois Gil (2009), afirma que os estudos de caso possibilitam estudar em profundidade o grupo, organização ou fenômeno, considerando suas múltiplas dimensões. Possibilita a utilização de instrumentos que conferem maior profundidade dos dados. E são utilizados para descrição de características de indivíduos grupos, organizações e comunidades. No estudo de caso, utiliza-se de instrumentos padronizados como questionários e entrevistas, que conduzem a resultados caracterizados pela precisão.

A amostra foi definida pelo critério de acessibilidade e para efeito de produção da pesquisa foram considerados 25 (vinte e cinco) respondentes de diversos setores da mineração em duas minas, situadas no Norte de Minas Gerais, em que foram mantidos seus nomes e das empresas em sigilo.

Para a coleta de dados, foi utilizado questionário abordando temas como qualidade de vida, ambiente, segurança e satisfação do trabalho, composto por 14 (quatorze) questões, sendo que 10 (dez) questões foram fechadas, com uma única opção de resposta, e demais questões abertas, para possíveis sugestões e melhorias no ambiente de trabalho considerando a experiência laboral. A partir do questionário aplicado, foi possível conhecer as opiniões, informações relacionadas às percepções e experiências dos respondentes quanto à qualidade de vida e segurança no trabalho do setor mineral.

A partir dos dados coletados a análise e interpretação dos dados foram iniciadas com a codificação, tabulação e análise descritiva dos dados até se chegar à interpretação.

Foi elaborado gráficos no e tabela no Excel, pelos trabalhadores nas duas minas a fim de analisar a fragilidade do ambiente trabalhista e as percepções, em relação a qualidade de vida.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após análise dos dados obtidos, pelos 25 entrevistados, de duas empresas de mineração no Norte de Minas Gerais - MG foi verificado um índice de insatisfação alto a moderada em trabalhar no local e sobre as funções trabalhistas e condições designadas. Para a maioria dos entrevistados, estão razoavelmente ou insatisfeitos na atividade trabalhista como constatado nesta pesquisa.

Entretanto, contraria ao considerado para a maioria dos trabalhadores declararam que as condições gerais de trabalho nas minas (instalações físicas, equipamentos e etc.) indicaram que são adequadas (Figura 1).

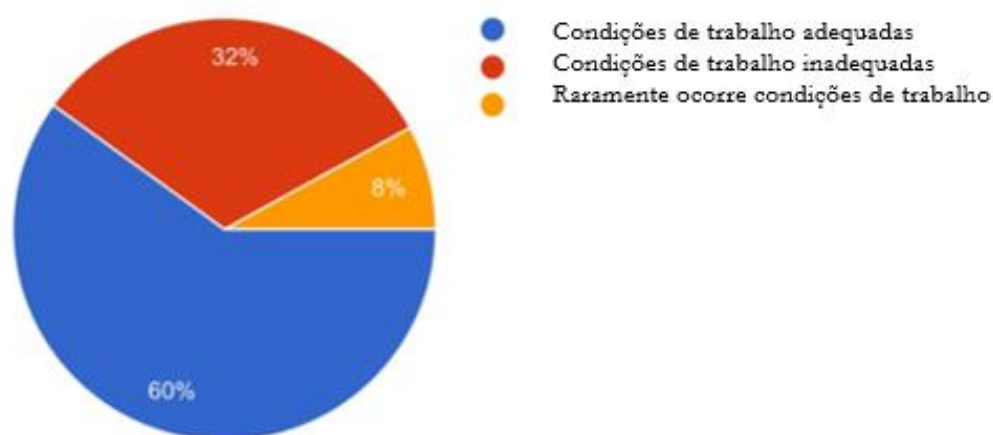


Figura 1. Condições gerais de trabalho (instalações físicas, equipamentos e etc.) nas minas. Fonte: os autores.

Muitos trabalhadores ficam inibidos em declarar desfavoráveis as condições de trabalho ou de infraestrutura do ambiente de trabalho com receio de perderem o emprego, visto que é o sustento de suas famílias, e omitem ou não são fidedignos em suas respostas a respeito desse tema. A fragilidade e submissão de muitos trabalhadores de nível socioeconômico baixo são fatores que os restringe a submeter às condições desfavoráveis.

Segundo Rodrigues (2004), poeiras e restos do minério em suspensão no ar associados à falta de ventilação podem desencadear doenças pulmonares e outros problemas de saúde nos trabalhadores, dentro das minas, e eles usam velas para iluminar os túneis e conferir a presença de oxigênio, de acordo com o MTE. Algumas destas questões que podem afetar a saúde física e mental dos colaboradores.

Conforme a NR-09, os riscos ambientais são considerados os agentes físicos, químicos e biológicos existentes no ambiente de trabalho que, em função de sua natureza, concentração ou intensidade e tempo de exposição, podem causar danos à saúde do trabalhador.

Segundo Pinheiro (2022) os trabalhadores em minas que está integralmente na linha de frente resulta em perceber riscos pontuais e, muitas vezes, se vê obrigado a enfrentá-los mas é efeito somatório depois na sua saúde, e cresce os acometidos por problemas de saúde mental tais como: problemas de hipertensão, problemas emocionais, pessoas falando em ideação suicida, problemas sociais com a perda de emprego e o receio de voltar ao local de trabalho.

Na literatura, os mineradores relatam transtornos mentais como insônia, fadiga, ansiedade, esquecimento, insegurança, irritabilidade e dificuldade de concentração após o crime ambiental relatado. Das 454 barragens inseridas na Política Nacional de Segurança de Barragens, por exemplo, 42 foram declaradas de risco.

No estado de Minas Gerais (MG), em 2015, ocorreu o rompimento da Barragem de Rejeitos de Fundão, no município de Mariana, que atingiu 42 milhões de metros cúbicos de rejeitos de minérios de ferro à drenagem natural (ANA, 2016). Esse acidente efetuou a perda de 19 vidas humanas, com destruição do povoado de Bento Rodrigues a jusante e com grande degradação da qualidade ambiental do trecho, de mais de 700 km, do Rio Doce onde houve o acidente (ANA, 2016).

No dia 25 de janeiro de 2019, em Brumadinho (MG), a Barragem I da Mina do Córrego do Feijão rompeu e de acordo dados da Defesa Civil do dia 5 de junho de 2019, acarretou a perda de 246 vidas humanas, com ainda 24 desaparecidos (MINAS GERAIS, 2019). A barragem rompida situa em um córrego afluente ao rio Paraopeba que deságua no rio São Francisco, e ainda não possui uma conclusão quanto aos impactos ambientais ocasionados e estão sendo feitos monitoramentos para avaliação dos desdobramentos para a bacia hidrográfica (ANM, 2019).

O recente rompimento das barragens de rejeito da Samarco e da Vale (Mariana e Brumadinho) impôs severos impactos socioambientais, mas também uma discussão ampla com resultados significativos na reformulação do arcabouço legal e normativo no que tange à regulamentação das barragens de rejeito em Minas Gerais. Pode-se citar a publicação da Lei Ordinária 23.291, de 25 de fevereiro de 2019, que instituiu a Política Estadual de Segurança de Barragens – PESB, com destaque para a exigência aos responsáveis por barragens de contenção de rejeitos alteadas pelo método a montante, da descaracterização da estrutura no prazo de 3 anos.

A pesquisa de Freitas et al. (2019) sobre mineração e saúde mental entre os trabalhadores da barragem rompida em Mariana, da Samarco, em 2015, relata transtornos mentais como insônia, fadiga, ansiedade, esquecimento, irritabilidade e dificuldade de concentração após o crime ambiental. O estudo feito pelo Núcleo de Pesquisa e Vulnerabilidade em Saúde (Naves) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e a Cáritas Regional Minas Gerais, a pesquisa indica que 60% dos trabalhadores participantes apresentam transtornos psíquicos comuns. Essa porcentagem corresponde a cerca de 10% para a população.

Segundo Freitas e Silva (2019) os dados de *World Mine Tailings Failures*, nos últimos cem anos, 356 desastres graves foram apontados com mineradoras no mundo. Sendo assim, os números registram que

são mais frequentes os desastres de rompimentos de barragens e sequelas no Brasil que apresentam que se imagina.

Dados de pesquisa evidenciam que um milhão de trabalhadores estão na mineração no Brasil e 80% são terceirizados em 41 barragens presentes e atuantes no Brasil, conforme dados do SIGBM.

Foi observado no estudo de Freitas e Silva (2019) e apontados os eventos de maior gravidade distribuídos pelo grau de gravidade e acidentes por barragens no mundo. Houve um crescimento dos eventos principalmente a partir da década de 1960 e do crescimento das falhas registradas nas barragens, e muito graves a partir dos anos 1980. Verificou-se um crescimento no registro de óbitos durante os anos 1960 com redução nas décadas seguintes. A partir dos anos 2010 a 2019 essa tendência volta a ser ascendente.

Os vínculos informais e condições mais precárias de trabalho dos mineradores podem desencadear muitos desgastes e sofrimentos ao trabalhador nas minas, pois interferem na saúde mental dos afetados e estes não conseguem se expressar no ambiente de trabalho.

Neste presente estudo, quando averiguados se são eficazes os canais de comunicação existentes no seu ambiente de trabalho, para que seus empregados possam apresentar críticas e soluções foi expressivo a negativa (52% dos entrevistados), e alguns 20% afirmam que raramente ocorre, e 4% declaram que não existe esses canais de comunicação, 4% é necessário melhorar neste aspecto e 4% explicam que as vezes a comunicação é falha devido a diversidade de atividades da gerência.

Quando os entrevistados foram indagados em relação a organização do trabalho, se esta oferece algum indicativo ou parâmetro para demonstrar como o trabalhador está se saindo na execução do serviço, a maioria dos entrevistados mineradores registraram que não existe esse retorno da gestão imediata (52%) e apenas 8% destes que relatam que raramente isso ocorre e 40% alegam que acontece o retorno do encarregado para ver como o trabalhador está se saindo na realização das atividades trabalhistas.

Apesar do setor de atividade de mineração ter reduzido o número de acidentes de 6.396 em 2008 para 6.016 em 2010, a indústria extrativa mineral é ainda responsável pelas maiores taxas de mortalidade dentre toda a indústria brasileira, na ordem de 30% seguida pelo setor da construção civil 17% (Pellegrinelli, 2013).

Segundo Pellegrinelli (2013), em 2010, 29% dos acidentes do setor mineral foram fatais, superando até o setor da construção, com 17% de fatalidade. Esses números e as notícias de acidentes mortais, principalmente em minas de carvão, parecem mostrar que a mineração é uma indústria na qual se desenvolvem tarefas totalmente manuais em condições penosas e os trabalhadores estão totalmente desprotegidos.

Diante dessa questão, os mineradores foram averiguados de como se sentem reconhecidos pelo trabalho executado, e 56% declararam que existe a consideração pelo trabalho realizado, 24% que não são reconhecidos nas atividades laborais nos quais exercem e 16% que raramente isso acontece.

A maioria dos trabalhadores relataram que o trabalho é distribuído de forma imparcial (56% dos mineradores entrevistados), ou seja, não se atentam a faixas etárias, potencial físico, capacidade de desenvolver habilidades no trabalho. Seria prudente os trabalhadores serem enquadrados conforme sua capacidade e habilidade trabalhista para minimizar os riscos. Embora, 32% dos entrevistados dizem que não é imparcial a forma de distribuição das funções trabalhistas e 12% destes afirmam que raramente pode ocorrer de uma repartição das atividades trabalhistas indiferente.

Rodrigues (2004), os riscos de acidentes na atividade mineira encontram-se praticamente em todas as etapas do processo, podendo-se destacar o uso de explosivos, manuseio de máquinas e equipamentos, além da queda de objetos. Identificar e focar as ações, para evitar a exposição aos riscos ambientais na organização é evitar perdas, tanto para as empresas como para os trabalhadores.

O caráter braçal, pesado e repetitivo desta atividade, bem como o ambiente perigoso em que se desenvolve, ofereceu/oferece riscos eminentes à saúde e a integridade física dos 11 mineradores dentre os 25 avaliados nesta pesquisa, sendo que 1 respondeu que não se aplica e os 13 responderam que não há riscos.

E dentre os riscos, abordaram que implicam quando atuam no monitoramento com equipamentos pesados, ou acesso a áreas de risco, produtos químicos e físicos, explosivos, deslizamentos/ escorregamento, animais peçonhentos, queimadas, poeira ou durante deslocamento veiculares em rodovias perigosas que além de dirigir também preciso me preocupar com todos os tramites de preparação, fadiga e cansaço e problemas de dor nas costas, respiratório e na visão por ter contato com a luz o dia todo nos olhos sem proteção (Rodrigues, 2004).

Vasconcelos et al. (2013) ressaltam os aspectos levantados sobre as condições de segurança do trabalho no garimpo Serra Branca, e classificaram os riscos ambientais existentes nas operações desenvolvidas no garimpo e evidenciaram que os locais de trabalho, pela própria natureza da atividade desenvolvida e pelas características da organização, expõem os trabalhadores aos agentes físicos, químicos, biológicos, a situações de deficiência ergonômica ou riscos de acidentes, podendo comprometer a saúde e a segurança do trabalhador.

Entendido os riscos dessa atividade trabalhista, fica evidente a necessidade de capacitação aos mineradores e, sobretudo com plano de frequência dessa iniciativa de treinamentos para adequar a realidade e simulações periódicas de como lidar com os riscos potenciais.

Na pesquisa, foi verificado se existe capacitação devida ou orientação para a execução do trabalho nas duas empresas de minas avaliadas e 68% dos entrevistados concordaram que no ambiente existe o treinamento (88%) e 16% discordam, e o mesmo índice demonstra que raramente existe capacitação devida ou orientação para a execução do trabalho nas minas aos trabalhadores.

Com base nos dados da pesquisa consta que acontece a capacitação necessária nas minas avaliadas, entretanto, evidente a necessidade de garantir maior segurança seguindo a NR – 9, bem como

medidores de parâmetros de riscos, como aparelhos que registram temperatura, metano, pressão dentre outros parâmetros que devem ser devidamente monitorados para assegurar a vida dos funcionários.

Vasconcelos et al. (2013) utilizaram o método GUT, e foi possível priorizar as ações e os principais riscos de acidentes relacionados às operações do garimpo e classificá-los de acordo com a NR – 9.

Essa preocupação com treinamentos, ações devidas em caso de riscos eminentes e melhor estruturação do local de trabalho para minimizar ocorrências de riscos potenciais a saúde física e mental dos trabalhadores apontaram um reflexo na harmonia da ambiência laboral e consequentemente na qualidade de vida.

Em relação ao ambiente de trabalho, em predominância foram expressos pelos mineradores entrevistados como ambiente agradável, embora, na somatória de 12% são contrários, de alguma forma, a essa questão (não acham ambiente laboral agradável, ou raramente, e alguns estão no momento trabalhando home office) (Figura 2).

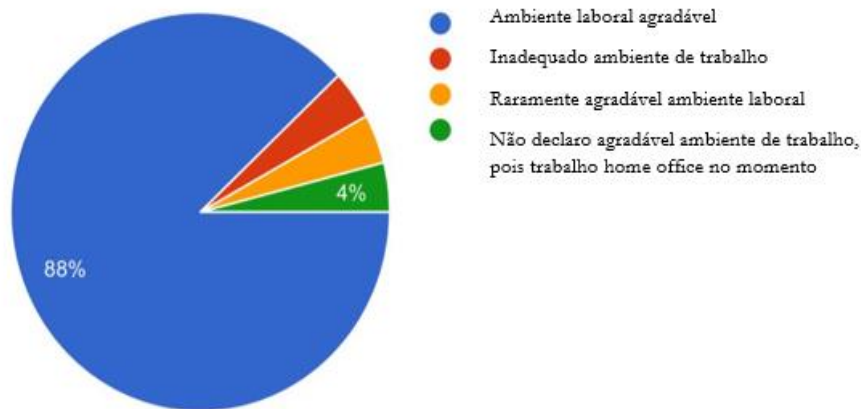


Figura 2. Ambiente de trabalho nas minas avaliadas. Fonte: os autores.

Entretanto, os mineradores quando propõe as sugestões e melhorias no ambiente de trabalho devem ser considerados, sobretudo pela experiência laboral e podem repercutir as sugestões até a gestão podendo promover acréscimos de QVT, e ganhos produtivos para as empresas, e bem-estar no ambiente de trabalho aos envolvidos.

A qualidade de vida no trabalho para os mineradores nas duas empresas no Norte de Minas Gerais avaliadas obteve uma média de 3,2 de QVT, ao ser ranqueado de 1 a 5. Sendo os maiores valores de QVT elencados para a segunda empresa que responderam as 12 primeiras perguntas abertas neste estudo em sigilo. Assim, as ações de QVT voltadas para os trabalhadores do setor mineral devem ser repensadas, com programas de melhorias no ambiente trabalhista.

Tabela 1. Síntese dos sentimentos dos trabalhadores em duas minas, situadas no Norte de Minas Gerais. Fonte: os autores.

Entrevistados/ Empresa*	Resposta do sentimento
1	Triste
2	Fiquei esperando resposta sobre o que a gerencia iria fazer de apoio à pessoa.
3	Incomodado
4	Desconfortável
5	Insegura
6	Indefesa
7	Sinto que a pessoa perde autonomia e principalmente segurança e vontade de continuar no trabalho.
8	Com sensação de raiva e indignado.
9	Nunca passei e nem presenciei.
10	Bastante preocupado e procurei saber se o problema foi resolvido.
11	Impotência, sinto-me na obrigação de poder ajudar.
12	Senti-me ofendido, humilhado e desvalorizado diante de uma situação de assédio moral oriunda justamente de um engenheiro de segurança.
13	Indignado
14	Fiquei bem chateada, mas tive a liberdade de reportar ao meu líder situações que não me senti confortável com uma situação. Não foi uma vivencia diretamente minha, porem me incomodou, pois presenciei e vi o sofrimento de um colega de trabalho.
15	Indignada, aguardando resposta do que seria feito para resolver o problema.
16	Abusiva nunca teve. Constrangedora dependendo do setor é normal.
17	Chateado, pois nunca esperava isso próximo a mim.
18	Péssimo.
19	Inconformado.
20	Indignado.
21	Insatisfeito da forma que foi resolvido.
22	Chateado.

*Sigilo total dos nomes dos entrevistados e nomes das empresas neste estudo.

Com base nas perguntas aplicadas em questionário (Apêndice) para 25 trabalhadores em minas, com uma única opção de resposta, foi possível observar o sentimento da maioria dos trabalhadores que presenciaram uma situação constrangedora ou abusiva no ambiente laboral (Tabela 1).

Essa listagem de sentimentos externados pelos trabalhadores nas duas minas avaliadas possibilita constatar a fragilidade do ambiente trabalhista e as percepções negativas dos trabalhadores em relação a sua própria qualidade de vida.

As percepções de trabalhadores da mineração com relação às condições de segurança e QVT, nas minas podem até indicar a necessidade de ações e melhorias para aumentar a qualidade de vida, segurança

e satisfação no ambiente de trabalho tão perigoso. Visto que, se nas empresas é onde o colaborador passa a maior parte de suas vidas, natural seria que as transformássemos em lugares mais aprazíveis e saudáveis para a execução do trabalho para exercer suas funções com qualidade de vida, satisfação e alegria.

Ceribelli et al. (2020) ressaltam que a importância de se priorizar QVT na atividade mineradora pois permite a redução da ocorrência de acidentes, auxiliar na promoção da saúde ocupacional e também na diminuição dos riscos de incêndios. Ainda impacta positivamente no funcionário e propicia com que as tarefas sejam realizadas de formas mais organizadas, elevando a produção e melhorando a satisfação e qualidade do trabalho.

Dessa forma, os sentimentos dos mineradores avaliados podem evoluir para satisfação, gratidão, generosidade e contentamentos, à medida que a gestão de risco ocupacional nas empresas potencializar uma visão mais integrada, eficiente e objetiva em setores que dependem fortemente da segurança operacional.

Para isso, faz necessário o fortalecimento da gestão das empresas a partir de suas particularidades e, com isso, a revisão da NR 22 às especificidades do setor, garantindo acréscimo na QVT e melhorias produtivas. Propõe-se a adoção de um sistema de gerenciamento de riscos ocupacionais, que deve ser integrado com a segurança operacional, em que processos produtivos, as novas tecnologias e as pessoas sejam sinérgicos, produtivos e seguros. O desafio será a identificação dos perigos ou dos fatores de riscos nos ambientes de trabalho e implementar soluções tecnológicas que as mitiguem a partir do sistema de gestão das empresas (IBRAM, 2020).

Com isso, as normas regulamentadoras de segurança e saúde no trabalho (NRs) padronizam sobre levantamento preliminar de perigos, identificação de perigos, avaliação dos riscos ocupacionais, controle de riscos, medidas de prevenção, inventário de riscos, plano de ação, bem como análise de acidentes de trabalho, preparação para emergência e, principalmente, comandos específicos de SST com prestadores de serviços a terceiros.

Estão amparados nas NRs, que sofreram mudanças significativas, citada pelo Ministério da Economia em 2019, está balizada na harmonização, na simplificação e na desburocratização. Houve a incorporação do gerenciamento de riscos ocupacionais (GRO) no ordenamento jurídico das normas de SST (segurança e saúde no trabalho), a partir da: NR 01 (Disposição Geral e Gerenciamento de Riscos Ocupacionais), NR 07 (Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional), NR 09 (Avaliação e Controle das Exposições Ocupacionais a Agentes Físicos, Químicos e Biológicos), e da NR 17 (Ergonomia). Essas alterações deveriam entrar em vigor em agosto de 2021, contudo, devido à pandemia e à dificuldade das empresas em se adequarem às novas regras, este prazo foi adiado até o dia 03 de janeiro deste ano (2022). O próximo passo serão as NRs 04 (Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho) e a 05 (Comissão Interna de Prevenção de Acidentes).

A segurança do trabalho no ramo da mineração é primordial e visa preservar e proteger a saúde do colaborador, sobretudo na prevenção de acidentes e doenças ocupacionais que podem ser provocadas

por diversos riscos presentes em todo o processo de extração e beneficiamento. Aliada a QVT podem promover benefícios as pessoas e aumentos consideráveis em produtividade.

CONCLUSÕES

A natureza do trabalho laboral na mineração influencia na qualidade de vida e na segurança do trabalho dos mineradores que estão intervenientes nas condições de trabalho, no ambiente e gestão oferecidos nas minas no Norte de Minas Gerais.

Embora a maioria dos mineradores declararam que as condições gerais de trabalho nas minas (instalações físicas, equipamentos e etc.) e o ambiente de trabalho são adequados. A fragilidade e submissão, de muitos trabalhadores de nível socioeconômico baixo são fatores que os restringe a submeter às condições desfavoráveis.

Foi expressiva (52% dos entrevistados) a negativa da comunicação no ambiente de trabalho com a gerência para apresentar críticas e soluções dos problemas, e alguns afirmam que raramente ocorre que não existem esses canais de comunicação, que é necessário melhorar neste aspecto e que a comunicação é falha devido à diversidade de atividade.

Os sentimentos externados pelos mineradores constataam a insatisfação, insegurança, desconforto, indignação dentre outros. Evidencia-se a fragilidade do ambiente trabalhista e em relação a sua própria qualidade de vida e necessidade de evitar danos de saúde dos trabalhadores e impactos operacionais, ambientais, sociais e econômicos.

A QVT se associa ao nível de rendimento, saúde, bem-estar e eficiência dos mineradores. As melhorias e ações de QVT e segurança no setor mineral nestas minas devem ser repensadas, com programas de melhorias no ambiente trabalhista. E em futuros estudos se atentarem aos riscos ambientais e transtornos de saúde física e mental que podem apresentar trabalhadores em função de sua natureza, concentração ou intensidade e tempo de exposição nas minas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agência Nacional de Águas - ANA (2016). Superintendência de planejamento de recursos hídricos - Encarte especial sobre a bacia do rio doce rompimento da barragem em mariana/MG. 49. Disponível em: < <https://tinyurl.com/yzjxb2s8> >. Acesso em 10 de setembro de 2022.
- Agência Nacional De Mineração - ANM (2019). Perguntas e Respostas sobre Barragens de Mineração e o caso de Brumadinho. Disponível em: < <https://tinyurl.com/bddh4ksd> >. Acesso em: 25 de agosto de 2019.
- Alt, V. (2015). Mineração é a maior responsável por mortes no trabalho ao redor do mundo, Disponível em: <https://politike.cartacapital.com.br/mineracao-e-a-maior-responsavel-por-mortes-no-trabalho-ao-redor-do-mundo/> . Acesso em 03 de maio de 2022.


- Brasil (2011). Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria nº 3214 de 8 de junho de 1978: Normas Regulamentadoras relativas à segurança e medicina do trabalho. Norma Regulamentadora Nº 11. In: Manual de Legislação Atlas de Segurança e Medicina do Trabalho, 67a edição, São Paulo: Atlas, 2011. 867p.
- Brasil. (2020). Lei nº 14.066 de 30 de setembro de 2020. Altera a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), a Lei nº 7.797, de 10 de julho de 1989, que cria o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e o Decreto-Lei nº 227, de 28 de fevereiro de 1967 (Código de Mineração). Disponível em: <https://tinyurl.com/4944f529>. Acesso em: 21 abril de 2022.
- Ceribelli, H. B., Noronha, V. Q. de, & Rezende, A. F. (2020). Qualidade de vida no trabalho e satisfação do trabalhador no contexto da mineração. *Revista eletrônica de administração.*, 19, 1.
- Chiavenato, I. (2004). *Introdução à teoria geral da administração*. 3º ed. São Paulo, Elsevier., Editora Ltda.
- Espósito, L. (2005). *The sociological quarterly*. *Sociology*, University of Miami, 21 April, 41, v.2, p. 171-187, march 2000. <https://doi.org/10.1111/j.1533-8525.2000.tb00090>.
- Espósito, T. J. (2000). *Metodologia probabilística e observacional aplicada a barragens de rejeito construídas por aterro hidráulico*. 2000. 363 f. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Universidade Federal de Brasília, Brasília.
- França, A C. L. (1997). Qualidade de vida no trabalho: conceitos, abordagens, inovações e desafios nas empresas brasileiras, *Revista Brasileira de Medicina Psicossomática*. Rio de Janeiro, 1, 2, 79-83.
- Freitas C. M., & Silva M. A. (2019). Acidentes de trabalho que se transformam em desastres: rompimentos de barragens de rejeitos de minas no Brasil. *Revista Brasileira Medicina Trabalho.*, 17, 1, 21-29. DOI: doi.org/10.5327/Z1679443520190405. Disponível em: <https://tinyurl.com/5xxsh9w3>. Acesso em 22 de junho de 2022.
- Freitas, C. M. de, Ildes, C. B. C., Asmus, R. F., Silva, M. A. da, & Xavier, D. R. (2019). Samarco em Mariana à Vale em Brumadinho: desastres em barragens de mineração e Saúde Coletiva. *Cad. Saúde Pública*, 35, 5. DOI: doi.org/10.1590/0102-311X00052519.
- Gil, A. C. (2009). *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo. 4. ed. Atlas. 175 p.
- Instituto Brasileiro de Mineração - IBRAM (2016). *Gestão e Manejo de Rejeitos da Mineração*. Organizador, Instituto Brasileiro de Mineração. 1.ed. - Brasília: IBRAM, 2016. 128 p. Disponível em: <https://ibram.org.br/wp-content/uploads/2021/02/Gestao-e-Manejo-de-Rejeitos-da-Mineracao-2016.pdf>. Acesso em: 22 de junho de 2022.


- Instituto Brasileiro de Mineração – IBRAM (2020). Novos caminhos para a saúde e segurança do trabalho na mineração é tema de painel na EXPOSIBRAM 2020. Disponível em: <https://tinyurl.com/238c9vj3>. Acesso em 03 de maio de 2022.
- Minas Gerais (2019). Governo do Estado. Lei nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019. Diário Executivo.
- Ministério do Trabalho e Emprego (2007). Portaria nº 17 de 1 de agosto de 2007. Altera a redação da Norma Regulamentadora nº 4. Serviços Especializados de Segurança e Medicina do Trabalho. Diário Oficial da União 2007 ago. [citado em 2008 Ago 25]. Disponível em: <https://tinyurl.com/2k5jk46r>. Acesso em 14 de julho de 2022.
- Pellegrinelli, C. M. B. F. (2013). Programa Especial de Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração. Palestra proferida no Centro de Tecnologia Mineral, Rio de Janeiro.
- Pinheiro, T. M. (2022). Sequelas dos desastres deterioram saúde do minerador. Saúde com Ciências. Disponível em: <https://www.medicina.ufmg.br/sequelas-dos-desastres-inseguranca-e-terceirizacao-deterioram-saude-do-minerador/>. Acesso em 14 de julho de 2022.
- Rodrigues, G. L. (2004). Poeira e ruído na produção de brita a partir do basalto e gnaisse na região de Londrina e Curitiba, Paraná: incidência sobre trabalhadores e meio ambiente. 2004. 171 p. Tese (Doutorado) Curitiba: Universidade Federal do Paraná. Disponível em: <<https://tinyurl.com/vtectpd5>>. Acesso em 17 de agosto de 2022.
- Sistema Integrado de Gestão de Barragens de Mineração – SIGBM (2022). Estatística de dados da barragem. Disponível em: <https://app.anm.gov.br/Sigbm/publico>. Acesso em 17 de agosto de 2022.
- Vasconcelos, S. C. S., Vasconcelos, C. I. S., & Moraes Neto, J. M. (2013). Riscos ambientais causados na extração mineral: estudo de caso em uma mineração à céu aberto. Polêm!Ca, [S.l.], v.12, n.3, DOI: 10.12957/polemica. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/polemica/article/view/8651/6609> Acesso em: 17 de julho de 2022.
- Vergara, S. C. (1990). Tipos de pesquisa em administração. Cadernos EBAP, FGB, Rio de Janeiro, n. 52.
- Vidal, F. V., Azevedo, H. C. A., Castro, N. F. (2014). Capítulo do livro tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI. 399-432.

Sustentabilidade na Agricultura: Histórico e Evolução de Práticas Agrícolas


Recebido em: 14/12/2022

Aceito em: 28/12/2022

 10.46420/9786581460761cap2

Samuel Lima e Silva^{1*} 

Rose Luiza Moraes Tavares¹ 

Ricardo Francischini¹ 

Mariana Nascimento Siqueira¹ 

INTRODUÇÃO

A agricultura orgânica é uma forma de cultivo que exclui o uso de agrotóxicos, adubos químicos solúveis, hormônios, sementes transgênicas, irradiações e qualquer tipo de aditivo químico, ou seja, compostos químicos laboratoriais que não são agregados à biotecnologia e podem interferir no DNA da planta (Darolt, 2015).

Na agricultura orgânica, são utilizados com frequência esterco de animais, considerados nutrientes naturais para o crescimento dos vegetais. Enquanto na agricultura convencional intensiva, além de adubos orgânicos, são utilizados também adubos produzidos por processos industriais fisioquímicos, por exemplo o NPK (Nitrogênio, Fósforo e Potássio) e Sulfato de Potássio.

Na questão ambiental, o uso excessivo e indiscriminado de fertilizantes (orgânico e químico) pode acarretar sérios prejuízos, como a contaminação do solo/mananciais de águas, diminuir a biodiversidade (Oliveira; Brighenti, 2007).

Dessa forma, se houver o manejo inadequado no preparo do solo, tratos culturais e irrigação, sem pensar nas consequências para o solo e nascentes, há grande possibilidade de afetar as futuras gerações e possivelmente desencadear um desequilíbrio ecológico incontrolável que causará danos severos para o planeta (Balsan, 2006).

Diante disso, ao considerar a produção de alimentos em grandes culturas, a sustentabilidade deve ser uma variável agrícola que jamais pode estar fora do objetivo do homem do campo. E nesse trabalho o propósito é diagnosticar e conscientizar o produtor rural sobre as alternativas mais sustentáveis para as grandes culturas com o intuito de preservação dos mananciais de água e solo.

Nesse sentido é necessário compreender a sustentabilidade no mundo e no Brasil e assim buscar o desenvolvimento sustentável em relação à preservação da água, solo e a biodiversidade.

¹ Universidade de Rio Verde.

* Autor(a) correspondente: limas.samuel@gmail.com

HISTÓRICO DA AGRICULTURA NO MUNDO

A história da agricultura no mundo reporta-se no mínimo a 10 mil anos atrás, onde o homem deixou de ser apenas um caçador e, com a escassez de alimentos, começou a buscar meios alternativos de prover alimentos e desse modo, tornou-se um observador das plantas e percebeu que delas originavam-se sementes.

De acordo com Feldens (2018), o homem, ao perceber que das plantas desprendiam sementes e essas, “ao caírem na terra, germinavam, dando origem a uma nova planta. Muitas germinavam, mas muitas se perdiam em solo impróprio”, ele pode entender que poderia se alimentar dos grãos e frutos daquelas sementes. A partir desse momento, começou a surgir a prática do cultivo de sementes no solo, chamada agricultura.

Em meados do século XIX até o início do século XX, a Segunda Revolução Agrícola marcou uma série de descobertas científicas e avanços tecnológicos, também chamada de Revolução Verde, incluindo aspectos como melhoramento genético de plantas, o uso de fertilizantes químicos e a intensificação de uso do solo pela prática do monocultivo (Kamiyama, 2011).

Além dessas características, a Revolução Verde promoveu mudanças na agricultura para práticas agrícolas com o uso de agrotóxicos de forma intensiva.

Aliadas a outras práticas agrícolas, como o uso de variedades melhoradas, irrigação, uso intensivo de insumos industriais, sobretudo os fertilizantes químicos e os agrotóxicos, e uso intensivo de máquinas agrícolas no preparo do solo. Este modelo produtivo que vem sendo praticado nas últimas décadas é, também, chamado de agricultura convencional (Kamiyama, 2011).

Apesar da importância da Revolução Verde na produção mundial de alimentos e melhorias na forma de fazer agricultura, trouxe também impactos negativos ao ambiente. Assim, para Motta (2002), essa Revolução provocou o êxodo rural empregando recursos empregados para a modernização agrícola e com isso, o Brasil se endividou no mercado externo em 1970. Além disso, durante todo esse tempo, o homem começou a explorar o solo e utilizar cursos d'água em suas culturas.

A SUSTENTABILIDADE NO MUNDO

Para Iaquinto (2018), a palavra *sustentabilidade* (grifo da autora) tem ao longo dos anos ganhado um grande destaque no cenário nacional e internacional, devido à eclosão de grandes problemas ambientais no planeta Terra. E ainda para a autora, “a sustentabilidade se mostra como uma alternativa para a amenização da destruição ambiental e recuperação do meio ambiente, bem como uma nova forma de conscientização das pessoas com relação ao modo que devem agir em busca de um bem maior, qual seja, a preservação da mãe Terra e, conseqüentemente, a garantia de condições de existência para todos os seres vivos”. Assim, a sustentabilidade na lavoura deve ser eficiente, por ser uma alternativa acessível na diminuição dos impactos na destruição ambiental e, ao mesmo tempo, preservar o planeta Terra para as atuais e futuras gerações.

Na sustentabilidade, a natureza é o centro das atenções e devido a isso, o meio ambiente é o objetivo principal que precisa ser manejado racionalmente perante a desmatamentos, queimada antrópica, revolvimentos do solo e a falta de preservação das nascentes de águas e florestas.

De acordo com Kamiyama (2011), o mundo atualmente está cada vez mais preocupado com as questões ambientais e como alimentar a população mantendo um equilíbrio entre o cultivo de alimentos e o meio ambiente. Isso aconteceu, porque o setor agrícola “percebeu que, com o tempo, as técnicas convencionais de agricultura intensiva provam ser ambientalmente insustentáveis, seja porque a própria população tem se tornado mais consciente da importância de consumir alimentos sustentáveis e saudáveis”.

Para a autora, agricultura e meio ambiente precisam caminhar juntos e desse princípio não se pode mais desvencilhar. “Com o crescimento populacional e o aumento da demanda por alimento e outros recursos naturais, a agricultura sustentável torna-se um tema que merece destaque na política ambiental”.

A sustentabilidade mundial também “está diretamente relacionada ao desenvolvimento econômico e material sem a agressão ao meio ambiente, usando os recursos naturais de forma inteligente para que eles se mantenham no futuro” (Leroy, 2021).

Nesse sentido, a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) ao definir agricultura sustentável reúne conceitos que envolvem a produção de alimentos e mantém um equilíbrio com o meio ambiente. Para a FAO “agricultura sustentável envolve fatores como conservação do solo, da água e dos recursos genéticos animais e vegetais, conservação ambiental e uso de técnicas apropriadas, economicamente viáveis e socialmente aceitáveis” (Kamiyama, 2011). Para a autora, esse conceito tem sido cada vez mais aplicado nas lavouras brasileiras, inclusive por uma demanda da própria sociedade.

Para discutir e propor meios de conciliar desenvolvimento econômico e preservação ambiental, a Organização das Nações Unidas (ONU), em 1987, formulou um conceito para o desenvolvimento sustentável (Zasso et al., 2014). Nessa época, já havia uma preocupação em preservar o meio ambiente na atualidade para garantir que as futuras gerações possam usufruir do capital natural².

Desenvolvimento Sustentável é o desenvolvimento que busca suprir as necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de atendê-las no futuro. As gerações futuras devem ter acesso a, pelo menos, o mesmo nível de capital natural que as gerações que as antecederam. Para que isso seja possível, a proteção do meio ambiente é condição inerente ao desenvolvimento sustentável e objetivo de todo o Planeta, pois o problema ecológico não se esgota no limite geográfico dos países (ONU, 1987 citado em Zasso et al., 2014).

² O capital natural é o estoque ou reserva provida pela natureza que produz valor para as pessoas (economia e bem-estar), incluindo ecossistemas, espécies, água doce, minerais, ar, oceanos e processos naturais. Esse valor pode estar sendo produzido no presente ou constituir uma reserva para o futuro. Ministério do Meio Ambiente. <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/conservacao-1/servicos-ecossistemicos/capital-natural>

Nesse sentido, ao mencionar que a proteção do meio ambiente é condição inerente ao desenvolvimento sustentável e objetivo de todo o Planeta, a evolução das atividades agrícolas nas grandes culturas não somente no Brasil como em todo mundo tem buscado um caminho alternativo com as práticas conservacionistas.

Ao mencionar sobre a relevância da sustentabilidade na agricultura, a conservação do solo, das plantas e preservação dos organismos, bem como da atmosfera e da natureza é um fator fundamental para o planejamento e condução dos cultivos das grandes culturas tanto mundialmente como no Brasil. E a cada ano, as pesquisas científicas avançam para conciliar o plantio/colheita com a preservação do meio ambiente e assim garantir a produção de alimento para a população.

Há tempos a sociedade atual tem demonstrado preocupações quanto aos efeitos da agricultura no ambiente e a contaminação da cadeia alimentar com pesticidas que promove alterações no cenário agrícola, com um mercado ávidos por produtos diferenciados, tanto aqueles produzidos sem uso de pesticidas, como por aqueles portadores de selos de que os pesticidas foram utilizados adequadamente (Bettiol; Ghini, 2001).

Essa preocupação tem mobilizado vários setores a buscar cultivos que sejam mais sustentáveis, ou seja, manejos que não degrada o meio ambiente. E de acordo com Bettiol e Ghini (2001), “O conceito de agricultura sustentável envolve o manejo adequado dos recursos naturais, evitando a degradação do ambiente de forma a permitir a satisfação das necessidades humanas das gerações atuais e futuras”.

Nesse contexto, a agricultura sustentável entra em choque com a convencional, visto que essa não tem foco no uso de “fontes não renováveis, como por exemplo da energia e não se atenta com os níveis adequado do balanço entre níveis de produção de alimentos e impactos no ambiente”. Nesse sentido, as mudanças sustentáveis no campo promovem “redução da dependência de produtos químicos e outros insumos energéticos e o maior uso de processos biológicos nos sistemas agrícolas”.

Ao reduzir a utilização de produtos químicos nas lavouras de grandes culturas e promover a propagação de processos biológicos na linha do manejo convencional, a agricultura é favorecida, apesar de que para esse sistema o uso de pesticidas ainda é favorável à medida que não requer dificuldades na aplicação e “pouco entendimento dos processos básicos do agroecossistema para a sua aplicação” (Bettiol; Ghini, 2001).

A formação do solo ocorre há milhões de anos por atritos de rochas, por intempéries ambientais e pela atividade de microrganismos produzindo um material mineral que gerou vida. Dentro da camada do solo, a vida é produzida pela movimentação dos microrganismos, das minhocas, dos besouros e outros seres vivos. Quando a água e o ar entram no solo geram um ambiente propício para a existência desses seres que estão sob ele. De acordo com Drugowich (2015), pelo fato de haver vida, o solo deve ser preservado.

No solo existem poros, por onde a água e o ar penetram, levando alimentos para toda a vida que fica sob ele. Com isso, percebe-se que o solo não é um ambiente inerte, mas sim vivo, e

responsável como um dos constituintes das principais matérias-primas para a continuidade da existência da vida especialmente nas condições tropicais. Portanto, conservar o solo é perpetuar a vida (Drugowich, 2015).

Pelo fato de o solo não ser um ambiente inerte, mas vivo, sempre deverá haver uma preocupação na sua conservação para manter em equilíbrio os nutrientes.

A SUSTENTABILIDADE NO BRASIL

Nos últimos anos o termo sustentabilidade tem sido utilizado em diversos setores da sociedade tanto no Brasil como em outros países. Esse termo se tornou mais expressivo e divulgado com a realização da conferência no Rio de Janeiro em 1992, com o título de Rio/92-Agenda 213 sobre o meio ambiente e desenvolvimento.

Os objetivos quanto à sustentabilidade e o desenvolvimento sustentável foram o foco desse encontro com a participação de 179 nações. Durante a reunião, as nações estabeleceram objetivos para o mundo em relação ao crescimento econômico e a preservação do meio ambiente, como por exemplo: desenvolvimento rural com sustentabilidade; preservação dos recursos hídricos, principalmente das fontes de água doce do planeta; conservação da biodiversidade no planeta; proteção da atmosfera; cooperação entre as nações para chegar ao desenvolvimento sustentável, entre outros.

No Brasil, vários setores têm avançando seguindo os objetivos da Rio/92, como o agronegócio, o empresarial, a agricultura e outras. Porém ainda existem desafios que precisam ser superados para se chegar a um equilíbrio entre o meio ambiente, o desenvolvimento e a sustentabilidade.

Nesse contexto, atualmente, há empresas e indústrias no Brasil com ações da sustentabilidade empresarial, cujo “o objetivo de atuar de maneira consciente, aliando sempre o respeito ao ambiente e à sociedade em que está inserida”.

Existem pessoas atualmente no Brasil que trabalham e estão buscando ações ecológicas tanto no meio urbano como no rural. Conforme Cardoso et al. (2019), destaca-se o trabalho feito pela Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), no sentido de desenvolver técnicas agrícolas sustentáveis, divulgar informações e orientar aos agricultores no caminho da sustentabilidade e a “incorporação de boas práticas socioambientais, sendo uma tendência crescente e tem sido incorporada por produtores rurais, associações e empresas, para agregar valor ao seu negócio e ao longo de toda a cadeia produtiva”.

De acordo com Lamas (2020), há um crescente aumento de pessoas que se interessam pela sustentabilidade na lavoura, principalmente aqueles que desejam se alimentar de uma forma mais saudável

³ **Agenda 21** é um conjunto de resoluções tomadas na conferência internacional Eco-92, realizada na cidade do Rio de Janeiro entre 3 e 4 de junho de 1992. Organizada pela ONU (Organização das Nações Unidas) contou com a participação de 179 países e resultou em medidas para conciliar crescimento econômico e social com a preservação do meio ambiente. Na Agenda 21 cada país definiu as bases para a preservação do meio ambiente em seu território, possibilitando o desenvolvimento sustentável. Disponível em <https://www.suapesquisa.com/ecologiaude/agenda21.htm>

e se preocupam com a preservação do meio ambiente. Assim “aumenta de forma significativa as exigências dos consumidores que querem cada vez mais comprar apenas e somente produtos que tenham sido produzidos de forma sustentável”. Se, de uma forma ou de outra, as exigências dessas com relação à sustentabilidade aumentou nos últimos anos, há também “os compradores, beneficiadores, os vendedores de produtos agrícolas, ou melhor, para todos os elos da cadeia a questão da sustentabilidade passa ser algo da maior relevância e em algumas situações até questão de sobrevivência” (Lamas, 2020).

Embora haja esforços neste caminho sustentável, grande parte dos agricultores brasileiros ainda desrespeitam o meio ambiente e não são responsáveis do ponto de vista social e trabalhista (Cardoso et al, 2019). Nesse aspecto, ainda de acordo com os autores há alguns problemas quando se refere à sustentabilidade no campo, como por exemplo: o desmatamento de florestas e matas para abrir espaço para a prática da agricultura.

Apesar dos problemas existentes já mencionado no campo, há perspectivas para o Brasil quanto ao desenvolvimento sustentável, já existem boas iniciativas no campo da agricultura sustentável. Conforme Cardoso et al. (2019), um dos aspectos para atingir cadeias produtivas sustentáveis é a capacidade financeira de proprietários rurais e empresas do agronegócio de promover a regularização de seus passivos ambientais e introduzir melhores prática agrícolas (incentivos econômicos).

Para regularização desses passivos ambientais e atingir cadeias produtivas, é necessário restaurar áreas degradadas e comprar áreas naturais para a compensação ambiental, isso “são atividades complexas e que envolvem alto investimento financeiro e identificar mecanismos econômicos que incentivem os produtores rurais a proteger suas áreas naturais”.

Apesar dos desafios quanto a agricultura sustentável, o Brasil tem avançado na produtividade no campo, como por exemplo, na Fazenda Rio do Pedro, a propriedade de 1.385 hectares, que fica em Santa Maria do Oeste/PR, venceu no final de 2017 o Prêmio Fazenda Sustentável, superando outros 46 produtores de todo o Brasil. O prêmio foi conquistado graças à integração de três atividades – agricultura, pecuária e floresta – e um sistema de rotação de culturas. O resultado foram produções de soja e milho que superam em mais que o dobro da média nacional (Cardoso et al. 2019).

O mundo e o Brasil estão a caminho da agricultura sustentável apresentando resultados satisfatórios na produtividade no campo. Um excelente aliado para o desenvolvimento de práticas sustentáveis no campo, nos últimos anos, é o uso da tecnologia e seus artefatos que visam gerenciar meios para se produzir mais respeitando a natureza.

Há empresas especializadas no agronegócio que promovem a utilização de equipamentos com alta performance tecnológica com sensores remotos para gerir máquinas e até mesmo otimizar a semente, como as Agtech⁴. Além disso, o uso de drones para mapear áreas, para aplicação de defensivos e de fertilizantes.

⁴ O termo agtech surgiu nos Estados Unidos para denominar empresas que promovem inovação no setor do agronegócio por meio de novas tecnologias aplicadas no campo, e passou também a ser adotado pelo ecossistema de startups, para definir o

A sustentabilidade dos sistemas agrícolas tem como pilar fundamental o conhecimento. O sucesso dos produtores rurais depende diretamente de pesquisas públicas e da difusão de conhecimentos gerados (Magalhães et al., 2021). E segundo os autores, a geração desses conhecimentos conduzem para a sustentabilidade em todos os aspectos, principalmente a ambiental, com o conhecimento das questões climáticas e mudança de pensamento “poderão auxiliar por consequência na busca pelo aumento da produtividade e consequentemente gerar mais alimentos”.

A agricultura sustentável demanda o enfoque no entendimento integral dos sistemas agropecuários para a gestão dos recursos naturais. Desta forma, os esforços se concentram em gerar conhecimento para desenvolver os espaços produtivos existentes e auxiliar em situações econômicas, sociais e desafios ambientais da sustentabilidade agrícola (Magalhães et al., 2021).

Nesse entendimento integral dos sistemas e geração de conhecimento para auxiliar os agricultores, entram os profissionais habilitados na agricultura que podem contribuir com os agricultores com técnicas de manejo e tecnologias avançadas e, juntamente, com a sociedade civil e órgãos públicos desenvolver um trabalho de conscientização para sustentabilidade em grandes culturas.

Assim, com o avanço da tecnologia agrícola, nos últimos anos, o cultivo de grãos nas grandes culturas tem buscado, embora não de forma tão expressiva, meios de cultivar e preservar o meio ambiente. Por exemplo, o emprego do plantio direto para cultivo de grãos.

De acordo com o Atlas do Espaço Rural Brasileiro do IBGE, no Brasil atualmente é “comum intercalar, sazonalmente, a soja com outras culturas, a fim de manter as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, além disso “tem sido empregado o sistema de plantio direto na palha, em substituição às antigas práticas de revolvimento do solo”. Nessa abordagem, são mantidos, basicamente, os restos das colheitas, sejam da própria soja, sejam da cultura de rotação” (IBGE, 2020).

SISTEMA DE PLANTIO DIRETO (SPD)

O sistema plantio direto (SPD) é o principal sistema de produção adotado pela maioria dos produtores de grãos (soja/milho) no Brasil e é considerado uma revolução na forma de fazer agricultura, sem degradar o solo (Altmann, 2010).

De acordo com Cruz et al. (2021), o SPD é um procedimento de cultivo com características conservacionistas, nesse processo o plantio é feito sem as etapas de preparo convencional envolvendo aração e gradagem. Para isso é preciso manter o solo sempre coberto por plantas em desenvolvimento e por sobras vegetais. Assim, os principais fundamentos do SPD são:

- Redução das operações de preparo do solo (mínimo revolvimento do solo)
- Formação e manutenção da cobertura morta sobre o solo.

- Rotação de culturas

Nesse sentido, de acordo com Gassen (2010), o SPD, em relação à sustentabilidade, apresenta grandes similaridades, pois o plantio aprimora a eficiência da produtividade, é de baixo custo e recupera cursos de águas/outras recursos naturais. Pesquisadores que realizam pesquisa nessa área entendem que essa atividade agrícola é indispensável para a sustentabilidade na produção agrícola.

O SPD representa a visão conservacionista ou agricultura durável, no entanto se forem realizadas de forma individualizadas, os desafios para se chegar aos objetivos da sustentabilidade serão maiores (Gassen, 2010).

Nesse sentido, de acordo com o Conselho Científico Agro Sustentável - CCAS (2022), as vantagens dos sistemas de produção conduzidos em SPD são constituídos por ações que envolvem inúmeros benefícios (Figura 1):



- Favorecem o manejo integrado de pragas, doenças e plantas daninhas
- Demanda menos infraestrutura e força de trabalho humano
- Consome menos energia fóssil
- Reduz a erosão
- Melhoram a qualidade do solo, da água e do ar
- Permite produzir mais e de forma sustentável, com segurança alimentar e descarbonização

Figura 1. Vantagens da produção em SPD. Fonte: Conselho Científico Agro Sustentável (CCAS, 2022).

Além das vantagens do Plantio Direto, na tabela 1, são descritos os requisitos para a implantação do SPD, de acordo com Cruz et al. (2021):

- Qualificação do Agricultor (conhecimento e domínio das fases do sistema), predisposto para manejar de forma consciente o ambiente;
- Gerenciamento e treinamento de mão de obra;
- Melhoria da qualidade física do solo, como a eliminação de compactação;
- Melhoria da qualidade química do solo, como correção da acidez e fertilização do perfil do solo;
- Manter o solo coberto (os restos culturais devem cobrir, pelo menos, 80% da superfície do solo ou manter a matéria seca nessa superfície) e controle de plantas daninhas

CONTROLE BIOLÓGICO NAS LAVOURAS

Estudos realizados sobre controle biológico, que constitui um manejo fundamental para a proteção das plantas, enfatiza a importância do encontro entre o patógeno⁵-antagonista⁶ ou presa-predador para a preservação das plantas. Esse método é apropriado a “predadores relativamente agressivos e específicos, mas tem menor valor em situações mais complexas”. Segundo Diniz (2016), o princípio básico do controle biológico é monitorar as pragas agrícolas e os insetos transmissores de doenças com a utilização de seus inimigos naturais, que podem ser outros insetos benéficos, predadores, parasitoides, e microrganismos, como fungos, vírus e bactérias.

No controle biológico dos cultivos anuais, como a soja, insetos considerados benéficos, são os primeiros a ser lembrados pelos especialistas, eles controlam pragas patogênicas. Ainda não há estudos científicos comprovados quanto à eficiência desses grupos de indivíduos no controle desses cultivos. Por conta disso, ainda há pouco conhecimento sobre os efeitos deles nas pragas (Cruz, 2015).

Segundo Fontes e Inglis-Valadares (2020), os sistemas biotecnológicos do controle biológico com os baculovírus, apresenta uma ação lenta comparado aos inseticidas químicos, por esse motivo demoram na eliminação do inseto-alvo. Por exemplo, se a lagarta contamina com esse vírus, automaticamente, perde parte do apetite e, somente, após 4 dias paralisa sua alimentação. Por conta disso, os agricultores entendem que o controle biológico não tem efeito imediato, por isso não incorporam esse manejo no controle integrado de pragas.

Na agricultura, o controle de artrópodes-praga com fungos entomopatogênicos não é tão eficiente pelos seguintes fatos (Fontes; Inglis-Valadares, 2020):

- Eles demoram remover o hospedeiro alvo da lavoura.
- Antes de destruí-los, modificam suas fisiologias na alimentação e reprodução. Essa ação favorece a redução do potencial destrutivo dos organismos infectados.
- Altas umidade relativa e vulnerabilidade à radiação solar limitam os micoinseticidas.

Devido a isso, o controle biológico ainda não apresenta efeitos totalmente eficazes nas culturas. Porém, há vantagens de sua utilização, pois a utilização de organismos componentes do ambiente é benéfico e apresenta bons níveis de especificidade ao hospedeiro, os fungos trazem segurança aos organismos vertebrados e o meio ambiente, e contribuem para o menor emprego de produtos químicos nas lavouras.

Portanto, o controle biológico quando conserva os inimigos naturais nas culturas com manejos ecológicos é considerado conservacionista.

⁵ É qualquer organismo que causa doença que depende de um outro organismo com uma dependência obrigatória e o hospedeiro, sendo prejudicial a ele.

⁶ O termo antagonista são organismos que geralmente estão presentes no mesmo ambiente dos patógenos, como populações não virulentas ou outras espécies de bactérias e fungos, que irão impedir o desenvolvimento do patógeno e/ou reduzir o progresso da doença. Laboratório de Fitopatologia do Rio Grande do Sul (S/D) <https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202105/11153518-1443527551-folder-lab-fito.pdf>

PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS DE MANEJO DE SOLO

Ao conservar o solo, os nutrientes presentes ali precisam ser mantidos em equilíbrio que constituem práticas sustentáveis. Para Pes e Giacomini (2017), Borges e Silva (2019) a utilização de práticas conservacionistas são métodos que auxiliam a conservação do solo e aumentam a produtividade do solo.

É possível perceber que a utilização de práticas conservacionistas possibilita a recuperação da biodiversidade do ecossistema tanto do solo como do ambiente. Dentre as práticas conservacionistas, destacam-se:

- a) **Adubação orgânica:** Os adubos orgânicos melhoram as propriedades do solo, como desenvolvimento de microrganismos, melhor agregação de partículas, maior porosidade e arejamento, além de ceder elementos nutritivos para as plantas.
- b) **Cobertura morta:** É uma das práticas mais simples e benéficas que se pode usar na plantação. Cobertura morta é simplesmente uma camada protetora do material que está espalhado em cima do solo, como recortes de grama, palha, casca de árvores e materiais similares. Protege o solo da erosão, reduz o impacto das chuvas, conserva a umidade, mantém a temperatura e impede o crescimento de plantas daninhas. Também pode melhorar a condição do solo. Como essas coberturas decompõem-se lentamente, fornecem matéria orgânica, que ajuda a manter a qualidade do solo, o que melhora o crescimento das raízes, aumenta a infiltração de água e, também, melhora a capacidade de retenção de água do solo.
- c) **Cultivo em Contorno ou em nível:** O cultivo de contorno é uma atividade conservacionista que delimita que o sentido do plantio seja transversal à declividade do terreno embasado na curva de nível e nas linhas de contorno.
- d) **Cultivo em Faixas:** O cultivo em faixas é um manejo de preservação do solo que planta de forma alternada cultivares com diferenças de características. Ou seja, em uma parte da área, plantio de vegetais que apresenta maior cobertura no solo é na outra parte, cultivar de menor cobertura gerando no ambiente várias faixas de tecidos vegetais.
- e) **Plantas de cobertura:** Nesse manejo agrícola, são utilizadas plantas em rotação ou consórcio com as comerciais, que depois serão fragmentadas, servindo de cobertura até serem decompostas e mantidas sobre o solo, objetivando melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. As culturas de cobertura diminuem as variações de temperatura do solo, reduzem as perdas por erosão, retêm maior quantidade de água, diminuem a evaporação e o escoamento superficial, evitam processos erosivos e promovem maiores rendimentos dos cultivos agrícolas. As principais plantas utilizadas como cobertura do solo são as leguminosas e as gramíneas cultivadas e também as plantas nativas.

- f) **Reflorestamento:** É uma atividade de conservação do solo em propriedades que apresentam solos com baixa capacidade reprodutiva ou susceptíveis a erosão, através de cobertura permanente de florestamento ou reflorestamento com o intuito de proteger, conservar e ter uma fonte de renda.
- g) **Terraceamento:** Esse manejo é eficiente para o controle da erosão hídrica, onde são construídas estruturas hidráulicas através de revolvimento de solo, contendo um canal e um camalhão transversal à declividade. Essa estrutura é chamada de terraços.
- h) **Bacião ou bacia de contenção:** É um manejo com fins de conservação do solo da propriedade construindo mini açudes ao lado da lavoura para evitar enxurrada, reter água, armazenar e filtrar a água para os lençóis freáticos.
- i) **Rotação de Culturas:** É uma atividade rural com o objetivo de alternar culturas diferentes na mesma área agrícola. Para Kamiyama (2011), a rotação de culturas é uma prática agrícola de fundamental importância nos programas de conservação do solo e no manejo ecológico de pragas, doenças e plantas daninhas. Os benefícios da rotação de cultura são inúmeros e contribuem para a recuperação de nutrientes do solo e controle de organismos relacionados às pragas e às doenças
- j) **Cordões de Vegetação Permanente:** São práticas que utilizam espécies perenes em contorno ou faixa, cultivadas em nível, formando barreiras naturais.

A realização dessas práticas conservacionistas é um dos caminhos para a sustentabilidade nas grandes culturas, à medida em que ocorre preparo do solo, frequentemente, ou seja, quanto mais se revolve o solo e se utiliza implementos agrícolas pesados na propriedade, mais se compacta o solo.

Além disso, aplicação indiscriminada de fertilizantes químicos também influencia de forma negativa tanto o solo como nos lençóis freáticos. E de acordo Pereira et al. (2022), um dos países que mais aplica agrotóxico no mundo é o Brasil com 500 ingredientes ativos autorizados pelo governo. Os autores mencionados acima também se referem aos estudos de (Oliveira; Brighenti, 2007) quanto as consequências devastadoras dos agrotóxicos.

Através da aplicação propositada, os agrotóxicos podem atingir os ambientes aquáticos, deriva e escoamento superficial a partir de áreas onde ocorreram as aplicações. A lixiviação dos agrotóxicos pode ocasionar contaminação de lençóis freáticos através do perfil dos solos. Portanto, além de afetar os próprios cursos de água superficiais, os agrotóxicos podem alcançar os lençóis freáticos cuja descontaminação apresenta grande dificuldade. Outros fatores são responsáveis por grande parte dos problemas com recursos hídricos, como as práticas agrícolas ligadas ao modelo de produção, o uso excessivo e inadequado de agrotóxicos, a destruição da cobertura vegetal dos solos para plantio (Oliveira; Brighenti, 2007).

Os agrotóxicos, ao alcançar os lençóis freáticos, traz graves consequências para região, pois a descontaminação das camadas de águas subterrâneas é um trabalho que exige equipamentos de alta tecnologia. Além disso, eles também promovem a destruição da cobertura vegetal dos solos quando usados de forma inadequada e excessiva.

Outro princípio da sustentabilidade ambiental, para preservar curso de águas e as plantas é não utilizar os pesticidas de forma desordenada, como já foi mencionado. De acordo com Bettiol e Ghini

(2001) esses produtos agrícolas impedem o desenvolvimento ambiental da região, “como a contaminação dos alimentos, do solo, da água e dos animais; a intoxicação de agricultores; a resistência de patógenos, de pragas e de plantas invasoras a certos pesticidas”.

Esse desequilíbrio biológico promove uma alteração dos nutrientes e da matéria orgânica e ainda contribui para o desaparecimento de organismos benéficos e a redução da biodiversidade, segundo os autores. Entretanto de acordo com a sustentabilidade, os pesticidas de maneira geral são fabricados artificialmente e dependendo da intensidade da aplicação interfere em toda cadeia produtiva da planta.

Porém, pesquisas realizadas no Cerrado, de acordo com Ferreira et al (2016) *apud* Oliveira et al (2013) ressaltam “estudos conduzidos no sudoeste de Goiás têm demonstrado o efeito benéfico das plantas de cobertura antecedendo as culturas comerciais, que após serem manejadas com herbicidas, tem influenciado positivamente o rendimento das culturas cultivadas em sucessão”.

Nesses estudos realizados em Jataí e Rio Verde/GO, avaliando a produção de biomassa das culturas de safrinha (milho, sorgo, milheto, girassol, trigo ou feijão), a dinâmica de sua decomposição e o efeito na produtividade das culturas da soja e milho, cultivadas em sucessão (Ferreira et al., 2016), os autores observaram que “a palhada contribui para a redução da erosão do solo, aumento da infiltração e retenção de água, redução da oscilação térmica, supressão de plantas invasoras e outros, tendo sido importante para a consolidação do sistema plantio direto (SPD) no Brasil”.

Assim o uso de palhada nessas regiões é uma prática sustentável que protege o solo e o Cerrado que se destaca como um bioma “com uma das mais ricas formações savânicas do mundo, principalmente pela sua diversidade faunística e florística e pelo alto grau de endemismo da sua flora” (Pereira et al., 2022).

Nesse sentido, além da palhada, é importante adotar mais práticas conservacionistas com o intuito de proteger o solo e lençóis freáticos, como criar “um programa de manejo dos solos nesta região intimamente relacionado ao planejamento do uso adequado das terras. Isso possibilitará o reconhecimento e proteção dos ecossistemas mais frágeis, bem como um eficiente monitoramento regionalizado das formas de ocupações antrópicas de suas terras” (Pereira et al., 2022).

A sustentabilidade nas plantas de acordo com Michereff e Barros (2001) está relacionada com o tipo de manejo que o produtor realiza com a cultura, ou seja, se o agricultor aduba da maneira correta seguindo as orientações da análise solo, realiza a calagem e, quando necessário, a gessagem facilita e equilibra o ambiente da planta reduzindo o manejo de pragas e doenças.

A PRODUÇÃO AGRÍCOLA X MUDANÇAS CLIMÁTICAS

A manutenção da vida no planeta está diretamente relacionada às questões climáticas e a preservação da atmosfera, entre outros fatores. Dessa maneira, a produção agrícola no Brasil, com o cultivo de grãos nas grandes culturas como, por exemplo, a soja e o milho, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), ao longo da história, a expansão da fronteira agrícola foi

responsável por danos em diversos ecossistemas. Em pouco mais de 40 anos, as emissões de GEE⁷ do setor agropecuário aumentaram 165% e avançaram sobre a Amazônia” (IBGE, 2020).

A soja é a lavoura do tipo anual mais plantada no País e ocupa, predominantemente, as áreas de planaltos e de chapadas sobre bacias sedimentares, em que há grandes estabelecimentos agropecuários distribuídos, notadamente, nos Biomas Amazônia e Cerrado. São cultivos altamente mecanizados, que aproveitam o relevo plano dessas áreas para a utilização de máquinas agrícolas. Entre 2006 e 2017, a área colhida desse grão aumentou 71,8%, elevando o Brasil a segundo maior produtor mundial da oleaginosa (IBGE, 2020).

Segundo Almeida et al. (2019), com o advento da evolução do agronegócio, as atividades com fins agrícolas estão vinculadas aos fatores climáticos. Por isso, se houver uma alteração deles pode afetar diretamente a produção agrícola.

Outros fatores que estão relacionados às mudanças climáticas, como o aumento da temperatura, das inundações e do nível do mar promoveram aumento das temperaturas, desequilíbrios climáticos, houve alteração no período das chuvas com volumes forte de águas, nos últimos anos, provocando inundações e enchentes tanto no Brasil como no mundo, enquanto em outros lugares há seca. Essas alterações podem influenciar e acarretar perdas produtivas nas safras dos grãos. De acordo com a (tabela 1) a seguir, serão apresentadas as consequências das mudanças do clima na agricultura.

Tabela 1. Os efeitos das mudanças do clima na agricultura. Fonte: Almeida et al. (2019).

Mudanças climáticas	Efeitos nas atividades agrícolas
Aumento da temperatura na Terra.	Os graus/ dias do crescimento das cultivares serão modificados. Infestação de pragas e doenças mudarão consideravelmente sua intensidade para um aumento severo.
Alteração no período das chuvas com um volume muito forte de águas, provocando inundações e outros lugares com seca.	Essas alterações podem influenciar e acarretar estimativas produtivas negativas nas safras dos grãos, alterando a economia agrícola e colocando a alimentação do país em risco.
Eventos considerados extremos, como as ondas de calor que são temperaturas de 32°C.	Estimula a queda de produção das culturas, afetando o ciclo fenológico e em seus órgãos vitais.
Veranicos que consiste por um período de estiagem com um calor insuportável, resultado da forte radiação solar com a umidade baixa na estação das chuvas ou no inverno.	São situações em que a planta exige maior manejo de irrigação.

E por fim, de acordo com Assad et al. (2020), um fator muito preocupante com relação ao Cerrado, e, as mudanças climáticas, está na deficiência hídrica. Conforme os autores, o aumento da

⁷ GEE (gases de efeito estufa). <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/biogasfert/gee/gases-de-efeito-estufa>

temperatura resulta em elevação da evapotranspiração potencial. Verificou-se com esse estudo que “como não ocorre aumento da precipitação para compensar a maior demanda atmosférica, como consequência, tem-se um aumento significativo da deficiência hídrica. Portanto, existe elevada concordância entre os modelos de que haverá aumento da deficiência hídrica no bioma Cerrado ao longo do presente século.

Dado o fato de que no bioma Cerrado encontram-se as nascentes das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul (Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata), e de que nele estão localizados três grandes aquíferos (Guarani, Bambuí e Urucuiá), tem-se que a região apresenta papel estratégico na reserva de água e na conservação da biodiversidade. Dessa forma, os resultados aqui apresentados são preocupantes, pois apontam para um provável aumento da deficiência hídrica no bioma ao longo do presente século, podendo resultar em restrições aos diversos usos e conflitos pelo uso da água (Assad et al., 2020).

Boas práticas sustentáveis quanto à mudança climática e a agricultura

Cultivo mínimo, manejo integrado do solo e da água, irrigação, plantio direto.

Necessidade de fomento e fortalecimento de práticas sustentáveis de agricultura e pecuária em áreas de pastagem e áreas com alta e média aptidão agrícola.

Melhoria do manejo de pastagem (manejo rotacionado ou racional), integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), melhoramento genético.

Incrementar a produção e produtividade da agropecuária de forma sustentável nas áreas de pastagem e de cultivo existentes.



Todas essas práticas preservam o solo e mitigam os efeitos do aquecimento global.

Figura 3. Boas práticas sustentáveis. Fonte: Assad et al. (2020)

Portanto, ao longo desse século, em vista das mudanças climáticas, como a região apresenta papel estratégico na reserva de água e na conservação da biodiversidade, é fundamental que os agricultores no cultivo de grãos caminhem de maneira que preservem as nascentes e a biodiversidade.

Ainda conforme Assad et al. (2020) é “necessário também promover a recuperação das áreas de preservação permanente (APPs) nas bordas de cursos d’água, as APPs hídricas na região do Cerrado. Isso

porque um dos maiores problemas que tem sido enfrentados na região e, em algumas áreas, a restrição ao uso da água, e, em outros, o uso descontrolado da água”.

A RELAÇÃO HÍDRICA NA AGRICULTURA

Atualmente na produção agrícola, a relação hídrica na agricultura é muito importante seja para o processo de irrigação ou para proteger o curso de água nas propriedades, de uma forma ou outra é necessário preservar a água como fontes sustentáveis na agricultura moderna. Nesse contexto, a preservação da água é um outro fator para a produtividade dos cultivos.

Quando se pensa na sustentabilidade na água, logo se imagina a preservação dos lençóis freáticos livre de poluentes e também o uso racional de água nas grandes culturas com métodos de irrigação que economize água.

[...] devem ser considerados quando se pensa em irrigação, uso de agroquímicos e ação sobre o solo, tais como: a eficiência em termos do uso da água/solo; a existência de eficiência econômica; os custos ambientais desta prática, entre outras. Se houver um plano de irrigação, ou seja, um manejo totalmente racional da mesma, ao aplicar a quantidade de água necessária às plantas no momento certo, controle de pragas de modo efetivo e menos devastador que o tradicional, é necessário que haja, deste modo, várias análises ambientais como topografia, taxas de transpiração das plantas, taxas pluviométricas, etc., assim é possível atingir uma grande produção e ao mesmo tempo respeitar o ambiente (Deus; Bakonyi, 2012).

Atualmente na produção agrícola das grandes culturas, a água precisa ser utilizada de forma sustentável para se ter equilíbrio dela na planta e na produção de alimentos. De acordo Testezlaf (2017), quando se faz a irrigação, principalmente nos períodos chuvosos, se aproveita melhor os recursos hídricos e “aumenta a eficiência do uso da água aplicada pela chuva” e assim gera produtividade.

Não basta somente irrigar, deve se considerar um manejo hídrico sustentável em que, ao mesmo tempo, que utiliza essa água na cultura, também deve preservar as nascentes ou rios onde é captado para agricultura. De acordo com as pesquisas, há vários meios de irrigação, porém nem todas são consideradas sustentáveis e ainda de acordo com esses estudos, a irrigação por gotejamento é mais favorável para a sustentabilidade, porém é de difícil adoção em grandes áreas de lavoura de grãos.

“Para um melhor uso da água, as pesquisas mostram que a irrigação por gotejamento é altamente vantajosa em relação aos métodos tradicionais, pois tem como aplicar diretamente a água na planta e no momento certo, a operação é ágil, não necessita de tanta mão-de-obra e, principalmente, economiza água pelo uso racional” (Deus; Bakonyi, 2012).

Além da irrigação por gotejamento, como uma prática conservacionista para preservar recursos hídricos de forma sustentável, é o reuso da água de irrigação e captação de águas da chuva nas próprias propriedades.

A escassez de recursos hídricos, que já é característica de algumas bacias hidrográficas brasileiras, vai requer a exploração de novas fontes hídricas ou a utilização eficiente dos recursos disponíveis na

propriedade, tornando os sistemas de reuso uma alternativa para permitir o uso racional dos recursos hídricos envolvidos no processo de produção agrícola (Testezlaf, 2017).

Nesse sentido, a escassez de recursos hídricos do momento presente para o futuro vai requer a exploração de novas fontes, a utilização eficiente dos recursos disponíveis na propriedade com medidas de racionalidade em relação à água e as nascentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, D. C., Faber, I., & Dantas Junior, L. C. J. (2019). ODS 13 Ações contra a mudança global do clima. São Paulo/SP: Editora Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.
- Altmann, N. (2010). Plantio Direto no Cerrado: 25 anos acreditando no sistema. Passo Fundo/RS: Ed. Aldeia Norte.
- Assad, E. D., Victoria, D. C., Cuandra, S. V., Pugliero, V. S., & Zanetti, M. R. (2022). Efeito das mudanças climáticas na agricultura do Cerrado. In: Bolfe, E. L., SANO, E. E., Campos, S. K (Orgs.). Dinâmica agrícola no cerrado: análises e projeções. Brasília, DF: Embrapa.
- Bettiol, W., & Ghini, R. (2001). Proteção de plantas em sistemas agrícolas alternativos. In: Michereff, S. J., Barros, R. B. (Orgs.). Proteção de plantas na agricultura sustentável. Recife/PE: Editora Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).
- Borges, A. C. L., & Silva, P. R. (2019). Conservação do solo - Práticas Conservacionistas. Brasília/DF: Editora Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Distrito Federal - EMATER.
- Cardoso, A. A., Rodrigues Jr, A. F., & Gaspar, M. P. (2019). Sustentabilidade ODS 2: Agricultura sustentável - um estudo. São Paulo/SP. Editora Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.
- Conselho Científico Agro Sustentável – CCAS. (2022). Plantio Direto: 50 anos do início do sistema que alavancou o Agro Brasileiro. Editora: Federação Brasileira do Sistema de Plantio Direto.
- Cruz, I. (2015). Avanços e desafios no controle biológico com predadores e parasitoides na cultura do milho. Anais do XIII Seminário Nacional Milho Safrinha. Maringá/PR: UFPR.
- Cruz, J. C., Alvarenga, R. C., Viana, J. H. M., Pereira Filho, I. A., Albuquerque Filho, M. R., & Santana, D. P. (2021). Plantio Direto. Editora Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao/manejo-do-solo-e-adubacao/sistema-de-manejo-do-solo/plantio-direto>.
- Darolt, M. (2015). Guia do produtor orgânico-como produzir alimentos de forma ecológica. Rio de Janeiro/RJ: Editora Sociedade Nacional de Agricultura, serviço brasileiro de apoio às micro e pequenas empresas, centro de inteligência em orgânicos.
- Deus, R. M., & Bakonyi, S. M. C. (2012). O impacto da agricultura sobre o meio ambiente. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, 7, 1306-1315.
- Diniz, F. (2016). Controle biológico: ciência a serviço da sustentabilidade. Brasília/DF: Editora Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).


- Drugowich, M. I. (2015). A agropecuária, a degradação ambiental e a crise da água. In: Drugowich, M. I. Casa da Agricultura: Uso Racional da Água na agricultura. Campinas/SP: CATI.
- Feldens, L. (2018). *O homem, a agricultura e a história*. Lajeado/RS: Editora Univates, 1ª Edição.
- Ferreira, W. S., Braz, A. J. B. P., Costa, K. A. P., Silva, A. G., & Torres, J. L. R. (2016). Cultivo do milho e da soja em sucessão as culturas de safrinha em Rio Verde-Goiás. *Revista Energia na Agricultura*, 31, 291-297.
- Fontes, E. M. G., & Inglis-Valadares, M. C. (2020). Controle Biológico de pragas na agricultura. Brasília/DF: Editora Embrapa.
- Gassen, D. (2010). Adubação verde e o plantio direto. *Revista Plantio Direto*.
- Iaquinto, B. O. (2018). A sustentabilidade e suas dimensões. *Revista da Escola Superior da Magistratura do Estado de Santa Catarina (ESMESC)* v.25, 157-178.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2020). Atlas do Espaço Rural Brasileiro. Rio de Janeiro/RJ: Editora IBGE.
- Kamiyama, A. (2011). *Cadernos de Educação Ambiental: Agricultura sustentável*. São Paulo/SP: Editora Secretaria do Meio Ambiente - SMA / Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais.
- Lamas, F. M. (2020). *Sustentabilidade na agricultura*. Brasília/DF: Editora Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).
- Leroy, J. P. (2021). Manual de Boas Práticas Ambientais no Trabalho. Lafaiete/MG: Editora Faculdade Presidente Antônio Carlos de Conselheiro Lafaiete (UNIPAC).
- Magalhães, G. O., Duarte, E. R., Zawadzki, F., Bertolini, E., Paduan, F. N., Lajús, C. R., Miyashiro, C. F., & Sauer, A. V. (2021). Agricultura e sustentabilidade: mudanças climáticas e modificações no desenvolvimento agropecuário. *Divers@ Revista Eletrônica Interdisciplinar*, 14, 100-112.
- Michereff, S. J., & Barros, R. (2001). Proteção de plantas na agricultura sustentável. Recife/PE: Editora UFRPE.
- Motta, R. S. (2002). Padrão de Consumo, distribuição de renda e o meio ambiente no Brasil. Rio de Janeiro/RJ: IPEA. Texto para discussão nº 856.
- Oliveira, M. F., & Brighenti, A. M. (2007). Métodos de controle de planta daninhas. Controle de Plantas Daninhas Métodos físico, mecânico, cultural, biológico e alelopatia. Brasília/DF: Editora Embrapa.
- Oliveira, P., Nascente, A.S., Kluthcouski, J., & Portes, T. A. (2013). Crescimento e produtividade de milho em função da cultura antecessora. *Pesquisa Agropecuária tropical*, 43, 239-246.
- Pereira, B. F. M., Alves, B. M., Medeiros, M. P., & Maria Pereira, R. (2022). Contaminação no lençol freático, rios, lagos e lagoas do Brasil por agrotóxicos. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 8, 863–874.
- Pereira, B. F. M., Alves, B. M., Medeiros, M. P., & Maria Pereira, R. (2022). Contaminação no lençol freático, rios, lagos e lagoas do Brasil por agrotóxicos. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 8, 863–874.


- Pes, L. Z., & Giacomini, D. A. (2017). Conservação do solo. Santa Maria/RS: Editora Universidade Federal de Santa Maria.
- Testezlaf, R. (2017). Irrigação: métodos, sistemas e aplicações. Campinas/SP: Editora Faculdade de Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Campinas.
- Zasso, M. A. C., Ferreira, F., Attuati, M. A., Fernandes, S. B. V., & Uhde, L. T. (2014). Meio ambiente e sustentabilidade. Ijuí/RS: Editora Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – (UNIJUÍ).

Os condicionantes socioambientais da dengue na área urbana do município de Paranaguá-PR


Recebido em: 15/12/2022

Aceito em: 28/12/2022


 10.46420/9786581460761cap3

Francisco Xavier da Silva de Souza¹ 

Luiz Everson da Silva² 

Marcio Rosario do Carmo^{3*} 

Evany Evelyn Lenz Lopes⁴ 

Geovana Rodrigues de Souza⁵ 

Maria do Rocio Gomes de Oliveira 

INTRODUÇÃO

A população encontra-se cada vez mais indefesa, principalmente quando se refere aos fenômenos de origem climática. A saúde humana é afetada causando danos às comunidades e diminuindo a segurança coletiva da população. No Brasil, nas últimas décadas, fenômenos relacionados às fortes precipitações vêm intensificando-se, favorecendo a propagação de doenças hidroveiculadas como a dengue, leptospirose e febre amarela (Souza, 2017).

Essas doenças estão relacionadas às questões socioambientais, tais como: precariedade das habitações, falta de saneamento básico, ocupação em áreas de riscos sujeitas a inundações, dentre outras.

Diante deste quadro, a Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que desde o ano 2000, mais de milhão de pessoas em todo o planeta tenham sido infectadas com o vírus responsável por transmitir a dengue. A metade dessas vítimas desenvolveu a forma letal (Valerio; Defani, 2009).

No Estado do Paraná, a dengue tornou-se, a partir de 1995, um problema de saúde pública, principalmente no período de novembro a maio (Valerio; Defani, 2009). Tal fato tem exigido providências na criação e aplicação de políticas públicas por parte do Estado na tentativa de controlar sua incidência.

Com a organização atual do espaço dos grandes centros urbanos e a situação da população de mosquitos no país, não é mais possível falar em erradicação do mosquito *Aedes aegypti* (BRASIL, 2006).

Cada vez mais a Dengue tem tomado maior proporção, sendo depois da malária a doença de maior relevância no Brasil transmitida por mosquito. O município de Paranaguá registrou um surto de

¹ Mestre Instituto de Pesquisa Clima Urbano.

² Doutor, Universidade Federal do Paraná.

³ Mestre, Instituto Clima Urbano.

⁴ Especialista, Colégio Estadual do Campo de Tagaçaba Porto da Linha.

⁵ UNOPAR – Universidade Norte do Paraná.

* Autor correspondente: rosariomarcio10@gmail.com

epidemia de dengue no período entre 2015 e 2016, e atualmente a cidade se destaca de forma negativa, pois, a média de número de casos confirmados é superior 1500/ano.

Portanto, neste artigo pretende-se apresentar os condicionantes socioambientais que possibilitam o desenvolvimento dos criadouros de mosquitos transmissores da dengue. na área urbana do município de Paranaguá-PR. Com base nos dados coletados foi possível: **a)** Identificar os números de casos conformados e notificados da dengue no município de Paranaguá no período de 2015 a 2021. **b)** Conhecer os aspectos clínicos e laboratoriais da dengue, seus sintomas e forma de prevenção; **c)** Localizar possíveis criadouros do mosquito no distrito Oeste de Paranaguá e área de entorno; **d)** Identificar os volumes de precipitações do município de Paranaguá, para identificar o período chuvoso.

Por fim, o presente trabalho não tem pretensão de cerrar as discussões ora apresentadas, mas sim de contribuir para novos estudos sobre “Condicionantes ambientais da dengue”. Espera-se que sejam elaborados outros estudos com o intuito de se elucidar cada vez mais a referida temática.

MATERIAL E MÉTODOS

No presente estudo foi realizado um estudo quantitativo com a pesquisa de campo para obter dados sobre lixo e entulhos, nas principais ruas e avenidas do município de Paranaguá, bem como consulta no site da Secretaria Estadual de Saúde do Estado do Paraná, e consulta no 8º Distrito de Meteorologia – Porto Alegre, por meio de ofício para obtenção dos dados de temperatura e precipitação. Utilizamos, monografias, teses, dissertações e revistas sobre o assunto, reunindo dados, e posteriormente fazer uma comparação com os dados encontrado nesse estudo.

Para obtenção de informações sobre volume de precipitações diárias do município de Paranaguá, referente ao período compreendido entre janeiro e dezembro de 2015 foram utilizados os dados da pesquisa de (BRASIL, 2009), e para o período entre 2020 e 2021 os dados foram acessados no 8º Distrito de Meteorologia (Porto Alegre). Os dados foram tabulados em planilhas para a melhor visualização e compreensão.

Inicialmente fez-se um levantamento das informações sobre ocorrência da dengue em livros e artigos. Para aquisição de dados dos casos notificados e confirmados da doença no período entre 2015 e 2021, acessou-se a base de dados da Secretaria Municipal de Saúde do município

Posteriormente, fez a pesquisa de campo para identificar possíveis focos de criadouros, lixo e entulhos, água acumulada, no Distrito Paranaguá Oeste. A área de estudo Distrito Oeste compreende os polígonos: início na Avenida Cel. Santa Rita rotatória da Avenida Airton Sena até a Avenida Bento Rocha, (ponte Vila Guarany), após a ponte início BR 277 fechando o polígono na rotatória final do bairro Jardim Iguazu BR 277 onde tem início a Rua Senador Atilio Fontana bairro Parque São Jorge fechando o Polígono na BR 277/ com a Av Senador Atilio Fontana no Parque São João.

REFERENCIAL TEÓRICO

DENGUE

A dengue atualmente é a mais importante arbovirose que afeta o ser humano, constituindo-se em um sério problema de saúde pública mundial. De acordo com Derouich et al., (2003) a dengue abrange mais de 100 países nas regiões tropicais e subtropicais do mundo incluindo países da África, Sudeste Asiático, Pacífico e Américas.

Essa doença ocorre especialmente nos países tropicais, onde as condições ambientais, atreladas aos problemas sociais, favorecem o desenvolvimento e a proliferação do *Aedes Aegypti*, mosquito vetor da doença (Barrera et al., 2000; Gubler, 2002a, 2002b; BRASIL, 2014).

Nas Américas, o *Aedes aegypti* é um dos vetores mais eficientes para arbovírus, por ser altamente antropofílico, prosperando em proximidade com o homem e, geralmente, sobrevivendo em ambientes fechados e úmidos (OMS, 2001). Segundo a Fundação Nacional de Saúde a dengue é considerada a mais importante arbovirose que afeta o ser humano e constitui-se em um sério problema de saúde pública. O vírus na qual a doença é transmitida é um Arbovírus do gênero *Flavivirus*, pertencentes à família *Flaviridae* (BRASIL, 2002). O gênero da dengue é compreendido por mais de 70 vírus, sendo muitos deles causadores de patologias humanas transmitidas por artrópodes e por isso, são classificados como arbovírus (Lindenbach et al., 2007).

No Brasil esse quadro epidemiológico da dengue caracteriza-se pela ampla distribuição do *Aedes aegypti* em todas as regiões, com uma complexa dinâmica de dispersão do seu vírus e circulação simultânea de seus sorotipos virais (BRASIL, 2009).

O mosquito de origem africana chegou ao Brasil com os navios negreiros, depois da viagem dos ovos nos depósitos de água das embarcações. O primeiro caso de dengue foi registrado em Recife (PE) em 1685. Em 1692 foi registrada uma epidemia de dengue em Salvador (BA) provocando mais de duas mil mortes. O mosquito *Aedes aegypti* tornou-se popular no Brasil quando um surto de dengue atingiu São Paulo, Rio de Janeiro e Salvador (Valerio; Defani, 2009).

Com a organização atual do espaço dos grandes centros urbanos e a situação da população dos mosquitos no país, não é mais possível falar em erradicação do mosquito *Aedes aegypti* (BRASIL, 2006).

O *Aedes Aegypti* é um mosquito adaptado ao ambiente urbano de características peri e interdomiciliares. Prolifera-se em diversos recipientes, geralmente introduzidos no ambiente pelo homem, a exemplo de pneus velhos abandonados, garrafas, vasos de plantas, calhas, piscinas, entre outros, cujas paredes servem à ovipostura do mosquito. Macho e fêmea alimentam-se da seiva das plantas, presentes, sobretudo, no interior das casas, no entanto apenas a fêmea pica o ser humano em busca de sangue para maturar os ovos (OPAS, 1982).

O mosquito tem hábitos Diurnos, pica o homem desde o amanhecer até o fim do dia e abriga-se no interior das casas para repousar em cantos sombrios, atrás de móveis, quadros, armários, entre outros refúgios (Rey, 1992; Neves et al., 1998). Soma-se a isso o fato de que os múltiplos e frequentes repastos

sanguíneos apenas da fêmea do *Aedes*, outra especificidade da espécie, ampliam as oportunidades de inoculação viral (Rey, 1992; Neves et al., 1998).

Devido a essa situação as arboviroses têm se tornado importante e constante ameaça em regiões tropicais devido às rápidas mudanças climáticas, desmatamentos, migração populacional, ocupação desordenada de áreas urbanas, precariedade das condições sanitárias (Ruts, 2012).

Segundo Zarpelon et al. (2008) a dengue é considerada uma doença tropical, onde a interação entre fatores ambientais e socioeconômicos contribui para a introdução e permanência da doença em uma população. No Brasil a dengue é considerada como uma doença endêmica.

Para Nascimento et al. (2015) as regiões tropicais possuem condições ambientais que favorecem o desenvolvimento e a proliferação do mosquito vetor.

Entre os fatores relacionados à expansão geográfica da doença, estudos têm mostrado que condições climáticas, caracterizadas pelas precipitações atmosféricas e temperaturas elevadas, mostram relação positiva com a transmissão de dengue (Forattini, 2002).

Este mosquito está adaptado a se reproduzir nos ambientes domésticos, utilizando-se de água parada contida em reservatórios como caixas d'água, baldes, bacias, garrafas, mas também pode estar presente nos depósitos descartáveis de forma irregular que acumulam água de chuvas, comumente encontrados nos lixos das cidades (Tauil, 2001).

Segundo Tauil, (2001), nas últimas décadas a dengue obteve um crescimento significativo. Este aumento tem relação com as alterações ambientais e o intenso deslocamento humano, somados ao acelerado e contínuo crescimento populacional e urbanização descontrolada.

No Estado do Paraná a dengue tornou-se, a partir de 1995, um problema de saúde pública, o que exige providências na criação e aplicação de políticas públicas por parte do Estado na tentativa de controlar sua incidência que ocorre, principalmente no período de novembro a maio (Valerio; Defani, 2009).

URBANIZAÇÃO

A população brasileira vem apresentando crescimentos consideráveis a cada ano. O IBGE apresenta censos a cada dez anos, de modo que o último foi realizado em 2010 e a previsão para a realização do próximo censo domiciliar é para 2022. E atualmente 80% da população reside nos centros urbanos, em que a falta de percepção da sociedade sobre o papel da natureza, o uso da terra desordenado, à erosão das encostas e o aumento das áreas impermeabilizáveis, têm provocado sérias consequências, como assoreamento nos leitos de rios, enchentes, inundações que favorecem a proliferação de doenças hídricas (Souza, 2017).

Segundo Guerra (2001) a ocupação dos espaços urbanos nas cidades criou sérios problemas espacialmente diferenciados que resultam num quadro ambiental atual crítico, em que as questões ligadas

à alta densidade demográfica, a favelização, ao saneamento básico, ocupa posição de destaque e suscitam soluções emergenciais.

Teixeira (2002) explica que os centros urbanos se configuram como favorecedores da dispersão e aumento da densidade do mosquito, já que o espaço social organizado influencia a interação entre o vetor, vírus e homem.

Tauil (2002) destaca como fatores fundamentais para definir o padrão de transmissão: crescimento populacional, migrações, viagens aéreas, urbanização inadequada, mau funcionamento dos sistemas de saúde e densidade populacional.

Mondini e Chiaravalloti Neto (2007) relatam que a manutenção do vetor está ligada às ações humanas (antrópicas) rotineiras, que viabilizam a existência de sítios de oviposição artificiais e permitem a manutenção de sua infestação. De acordo com os autores supracitados, “os centros urbanos configuram-se como favorecedores da dispersão e aumento da densidade do mosquito, já que o espaço social organizado influencia a interação entre o vetor, vírus e homem”.

Araújo (2012) remete a um desafio constante, quando se trata de crescimento populacional e dos índices de morbimortalidade por dengue. Segundo o autor, há uma falha com relação à garantia de equidade, tanto entre os indivíduos, quanto entre as Regiões. Trata que as diferenças existentes entre os distintos grupos sociais refletem não somente a relação existente entre pobreza e doença, mas também “a dificuldade de acesso a serviços eficazes de saúde por partes das camadas mais desfavorecidas da população, em flagrante desobediência ao preceito constitucional do direito à saúde” (Araújo, 2012).

Sabe-se que os fatores de migração de territórios rurais/urbanos, causando inchaço nas cidades, tem a tendência de ocasionar mudanças. Há um deslocamento do perfil socioeconômico relacionado a esta questão demográfica. Bons exemplos são o saneamento básico, a saúde, a educação e as condições de moradia Tauil (2002).

Ainda segundo o mesmo autor, remonta que grande parcela desta população passou a viver em favelas, invasões e cortiços, onde o saneamento básico, bem como coleta de resíduos sólidos, por exemplo, muitas vezes é inexistente ou precário. Esse cenário acaba propiciando o surgimento de novos criadouros para o mosquito vetor.

Mendonça (2000), a existência de reservatórios domésticos pode fornecer condições propícias à manutenção de populações do vetor, mesmo em períodos de baixas precipitações. Essa relação entre a precipitação de casos de dengue é evidente, devido à preferência do mesmo por períodos de maiores precipitações pluviométricos, pois neste período a temperatura torna-se ideal para o desenvolvimento do mosquito.

PRECIPITAÇÕES EM ÁREAS URBANAS

Entre os fatores relacionados à expansão geográfica da doença, estudos têm mostrado que condições climáticas, caracterizadas pelas precipitações atmosféricas e temperaturas elevadas, mostram relação positiva com a transmissão de dengue (Forattini, 2002).

Em relação à temperatura, Focks et al. (1995) estimam que o período de incubação extrínseco do vírus é de aproximadamente 8 dias, para temperaturas de 32° C e de 16 dias para temperaturas de 22° C, comprovando que as chances das fêmeas de completar o período de incubação são 2,6 vezes maiores quando submetidas às temperaturas mais baixas.

Há estudos como o de Watts et al. (1987) que verificaram a temperatura do ar interferindo nas atividades de repasto sanguíneo das fêmeas dos mosquitos e em sua longevidade. Estes e outros estudos indicam que a temperatura e a precipitação induzem variações na eficiência vetorial do *Aedes Aegypti*, sendo determinantes importantes no padrão cíclico anual da dengue.

Em estudo realizado no Estado de São Paulo, Glasser e Gomes (2000) observaram que quanto menor a temperatura, mais lento foi o processo de expansão geográfica da população de *Aedes aegypti*. Isto demonstra como as condições ambientais são importantes na proliferação do vetor

Segundo Mendonça (2000), a saúde humana é fortemente influenciada pelo clima através das condições térmicas, de dispersão (ventos e poluição) e umidade do ar, exercendo destacada influência sobre a manifestação de muitas doenças, epidemias e endemias, criando condições favoráveis ao desenvolvimento dos transmissores de doenças contagiosas.

De acordo Ayoade (2004) os fatores que levam o ressurgência desta epidemia são os fatores climáticos: elevação da temperatura, índices pluviométricos e alta umidade relativa; e os fatores sociais: urbanização acelerada, elevado grau de desigualdade social, condições precárias de habitação, falta de saneamento básico, falha nos programas de controle do vetor. O primeiro porque viabiliza a maturação dos ovos para a formação larva e pupa posteriormente, o segundo porque influencia como criadouro do mosquito para depósito de ovos.

Portanto, considera-se que o clima possui grande relevância no que diz respeito à qualidade de vida da população, especialmente, no que se refere à saúde, visto que há uma forte relação entre os elementos atmosféricos e a incidência de algumas doenças em ambientes tropicais.

Entre as diversas maneiras que o clima pode afetar a saúde do homem, Ayoade (2004) expõe que o clima desempenha papel determinante na incidência de certas doenças, uma vez que “afeta a resistência do corpo humano a algumas doenças” e em segundo lugar influencia o crescimento, a propagação e a difusão de alguns organismos patogênicos ou de seus hospedeiros (Ayoade, 2004).

Assim, doenças como a dengue tendem a se disseminar em áreas de clima tropical (quente e úmido), pois é onde o seu principal transmissor, e no Brasil (*Aedes Aegypti*) encontra o ambiente favorável para sua reprodução.

Com isso, o clima, principalmente dos locais com maiores pluviosidades desempenham papel importante na incidência da dengue. Todavia, é importante lembrar que o principal mosquito vetor da doença normalmente é encontrado em regiões tropicais e subtropicais, sendo assim, a temperatura também ganha papel de destaque. Roseghini (2013), afirma que o vetor ainda pode ser encontrado fora desses limites, mas bem próximo da isoterma média anual de 20 °C ou das isotermas de inverno de 10°C, evidenciando a grande condição endêmica que o clima representa ao mosquito.

Dentro desse contexto, Rouquayrol (1999) expõe que os elementos climáticos que mais influenciam o vetor no processo de transmissão da dengue são a temperatura do ar, a umidade relativa e a precipitação pluviométrica, embora exista também uma pequena interferência no deslocamento do mosquito pela velocidade do vento.

Aleixo e Sant'anna Neto (2011) explicam que as principais enfermidades que se associam diretamente ao clima nas cidades brasileiras são as de veiculação hídrica (ex: dengue, leptospirose), que dependem da quantidade e da forma de disposição de água no sistema urbano. É principalmente no sistema urbano que há grande concentração de recipientes (pneus, calhas garrafas, latas e baldes), que acumulam água e acabam servindo de foco para proliferação de insetos – no caso desta pesquisa, o vetor da dengue – e fonte potencial de enfermidades de veiculação hídrica.

Segundo Catão (2011) um dos principais fatores sociais que influencia na distribuição e na densidade do *Aedes aegypti* são os depósitos de água nos domicílios ou em áreas de uso coletivo como cemitérios, borracharias, depósitos de lixo comum que servem como locais de criadouros para os mosquitos Para Consoli e Oliveira (1994) os criadouros preferenciais da dengue são os recipientes artificiais abandonados pelo homem ou utilizados pelo mesmo no uso doméstico, como pneus, latas, vidros, cacos de garrafa, pratos de vasos, caixas d'água tonéis, latões, cisternas e etc.

Para Forattini et al. (1998) a presença de lixo em quintais e terrenos baldios acaba tornando propício o desenvolvimento do vetor da dengue, principalmente no período de altas precipitações pluviométricas. Contudo, Donalisio (1999), afirma que no verão, apesar das condições mais favoráveis de temperatura e umidade, outros fatores como hábitos de estocagem de água e deslocamentos para certas áreas também influenciam na modificação do padrão de ocorrência da doença.

Cada vez mais a Dengue tem tomado maior proporção, sendo depois da malária a doença de maior relevância no Brasil transmitida por mosquito (Affonso et al., 2014).

Sendo assim, a doença é uma manifestação do indivíduo, a saúde uma condição do lugar, o ambiente urbano do município de Paranaguá possui condicionantes favoráveis a disseminação de doenças hidroveiculadas, tais como a dengue e leptospirose, haja vista a precariedade da infraestrutura urbana, (Souza, 2017).

CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA

LOCALIZAÇÃO

Paranaguá está localizada na planície litorânea do Estado do Paraná, possui uma cobertura vegetal de Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, com predomínio de manguezais e restingas na planície litorânea, está localizado o maior porto de exportação e importação do Estado do Paraná, o Porto D. Pedro II. É escala obrigatória das rotas internacionais de mercado e possui uma área de abrangência que envolve os Estados do Paraná, sul de São Paulo, Santa Catarina, norte do Rio Grande do Sul, Mato Grosso do Sul e Paraguai (Freitas, 1999).

MEIOS DE ACESSO

O Município possui uma área de 827 km² e limita-se ao norte com o município de Guaraqueçaba, ao sul com o Município de Matinhos, o Oeste com os municípios de Morretes e Antonina e a leste com o município de Pontal do Paraná (Figura 01).

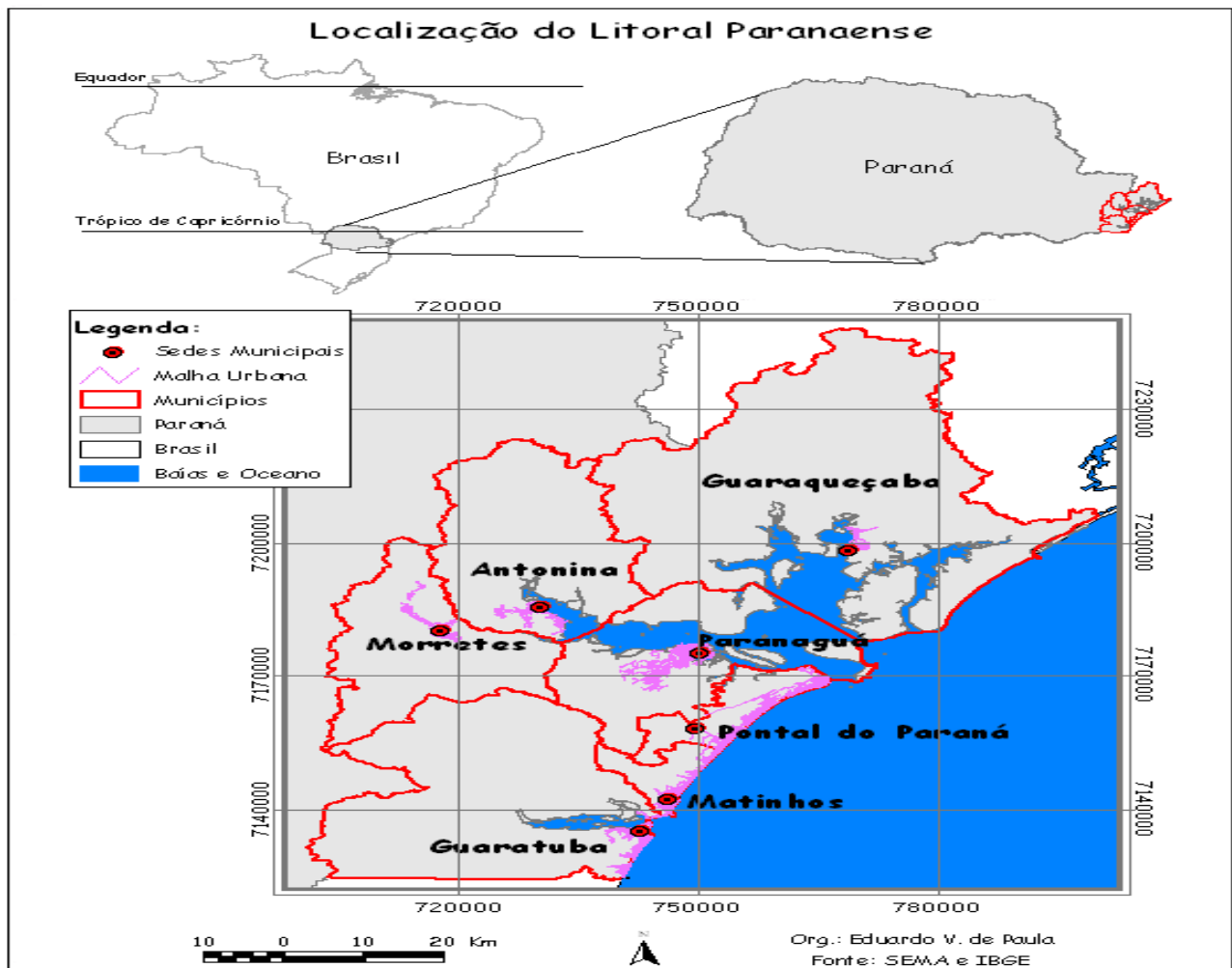


Figura 1. Localização do Município de Paranaguá

O Município está localizado entre os paralelos 25° 30' e 25° 41' de latitude sul e os meridianos 48° 24' e 48° 37' de longitude oeste de Greenwich.

A rede Ferroviária Federal liga Paranaguá à Curitiba, Ponta Grossa e demais cidades do leste; ao sul atravessa o Estado de Santa Catarina ligando-se à viação Férrea do Rio Grande do Sul; ao norte encontra-se a Estrada de Ferro Sorocaba, em Ourinhos, permitindo a ligação com o Estado de São Paulo.

BR – 277 – Paranaguá – Curitiba;

PR – 408 – Estrada da Graciosa, Paranaguá- Curitiba.

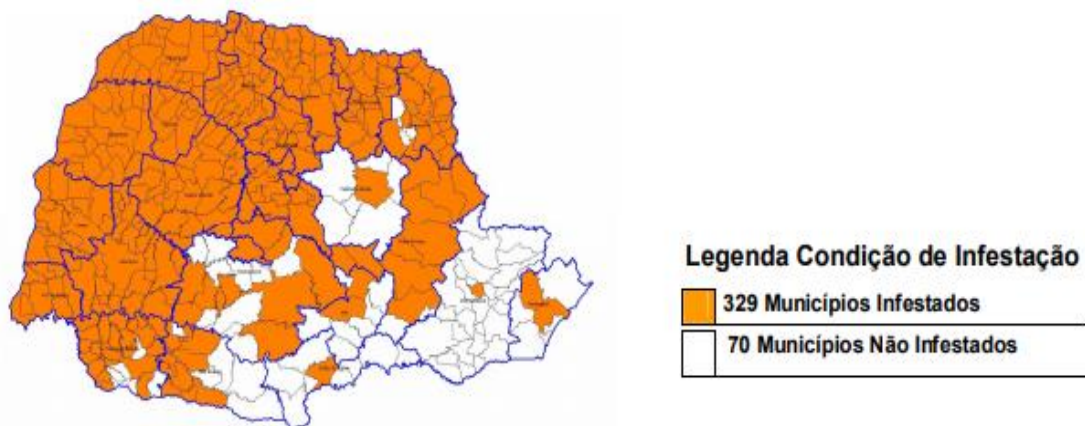
De acordo com Freitas, (1999), a baía de Paranaguá – o tradicional caminho marítimo do povoamento inicia entre a ponta do Superaguí, ao norte, e a de Ibofetuba ao sul (barra do canal da Galheta), com a extensão de 17,7 km, ingressando 50 km mar adentro.

A baía de Paranaguá é circundada pela planície costeira até encontrar os contrafortes da Serra do Mar, obstáculo natural que limita e separa o litoral do primeiro planalto, recortada de majestosos e caprichosos arabescos, fascinando a imaginação, tem uma paisagem tranquila, serena, destacando-se o volume das águas e o verde lindo da Mata Atlântica (Freitas, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

CASOS CONFIRMADOS DA DENGUE

No município de Paranaguá/PR no período entre 2007 e 2014, foram confirmados, através da Secretaria Municipal de Saúde (SEMSA), 14 casos de dengue. No entanto, no período entre agosto de 2015 e abril de 2016, registrou-se 18.331 casos notificados de Dengue e foram confirmados 14.644 casos.



Fonte: SESA/SVS/Sala de Situação/ CEVA/DVDTV/Deliberação CIB 342 de 07/11/2018

Figura 5 – Classificação dos municípios segundo condição de infestados ou não Infestados.

Figura 2. Mapa do Estado do Paraná com os casos notificados de Dengue.

No ano de 2019, dados da Secretaria Estadual de Saúde do Paraná, informam através do relatório técnico n° 44 do dia 30/07/2019, que, para o município de Paranaguá, foram notificados 1.540 casos da

dengue. Isso nos revela um índice de incidência de 22,17 por 100 mil habitantes. As cidades paranaenses que se destacam de forma negativa pelo grande número de casos notificados são: Foz do Iguaçu, Ivaiporã, Telêmaco Borba, Toledo, Londrina, Maringá, Paranaguá, Curitiba, Medianeira, Cianorte, Loanda, Cambé, Sertãoópolis, Uraí, Jacarezinho, Terra Roxa e Cascavel (Figura 2).

No ano de 2020, dados da Secretaria Estadual de Saúde do Paraná, informe técnico nº 43 do dia 11/07/2020, destaca que, para o município de Paranaguá foram confirmados 1.706 casos da dengue. As cidades paranaenses que se destacaram, de forma negativa pelo grande número de casos confirmados acima de 2 mil casos foram: Toledo, Guairá, Assis Chateaubriand, Jacarezinho, Bandeirantes, Rolândia, Londrina, Ibiporã, Cambé, Sarandi, Nova Esperança, Maringá, Colorado, Paranaíba, Cianorte, Umuarama, Cruzeiro do Oeste, Corbélia, Cascavel, Foz do Iguaçu.

No ano de 2021, dados da Secretaria Estadual de Saúde do Paraná, informe técnico nº 43 do dia 27/07/2021, informou que, para o município de Paranaguá foram confirmados 2.907 casos da dengue e no município de Guaraqueçaba 16 casos (Quadro 1).

Percebe-se um aumento expressivo nos números de casos tendo em vista que nos anos anteriores a média foi de 1 ou 2 casos de dengue confirmados. As cidades paranaenses com maior número de casos confirmados acima de 2 mil casos foram: Rolândia, Londrina, Cambé, Maringá, Cascavel, Foz do Iguaçu e Sengés.

É importante destacar que a reprodução do *Aedes aegypti* se dá em áreas com problemas de saneamento básico como lixões, terrenos baldios e nos quintais das residências. Ações de manejo correto dos resíduos sólidos urbanos, associado à coleta seletiva e reciclagem, podem contribuir para a diminuição da incidência de casos e diminuição dos criadores artificiais.

O quadro 1 mostra que no período entre 2015/2016 e 2019/2020 ocorreram o maior número de casos confirmados e notificados. Porém, observou-se que nos anos 2017/2018, 2018/2018 e 2020/2021 o número de casos estão em equilíbrio, se comparados pelos anos citados acima. Vale ressaltar que este aumento pode estar diretamente sendo influenciado pelas condições climáticas que favorecem a reprodução dos mosquitos. Outro fator que se pode destacar são as informações divulgadas nas mídias e telejornais sobre os cuidados com a dengue, bem com os agentes de transmissão.

Quadro 1. Número de casos de dengue no Paraná e Paranaguá.

Ano	2015/16	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21	2021/22
Casos de dengue Paraná	56.351	992	21.374	227.224	27.889	56.191
Casos de dengue Paranaguá	15.779	0	31	1.706	2.907	48
Notificados PR	145.757	21.678	88.818	360.618	93.329	150.752
Notificado Pguá	19.782	1.408	1.519	3.646	5.835	526

Elaborado pelos Autores (Fonte:SESA-PR)

Em uma análise da situação epidemiológica da dengue no Estado do Rio Grande do Norte realizada por Silva (2021), observou-se que no período entre 2016 e 2020 a prevalência da infecção pelos vírus da dengue foi maior entre os indivíduos do sexo feminino. Sendo assim, corroborando com o autor, em nosso estudo comprovou-se que em relação a distribuição segundo as características pessoais de casos, a infecção pelos vírus da dengue foi maior entre os indivíduos do sexo feminino, quando em comparação com o sexo masculino. O **quadro 2** mostra que essa infecção de casos prováveis da doença na população feminina se manteve maior que a dos homens, em toda a série temporal, representando 54,65% dos casos confirmados.

Quadro 2. Casos positivos por sexo.

Ano	Ignorado	Masculino	Feminino	Total
2015	0	514	588	1102
2016	4	6302	7812	14118
2017	0	0	0	0
2018	0	0	0	0
2019	0	18	26	44
2020	5	1393	1711	3109
2021	2	1335	1413	2750
2022	0	2	0	2
Total	11	9572	11552	21135

Em Paranaguá a incidência da dengue é maior na população com idade entre 20 e 49 anos. Este resultado está de acordo com os dados da Secretaria Estadual de Saúde para o Estado do Paraná. Estudos realizados sobre séries históricas de casos de dengue em outros estados, tais como Rio Grande do Norte e São Paulo, mostram que a ocorrência da doença clínica é mais comum em pessoas do sexo feminino e na faixa etária entre 30 e 50 anos (Silva, 2021). O **quadro 3** mostra que em nosso estudo verificou-se que a taxa de incidência na população entre 1 e 9 anos apresentou números abaixo da média tanto para o gênero masculino quanto para o gênero feminino. Portanto, a faixa etária entre 10 e 19 e 50 e 64 anos apresentaram a segunda maior média, respectivamente.

De acordo com a Secretaria Municipal de Saúde, em vistoria de rotina nas residências do município de Paranaguá, nos últimos 3 anos houve um aumento expressivo nos números de focos de criadouros, que foram identificados pelos agentes de saúde em vários bairros, esse fato contribuiu para o aumento de número de casos da dengue.

Quadro 3. Número de casos de dengue por faixa etária em Paranaguá.

Ano	<1 Ano	1-4	5-9	10-19	20-49	50-64	65 e+	Total
2015	7	13	39	236	570	160	77	1102
2016	43	113	197	2060	7812	2628	1264	14117
2017	0	0	0	0	0	0	0	0
2018	0	0	0	0	0	0	0	0
2019	0	1	1	8	18	11	5	44
2020	35	100	131	398	1789	472	184	3109
2021	18	55	116	361	1553	484	163	2750
2022	0	0	0	0	0	1	1	2
Total	103	282	484	3063	11.742	3756	1694	21.124

VOLUMES DE PRECIPITAÇÕES NO MUNICÍPIO DE PARANAGUÁ

Segundo Bigarella et al. (1978), de acordo com a classificação de Köppen o clima de Paranaguá é do tipo Aft, ou seja, subtropical úmido mesotérmico, sem estação seca e isento de geadas. Para compreender melhor a distribuição das precipitações e temperatura, fez-se uma análise dos dados no período compreendido entre 2015-2020. Os dados foram fornecidos pelo 8º Distrito de Meteorologia – Porto Alegre-RS.

No período de estudo, observou-se que no município de Paranaguá/PR a ocorrência do período chuvoso é curta e regular e tem início no verão, com chuvas bem distribuídas, volumes de precipitações médias de 921 mm que representam aproximadamente 42% das precipitações anuais. O mês mais rico em chuvas é fevereiro, com a média de 335 milímetros; o mês mais pobre em chuva é agosto, com a média de 64.0 milímetros.

O Quadro 4 mostra temperaturas e volume de precipitação em Paranaguá entre 2015 e 2020. Observou-se que no ano de 2015 registrou-se a temperatura média de 22,2 °C, a mais baixa no período estudado e volumes de precipitações de 2.726,6 mm, sendo a maior média no período estudado. No ano de 2019 registrou-se a temperatura média de 24,21°C, a maior média do período estudado, como volume de precipitação de 1.375,5 mm, sendo a menor média no período. Contudo, nos anos de 2016, 2018 e 2020 as temperaturas médias estiveram muito próximas.

Quadro 4. Temperaturas e volume de precipitação Paranaguá 2015 – 2020.

Ano	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Precipitação(mm)	2726,6	2289,4	2435,1	1831,1	1375,4	1680,4
T. Média (°C)	22,2	22,2	23,0	22,6	24,21	22,5

LIXOS E ENTULHOS

A ocorrência de lixões, que se proliferam principalmente nas periferias dos centros urbanos, é fruto do atendimento inadequado feito à população, no que se referem os serviços de coleta, tratamento e disposição final de resíduos sólidos. A ineficiência desses serviços vem promovendo sérios desequilíbrios ambientais não só nas áreas urbanas mal servidas, como também nas áreas próximas aos aterros e lixões, com a poluição de lençóis freáticos, rios e lagoas contribuindo, junto com os efluentes sanitários e industriais, para o comprometimento do aproveitamento desses mananciais, da vida aquática e de importantes ecossistemas.

Esse processo promove, também, o agravamento do quadro de saúde pública, em especial com o aumento da incidência de doenças infecciosas como cólera, dengue, leptospirose, leishmaniose, toxoplasmose entre outras (Teixeira et al., 2004).

De acordo com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma), a estimativa é que a produção de lixo no planeta salte de 1,3 bilhão de toneladas para 2,2 bilhões de toneladas até 2025. Isso quer dizer que a cada dia se torna mais necessário o descarte correto de materiais. E no município de Paranaguá, no período de estudo, observou-se que são constantes os lixos a céu aberto nas ruas e avenidas, descartados pela população. Esses entulhos são formados por móveis usados, equipamentos eletrônicos estragados, plásticos, colchões, restos de materiais de construção entre outros objetos.

Diante disso, esses depósitos de lixos e resíduos podem servir para possíveis focos de criadouros de mosquitos e roedores. Estes facilitam a proliferação de doenças entre elas a dengue, tendo em vistas que as condições climáticas são favoráveis para o desenvolvimento do mosquito.

As Figuras 3,4 e 5 abaixo mostram lixo e entulhos nas ruas e avenidas. No período estudado identificamos, em vários bairros em terrenos baldios ou nas vias de acesso lixos e entulhos que foram depositados pelos próprios moradores.



Figura 3. Lixos e entulhos na Rua Santa Cecília - Jardim Emboguaçu. Fonte: Autores (maio de 2022).



Figura 4. Lixos e entulhos na Rua Tuffi Maron - Vila Paranaguá. Fonte: Autores (maio de 2022).



Figura 5. Lixos e entulhos na Rua Tuffi Maron - Jd Emboguçu. Fonte: Autores (maio de 2022).

Vale salientar que essas práticas são comuns, e em alguns bairros observou-se a existência de carrinheiros fazendo o transporte, e depositando os lixos em terrenos baldios e avenidas. Acredita-se que esses carrinheiros recebem para fazer esse trabalho de alguns moradores. Entretanto, de acordo com fornecidas pela prefeitura, existe um cronograma para fazer a limpeza dos entulhos. Porém, em alguns bairros a população não segue esse cronograma, fazendo o depósito de lixos e entulhos de forma constante, sem preocupação com as questões ambientais, bem como as consequências dessas práticas.

Os lixos e entulhos que são depositados nas ruas e avenidas, podem contribuir para a proliferação de insetos, como o *aedes aegypti*, vetor de várias doenças como a dengue, zika vírus e chikungunya, bem como os roedores que são transmissores de várias doenças entre elas a leptospirose, observamos que SEMMA concentra esforços para realizar de forma contínua e ininterrupta a coleta de lixo doméstico e entulhos, além de manter canteiros e praças sempre livres de folhas.

De acordo com a SEMMA a quantidade de entulhos e lixos que foram recolhidos das vias públicas, que foram depositados de forma irregular, em vários bairros da cidade no período de 2017 a 2021, a quantidade é bem representativa a média para o período estudado foi de 20 mil toneladas por ano, esse fato contribuiu para manter a cidade mais limpa, assim proporciona um ambiente agradável.

No entanto, é indispensável que cada cidadão contribua para a manutenção da limpeza da cidade, colocando o lixo doméstico para ser coletado em lixeiras ou recipientes apropriados. Também é necessário desenvolver atividades de Educação Ambiental de forma constante, não apenas em datas comemorativas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados ora aqui apresentados mostram que as questões socioeconômicas e ambientais também são fatores que contribuem com a presença do vetor. Do mesmo modo, a deficiência do saneamento básico, descartes de lixo em locais inadequados, urbanização desordenada, hábitos da população como: depósito de água, cultivo de plantas e recipiente de animais contribuem com este fator.

Neste sentido, são necessários estudos que busquem entender como o espaço urbanizado pode influenciar nas diversas doenças que surgem e afetam a população, em especial as transmitidas por vetores, como é o caso da dengue.

No período de estudo, observou-se que em anos em que as temperaturas médias foram mais elevadas, houve maior incidência no número de casos confirmados da dengue. Assim, acredita-se que nesse período o mosquito transmissor da dengue encontra condições favoráveis para a sua reprodução e desenvolvimento. Aliado a esse fator, tem-se a grande quantidade de lixos e entulhos nas ruas e avenidas.

Observou-se que em anos em que houve um volume de precipitação mais elevado, os números de casos da dengue foram mais baixos. Tem-se aqui um objeto de estudo que requer maior detalhamento. Acredita-se que mais fatores devam ser levados em consideração haja vista que em anos anteriores, com temperaturas mais baixas e volumes de precipitações mais elevados o número de casos de dengue foi elevado. Aqui destacamos o ano de 2015, onde a temperatura média foi de 22,2°C.

A pesquisa demonstrou que situações como a epidemia de dengue, podem ser gatilhos para consolidação de práticas educacionais de importância social, com a participação de escola e comunidade além disso, propiciar o compromisso da integração dos saberes aliados à inovação tecnológica numa tentativa de intervenção na realidade ambiental das comunidades é uma ação importante a ser tomada.

Por fim, identificar os condicionantes socioambientais, tais como focos de criadouro de mosquitos, lixos e resíduos nas ruas e avenidas que facilitam o acúmulo de água, torna-se de grande relevância, para elaborar ações que possibilitem a redução dos focos dos mosquitos transmissores da dengue, tendo em vista que os resultados podem contribuir para a melhoria da qualidade do ambiente e da vida dos cidadãos do município de Paranaguá e da região litorânea como um todo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA

- Affonso, R. S., Lessa, B., Slana, G. B. C.A., Barboza, L. L., Almeida, F. V. De, Lima, A. L. S., Souza, F. R. De, & França, T. C. C. (2014). Quantificação e caracterização dos Principais Componentes do Extrato Etanócio de Cravo-da Índia *Syzygium aromaticum* Merr. Et Perry. *Revista Virtual de Química*, v. 6 n.º. 5, p. 1316-13331.
- Aleixo, N. C. R., & Sant'anna Neto, J. L. (2011). Percepções e riscos: abordagem socioambiental do processo saúde-doença. *Mercator*. Fortaleza. v. 10, n. 22, p. 191 – 208.
- Araujo, J. D. de. (2012). Polarização epidemiológica no Brasil. *Epidemiol. Serv. Saúde*, Brasília, v. 21, n. 4, p. 533-538.

- Ayoade J. O. (2004). Introdução à climatologia para os trópicos. 10ª ed. São Paulo: Bertrand Brasil, 332p.
- Barcellos, C, & Quitério, L. A. (2006). Vigilância ambiental em saúde e sua implantação no Sistema Único de Saúde. *Revista Saúde Pública*, vol. 40, nº. 1. p.170-1771.
- Barrera, R., Delgado, N., Jiménez, M., Vllalobos, I., & Romero, I. (2000). Estratificación de uma ciudad hiperendémica em dengue hemorrágico. *Revista Panamericana de Salud Publica*. Washington. v. 8, p. 255-233.
- BRASIL (1998). Ministério da Saúde, Guia de Vigilância Epidemiológica: Fundação Nacional da Saúde (FUNASA).
- BRASIL (2002). Fundação Nacional de Saúde. Guia de vigilância epidemiológica. 5. ed. Brasília: FUNASA. 842p.
- BRASIL (2005). Ministério da Saúde. Guia de vigilância epidemiológica. Secretaria de Vigilância em Saúde. 6. ed. Brasília. Ministério da Saúde.
- BRASIL (2006). Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica. Guia de vigilância Epidemiológica. 6 ed. Série A. Normas e Manuais Técnicos. Brasília: Ministério da Saúde.
- BRASIL (2009). Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Diretrizes nacionais para prevenção e controle de epidemias de dengue / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica. – Brasília: Ministério da Saúde. 160 p.
- BRASIL (2014). Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Guia de Vigilância em Saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 812p.
- Catao, R. C. (2011). Dengue no Brasil: abordagem geográfica em escala nacional. São Paulo: cultura acadêmica. 2011. 169 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente.
- Consoli, R. A. G. B., Oliveira, R. L. (1994). Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil. 1 ed. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 228p.
- Derouich, M. et al. (2003). A model of dengue fever. *Biomedical engineering online*, London, v. 2, p. 4.
- Donalísio, M. R. (1999). O dengue no espaço habitado. São Paulo: Hucitec.
- Estação Meteorológica de Paranaguá – Av. Cel. Elísio Pereira – Aeroparque.
- Focks, D. A., Daniels E., Haile, D. G., & Keesling, J. E. (2002). A simulation model of the epidemiology of urban dengue fever: literature analysis, model development, preliminar validation and samples of simulation results. *The American Journal of Tropical Medicine Hygiene*. v. 53, p. 489-506.
- Foratini, O. P. (2002). Culicidologia médica: identificação, biologia, epidemiologia. 2.ed. São Paulo: Edusp.
- Forattini, O. et al. (1998). Significado epidemiológico dos criadouros de *Aedes Albopictus* em bromélias. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, v. 32, n. 2, 523-530p..


- Freitas, W. F. de. (1999). História de Paranaguá: das origens à atualidade. Paranaguá, IHGP, 560p.
- Glasser, C. M., & Gomes, A. C. (2000). Infestação do estado de São Paulo por *Aedes Aegypti* e *Aedes Albopictus*. Ver. Saúde Pública, 34(6): 570-577.
- Gubler, D. J. (2002a). The global emergence/resurgence of arboviral diseases as public health problems. Archives of medical research, México. v. 33, n. 4, p. 330-342.
- Gubler, D. J. (2002b). Epidemic dengue/dengue hemorrhagic fever as a public health, social and economic problem in the 21st century. Trends Microbiology. v. 10, n. 2, p. 100-103,
- Guerra, A. J. T. (2001). Impactos Ambientais urbanos no Brasil/ Antônio José Teixeira Guerra, Sandro Baptista da Cunha (organizadores) Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 416p
- Lindenbach, B. D, Thiel, H. J., & Rice, C. M. (2007). Flaviviridae: Th viruses and their replication. In DM Knipe, PM Howley, Fields Virology, Lippincott Williams and Wilkins. p. 1101-1152. Philadelphia.
- Mendonça, F. (2000). Aspectos da interação clima-ambiente saúde humana: da relação sociedade-natureza à (in)sustentabilidade ambiental. Revista RA'EGA. Editora da UFPR, Curitiba. n.4, p. 85-99.
- Mondini, Adriano, Chiaravalloti Neto, Francisco. Variáveis socioeconômicas e a transmissão de dengue. Revista de Saúde Pública, São Paulo, v. 41, n. 6, p. 923-930, 2007.
- Nascimento, J. C, Goulart, J, Rossi, J. C. N, Portes, M. G. T, Rossini, M. A, & Vivian, P. A. F. (2015). Guia de orientação para treinamento de técnicos de laboratório de entomologia. Santa Catarina – SC.
- Neves, D. P., Melo, A. L., Genaro, O., & Linardi, P. M. (1998). Parasitologia humana. 9ª ed. São Paulo: Atheneu.
- OMS - Organização Mundial Da Saúde (2001). Diagnóstico, Tratamento, Prevenção e Controle. In: Dengue Hemorrágica, p.25-33.
- OPAS – Organizacion Panamericana De La Salud (1982). Control de vectores com posterioridad a los desastres naturales. Washington: OPAS.
- Rey, L. (1992). Bases da parasitologia médica. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Roseghini, W. F. F. (2013). Clima urbano e dengue no centro sudoeste do Brasil. Tese de Doutorado. Programa de Pós Graduação em Geografia/UFPR.
- Rouquayrol, M. Z. (1999). Epidemiologia e saúde. Rio de Janeiro: MEDSI.
- Rust, R. S. (2012). Human arboviral encephalitis. Semin Pediatr Neurol., 19(3):130-51. Doi: 10.1016/j.spen.2012.03.002.
- Silva, M. L. R da. (2021). Analise Epidemiologica da Dengue no estado do Rio Grande do Norte, Brasil, período de 2016 a 2020. Universidade Federal do Rio Grande do Norte Centro de Biociências. Programa de Pós-Graduação em Biologia Parasitaria. Dissertação de Mestrado. Natal, RN.

- Souza, F. X. da S. de. (2017). Os Condicionantes Socioambientais da Leptospirose na área Urbana de Paranaguá, Litoral do Paraná. Dissertação de Mestrado. Programa de Desenvolvimento Territorial Sustentável, Universidade federal do Paraná, Setor Litoral. Matinhos.
- Tauil P. L. (2001). Urbanização e ecologia do dengue. Cad. Saúde Pública. 17(Supl): 99-102.
- Tauil, P. L. (2002) Aspectos críticos do controle do dengue no Brasil. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 18, n. 3, p. 867-871.
- Teixeira, M. G. et al. (2002). Dynamics of dengue virus circulation: a silent epidemic in a complex urban area. Tropical Medicine International Health, vol. 7, n. 9, p. 757-762.
- Valerio, A., & Defani, M. A. (2009). Citronela uma planta no combate à dengue. Professora de Ciências Físicas e Biológicas, Colégio Estadual José Luiz Gori, Mandaguari – PR., e-mail bete_valerio@hotmail.com, ** Docente do Departamento de Ciências, Universidade Estadual de Maringá, Maringá – PR.
- Watts, D. M., Burke, D. S., Harrison B. A., & Whitmire, R. E. (1987). Effect of temperature on the vector efficiency of *Aedes aegypti* for dengue 2 virus. The American Journal of Tropical Medicine Hygiene. v. 36, n.1, p. 143-452.
- Zarpelon, A. C., Ribas, R. C., & Ribeiro, F. H. M. (2008). Alerta epidemiológico: dengue em Maringá – PR, a epidemia de 2007 pode ser apenas a primeira. IV Mostra Interna de Trabalhos de Iniciação Científica do Cesumar 20 a 24 de outubro de 2008. Centro Universitário de Maringá – Paraná – Brasil.


Estrutura, agregação e erosão do solo: da matéria orgânica à desestabilização

Recebido em: 18/12/2022

Aceito em: 28/12/2022

 10.46420/9786581460761cap4

Rômulo Augusto Aragones Aita^{1*} 

Mauro Kumpfer Werlang¹ 

INTRODUÇÃO

Os processos erosivos representam um grave problema no Brasil, resultando em severos impactos ambientais e socioeconômicos sobre as populações afetadas. Embora a erosão seja um fenômeno natural, e o principal fator da evolução não tectônica dos relevos, as atividades humanas tendem a acelerar este fenômeno (Guerra et al., 2014). No Brasil, estima-se que cerca de 847 milhões de toneladas de solos agriculturáveis são perdidas por ano devido aos processos erosivos (Merten; Minella, 2013) causando danos locais como perdas de insumos, remoção de nutrientes dos solos e danos regionais como a poluição das águas por eutrofização e sedimentos além do assoreamento de corpos hídricos, levando a inundações (Pinto et al., 2020).

Para Amézketa (2008), a estrutura do solo é um importante fator para a sustentabilidade dos solos e pode ser definida como o arranjo das partículas sólidas e vazios do solo e sua estabilidade em um dado momento. Os agregados do solo enquanto partículas estruturais afetam a infiltração de água aumentando a capacidade de armazenamento de água, a aeração, a atividade biológica, o crescimento de plantas e, por conseguinte, minimizam a erosão. Neste contexto, a estabilidade de agregados do solo, a resistência dos agregados do solo à aplicação de uma energia externa, como chuvas de alta intensidade, é determinada pela estrutura do solo e por uma série complexa de propriedades biológicas e químicas interagindo entre si (Moebius et al., 2007).

A estabilidade de agregados também é um parâmetro para medir a resistência do solo à erosão, Moebius et al. (2007). É considerada como um indicador físico importante da qualidade do solo, pois está envolvido na manutenção de importantes funções do ecossistema onde o aumento das perdas de solo está comumente associado com mudanças na estrutura do solo (Bird et al., 2007).

Em vista disso, este estudo propõem a averiguação das relações entre erosão e estrutura do solo sob a perspectiva da matéria orgânica e suas funções na agregação considerando relações e conceitos levantados ao longo do estudo e buscando elucidar os determinantes para estes processos.

A ESTRUTURA E A AGREGAÇÃO DO SOLO

¹ Universidade Federal de Santa Maria.

* Autor correspondente: romuloaita@gmail.com

A estrutura do solo, reconhecidamente responsável por controlar diversos processos no solo (Rabot et al., 2018), regula a retenção e infiltração de água no solo, controlando os processos de morfogênese e pedogênese, as trocas gasosas, a dinâmica da matéria orgânica e de nutrientes, a penetração de raízes e a própria erosão. Ela facilita a permeabilidade do solo e pode melhorar o armazenamento de água. A perturbação da estrutura do solo pode resultar na rápida reciclagem de nutrientes, formação de crostas, redução da disponibilidade de água e ar para as raízes e consequente predomínio da morfogênese (Franzluebbers, 2002). Assim, o desenvolvimento estrutural e da agregação de um solo ocorrem no contexto dos processos pedogenéticos naturais e atividades antrópicas onde uma série complexa de adições e perdas, ação de organismos e efeitos climáticos determinam o desenvolvimento da estrutura do solo.

Dessa forma, a estrutura do solo é um fator chave para o funcionamento dos solos e sua habilidade para suportar vida e regular a qualidade do meio ambiente. Sua continuidade de poros influencia a capacidade de retenção e transmissão de fluidos e substâncias orgânicas e inorgânicas (Lal, 1991) onde uma boa estrutura do solo e alta estabilidade de agregados aumentam a qualidade ambiental e a fertilidade enquanto sua porosidade diminui a erodibilidade.

Já estabilidade de agregados do solo é parâmetro chave para a estrutura do solo e está correlacionada a sua capacidade de infiltração e erodibilidade (Bird et al., 2007). São partículas primárias que se ligam entre si formando microagregados, que por sua vez ligam-se entre si formando macroagregados.

Em contrapartida, os agregados do solo são partículas secundárias da estrutura do solo formadas pela combinação de partículas minerais primárias com substâncias orgânicas e inorgânicas. O complexo dinâmico de agregação é resultado da interação de muitos fatores incluindo, ambiente, manejo do solo, composição mineralógica do solo, textura, concentração de carbono orgânico, processos pedogenéticos, atividade microbiana, capacidade de troca de íons, presença de metais e carbonatos e, disponibilidade de umidade (Kay, 1998).

Aqui, o carbono orgânico do solo atua como um agente ligante e núcleo de formação de agregados. A biota e seus produtos orgânicos contribuem para o desenvolvimento da estrutura do solo o que, reciprocamente, a torna significativamente controlada pela dinâmica do carbono do solo.

O MODELO HIERARQUICO DE AGREGAÇÃO DO SOLO

Tisdal e Oades (1982) propõem um modelo hierárquico de agregação com quatro estágios. Nele, é demonstrado que há a construção das unidades estruturais de vários tamanhos (macroagregado, microagregados e partículas) ligadas por diversos agentes cimentantes respeitando-se uma ordem hierárquica onde o principal agente de cimentação é a matéria orgânica. Neste modelo há quatro estágios

de agregação: agregados de 2 mm de diâmetro, agregados de 0,25 a 0,02 mm de diâmetro, agregados de 0,02 a 0,002 mm diâmetro e agregados menores que 0,002 mm de diâmetro.

Os agregados maiores que 2 mm em solos com teores de matéria orgânica maiores que 2% teriam como principal agente cimentante a rede de raízes e hifas enquanto em solos com teores de matéria orgânica inferiores, menores que 1%, o principal agente cimentante seriam apenas agentes orgânicos transitórios. Uma vez que a estabilidade de agregados maiores que 2mm é majoritariamente regulada por raízes e hifas, sua estabilidade é controlada pelas práticas agrícolas. Agregados de 0,25 a 0,02 mm seriam majoritariamente compostos de partículas minerais de 0,02 a 0,002 mm cimentadas por materiais orgânicos persistentes, óxidos e argilas apresentando-se estáveis, em parte por serem menores e em parte, por apresentarem diversos tipos de agentes cimentantes que atuam em um efeito aditivo e, dessa maneira, serem considerados microagregados estáveis (Edwards; Bremner, 1967).

Os agregados de 0,02 a 0,002 mm de diâmetro, constituem-se de partículas menores que 0,002 mm cimentadas fortemente por materiais orgânicos e, em certa instancia, pela flocculação das argilas presentes e filmes de biomassa, principalmente em agregados jovens, não sendo rompidos por práticas agrícolas (Marshall, 1976). Já os agregados menores que 0,002 mm de diâmetro são flocos onde partículas individuais de argila se unem para formar uma massa onde a matéria orgânica, por efeito iônico, pode aumentar a interação das cargas nas superfícies das argilas aumentando a atração entre estas partículas.

A MATÉRIA ORGÂNICA E SUA FUNÇÃO NA ESTRUTURA DO SOLO

Vários autores consideram a matéria orgânica como o componente principal de modelos de agregação do solo, entre eles Edwars e Bremner (1967), Tisdall e Oades (1982) e Six et al. (2004). Para Bayer e Mielnickzuk (2008), a formação de agregados do solo ocorre pelas forças físicas envolvidas nos ciclos de umedecimento e ressecamento do solo e pela ação de compressão do sistema radicular das plantas.

Por conseguinte, com base nesses mecanismos, pode-se afirmar que matéria orgânica, posteriormente, atua como um dos fatores determinantes na estabilização de agregados em decorrência das ligações químicas entre os compostos da matéria orgânica e as partículas minerais dos solos, Bayer e Mielniczuk (2008).

Tisdall e Oades (1982), sugerem que diferentes frações da matéria orgânica dos solos possuem diferentes funções na agregação do solo. Mucilagens compostas de hidratos de carbono simples, raízes e hifas de fungos, controlados pelo crescimento de plantas e pela oxidação dos processos respiratórios, seriam responsáveis pela agregação dos macroagregados (> 0,25 mm) enquanto os microagregados (< 0,25mm) dependeriam das ligações entre as estáveis substancias húmicas com as partículas dos solos, principalmente argilas.

Tisdall e Oades (1982), consideram três grupos principais de agentes orgânicos de cimentação envolvidos na estabilização de agregados e os classificam em função da sua duração no solo e estado de degradação como Transitórios, Temporários e Persistentes. De maneira geral, polissacarídeos; raízes e hifas; componentes aromáticos e polímeros fortemente adsorvidos às argilas, respectivamente.

Agentes transitórios de cimentação

Os agentes transitórios correspondem ao material orgânico que é decomposto rapidamente pelos microrganismos. O grupo mais importante são os polissacarídeos produzidos por microrganismos, pela decomposição de materiais frescos adicionados ao solo, e polissacarídeos associados à rizosfera de origem radicular ou da biomassa microbiana (Russell, 1973). Estes polissacarídeos são produzidos rapidamente, mas também são rapidamente decompostos e estão associados a macroagregados, maiores que 0,25mm de diâmetro.

Estes agentes são transitoriamente estáveis, sendo beneficiados pela adição de material orgânico ao solo (Guckert et al., 1975). Em uma escala de tempo, pode se dizer que substratos orgânicos prontamente disponíveis, como a glicose, tem um efeito de algumas semanas enquanto materiais menos prontamente disponíveis como tecidos de gramíneas levam a uma elevação gradual da sua persistência por diversos meses enquanto substratos mais duradouros como a celulose tem um efeito estabilizador que perdura por muitos meses. (Tisdall; Oades, 1980).

Agentes temporários de cimentação

Segundo Hubbell e Chapman (1946), os agentes temporários de cimentação são as raízes e as hifas, particularmente as vesículas arbusculares das hifas micorrízais. Estes agentes desenvolvem-se nos solos em poucas semanas ou meses à medida que o sistema radicular e as hifas associadas crescem sendo persistentes por talvez anos se não afetadas pelo uso do solo. (Tisdall; Oades, 1979).

As raízes disponibilizam, não apenas, resíduos orgânicos lábeis ao solo como também abrigam uma grande população microbiológica na rizosfera. Já as raízes das gramíneas agem especificamente como agentes cimentantes uma vez que proporcionam uma rede que envolve, engloba, as partículas do solo em macroagregados estáveis mesmo quando mortas, Clark et al. (1957).

Por sua vez, hifas são pegajosas e incrustam-se às partículas as retendo estáveis por sua força em agregados do solo mesmo quando dessecados, podendo manter unidos agregados em solos de dunas arenosas, Hubbell e Chapman (1946). Embora o efeito isolado das hifas não seja tão forte, quando combinados às finas raízes, em suas redes tridimensionais que englobam os agregados, ajudam a mantê-los coesos.

Agentes Persistentes de cimentação

Os agentes cimentantes persistentes constituem-se de material orgânico aromático associados a íons metálicos e a argilas formando grandes frações organominerais no solo constituindo de 52 a 98% do total da matéria orgânica dos solos (Greenland, 1965). Estes agentes cimentantes também podem incluir polímeros, como polissacarídeos, estabilizados pela associação com metais de e trivalentes que agirão como estabilizadores destes materiais orgânicos.

Os materiais cimentantes persistentes podem derivar de fragmentos resistentes de raízes, hifas e células bacterianas desenvolvidas na rizosfera sendo o centro da agregação de partículas de argila quando nestas adsorvidas, Marshall (1976), não sendo dessa forma uma mera película de matéria orgânica ligada a superfície das argilas, Greenland (1965).

Portanto, pode-se considerar que os microagregados podem ser estabilizados contrarrupturas ocasionadas por secagem e umedecimento rápido e perturbações mecânicas, por diversos mecanismos sendo o papel dos complexos organominerais de fundamental importância onde as mucilagens de polissacarídeos também estão envolvidas. Dessa forma, a cimentação dos microagregados é relativamente permanente não sendo influenciada pelos conteúdos de matéria orgânica do solo (Tisdal; Oades, 1982).

Por outro lado, a estabilidade de macroagregados depende amplamente de raízes e hifas e, por conseguinte, do desenvolvimento do sistema radicular. O número de macroagregados diminui com a decomposição da matéria orgânica caso não seja repostada dependendo do sistema de uso do solo. Nesse sentido, a estabilização de macroagregados é controlada pelo manejo, aumentando sob pastagens declinando com práticas de aragem em áreas agrícolas (Tisdal; Oades, 1980).

OS MECANISMOS DE DESTABILIZAÇÃO DOS AGREGADOS DO SOLO

Emerson e Greenland (1990), definiram dois processos de desagregação do solo: rompimento e dispersão. Outros autores, mais preocupados com observações de campo, consideram o impacto das gotas de chuva a principal causa da degradação estrutural na superfície do solo (Nearing; Bradford, 1985). A quebra de agregados pela água pode resultar de uma variedade de mecanismos físico e físico-químicos e pode envolver diferentes escalas da estrutura do solo, desde interações entre partículas de argila até o comportamento macroscópico de agregados (Oades; Waters, 1991).

Mas segundo Le Bissonnais (1996), quatro principais mecanismos podem ser identificados: O rompimento, ou seja, a quebra causada pela compressão do ar aprisionado durante o umedecimento rápido; a desagregação por expansão e contração de argilas; a desagregação por impacto de gotas de chuva; e a dispersão físico-química devido ao estresse osmótico.

Esses mecanismos diferem-se entre si de diversas maneiras. Desde a natureza das ligações entre as partículas e na energia envolvida em sua ruptura, das condições físicas e químicas necessárias para a

desagregação, da cinética do processo de degradação até o tipo de propriedades do solo que influenciam o mecanismo de degradação (Chan; Mullins, 1994).

O rompimento

O rompimento é causado pela compressão do ar aprisionado dentro dos agregados do solo durante o umedecimento. Ocorrendo quando agregados secos são umedecidos rapidamente ou mergulhados em água sendo o efeito do ar aprisionado depende do volume de ar dentro do agregado, da taxa de umedecimento e da resistência ao cisalhamento do agregado molhado. O rompimento ocorre mesmo sem nenhuma agitação do solo em água embora a agitação aumente o efeito do rompimento por adicional desagregação mecânica.

Truman et al. (1990), afirmam que o rompimento diminui à medida que o conteúdo de umidade aumenta devido a redução do volume de ar aprisionado durante o umedecimento. Também o aumento do conteúdo de argila influencia o rompimento à medida que este decresce frente a maiores teores de argila (Le Bissonais; Arrouays, 1997).

Os fragmentos resultantes do rompimento são principalmente microagregados, sendo que quanto maior o conteúdo de argila do solo maior o tamanho destes. Este efeito é resultante da porosidade em função da textura ocasionando menor conteúdo de ar no interior do agregado.

A desagregação devido à expansão e contração das argilas

A expansão e contração das argilas durante os ciclos de umedecimento e ressecamento resulta em microfissuras que formam linhas de fraquezas nos agregados. Estas dependem de propriedades como o rompimento e taxa de umedecimento para gerar microagregados similares aos gerados no processo de rompimento (Kheyrahi; Monnier, 1968).

A desagregação devido à expansão e contração das argilas é semelhante ao rompimento ocasionado pelo ar aprisionado, porém decresce em razão da diminuição dos conteúdos e argilas. As consequências da desagregação por expansão e contração das argilas na infiltração são menos severas que aquelas causadas pelo ar aprisionado uma vez que seu produto apresenta menor tamanho (Chan; Mullins, 1994).

A desagregação causada pelo efeito mecânico das gotas da chuva

A desagregação causada pelo efeito mecânico das gotas da chuva normalmente ocorre em combinação com outros mecanismos. A importância deste efeito é claramente demonstrada pelo papel da cobertura vegetal na proteção do solo quando esta intercepta as gotas de chuva e dissipa a energia cinética antes destas atingirem o solo.

Sob condições mal drenadas, a tensão de compressão do impacto das gotas de chuva é transformada em tensão de cisalhamento lateral que faz com que os fragmentos se soltem e se projetem (Al-Durrah; Bradford, 1982). Além disso, a desagregação ocasionada pelo efeito mecânico das gotas das chuvas sobre o solo não só destaca partículas, mas também desloca fragmentos previamente fragilizados o que configura o efeito “splash” (Farres, 1987).

Até mesmo agregados estáveis são deslocados pelo efeito “splash”, mas o resultado da ação desagregadora das gotas de chuva é geralmente de pequeno porte, tratando-se de partículas elementares, como grãos minerais, ou pequenos microagregados. O efeito “splash”, tem um papel dominante nos solos molhados uma vez que os agregados são mais fracos quando úmidos (Al-Durrah; Bradford, 1982).

A dispersão físico-química

A dispersão físico-química é resultado da redução das forças de atração entre as partículas coloidais durante o umedecimento (Summer, 1992). A dispersão depende principalmente da porcentagem de sódio trocável do solo, sendo o principal mecanismo de degradação de solos argilosos (Amézqueta, 2008) e dependente de sua mineralogia, respeitando a ordem decrescente de reatividade das argilas: Illita>Vermiculita>Esmectita>Caulinita.

A principal característica da dispersão é a produção de partículas elementares em vez de microagregados. Portanto, a dispersão é um dos processos mais eficazes de desagregação de agregados, e aumenta muito o efeito dos demais mecanismos de desagregação (Bresson; Boiffin, 1990).

A dispersão induz a formação de crostas na superfície do solo, diminuindo a infiltração e aumentando o escoamento superficial (Ben-Hur et al., 1992). No entanto, Abu-Sharar et al. (1987) mostraram que algumas vezes a dispersão tem que ser associada com o rompimento do agregado pelo ar aprisionado para reduzir a condutividade hidráulica uma vez que as partículas de argila dispersas são móveis, facilmente iluviadas e não são capazes de obstruir grandes poros condutores.

Assim, a desagregação pelas gotas das chuvas tem sido reconhecida como a força erosiva dominante que afeta a taxa de erosão (Torri; Poesen, 1992). Considerando que a resistência dos agregados ao rompimento pelo ar aprisionado influencia grandemente o desprendimento do solo pela chuva, especialmente em solos tropicais com baixos teores de sódio trocável e teor de argilas expansivas, pode-se concluir que é um importante determinante dos processos erosivos.

CONCLUSÕES

Efetivamente a estabilidade dos macroagregados evita o desprendimento de partículas facilmente transportáveis e, assim, o entupimento da superfície (formação de crostas) e o escoamento superficial. A estreita ligação entre os conteúdos de matéria orgânica e a estrutura e a estabilidade de agregado do solo justifica a manutenção de níveis satisfatórios no solo uma vez que a influência da resistência do agregado

do solo à erosão explica a suscetibilidade ao escoamento superficial, e, por conseguinte, à erosão, especialmente em solos tropicais sujeitos a chuvas intensas.

O entendimento dos mecanismos de agregação, bem como da importância ecológica da estrutura do solo, é de grande valia tanto para o suporte ao manejo em processos produtivos como para a tomada de decisões que visem o planejamento ambiental.

REFERÊNCIAS

- Abu-Sharar, T. M., Bingham, F. T., & Rhoades, J. D. (1987). Reduction in hydraulic conductivity in relation to clay dispersion and disaggregation. *Soil Science Society of America Journal*, 51, 342-346.
- Al-Durrah, M. M., & Bradford, J. M. (1982). The mechanism of raindropsplash on soil surfaces. *Soil Science Society of America Journal*, 46, 1086-1090.
- Amézketa, E. (2008). Soil aggregate stability: a review. *J. Sustain. Agric.* 14, 83–151.
- Bayer, C., & Mielniczuk, J. (2008). Dinâmica e função da matéria orgânica. In: Santos, G. De A., Silva, L.S. Da, Canellas, L.P., Camargo, F. de O. (Ed.). *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. 2.ed. Porto Alegre: Metrópole p.7-18.
- Ben-Hur, M., Malik, M., Letey, J., & Mingelgrin, U. (1992) Adsorption of polymers on clays as affected by clay charge and structure, polymer properties and water quality. *Soil Science*, 153, 349 –356.
- Bird, S. B., Herrick, J. E., Wander, M. M., & Murray, L. (2007). Multi-scale variability in soil aggregate stability: implications for understanding and predicting semi-arid grassland degradation. *Geoderma*, 140, 106–118.
- Bresson, L. M., & Boiffin, J. (1990). Morphological characterization of soil crust development stages on an experimental field. *Geoderma*, 47:301-325.
- Chan, K. Y., & Mullins, C. E. (1994). Slaking characteristics of some Australian and British soils. *European Journal of Soil Science*, 45, 273-283
- Clark, G. R. (1957). *The Study of the Soil in the Field*. Oxford University Press, 4th edition.
- Edwards, A. P., & Bremner, J. M. (1967). Dispersion of soil particles by sonic vibration. *Journal of Soil Science*, 18, 47-63.
- Emerson, W. W., & Greenland, D. J. (1990). Soil aggregates-Formation and stability. In: *Soil colloids and their associations in aggregates* (eds M. De Boodt, M. Hayes & A. Herbillon), pp. 485-511. Plenum Press, New York.
- Franzluebbers, A. J. (2002) Water Infiltration and Soil Structure Related to Organic Matter and Its Stratification with Depth. *Soil & Tillage Research*, 66, 197-205.
- Farres, P. J. (1987). The dynamics of rainsplash erosion and the role of soil aggregate stability. *Catena*, 14, 119-130
- Greenland, D. J. (1965). Interaction between clays and organic compounds in soils. Part 2. Adsorption of soil organic compounds and its effect on soil properties. *Soils Fertilizers*, 28, 521-532.


- Guckert, A., Chone, T., & Jacquín, F. (1975). Microflore et stabilité des sols. *Revue d'Écologie et de Biogéologie du Sol*, 12, 211-223
- Guerra, A. J. T., Fullen, M. A., Jorge, M. C. O., & Alexandre, S. T. (2014). Soil erosion and conservation in Brazil. *Anuário do Instituto de Geociências. UFRJ* 37: 81-91
- Hubbel, D. S., & Chapman, J. E. (1946). The genesis of structure in two calcareous soils. *Soil Sci.* 62: 271-281
- Kay, B. D. (1998) Soil structure and organic carbon: A review. In: Lal, R., et al., Ed., *Soil Processes and the Carbon Cycle*, CRC Press, Boca Raton, 169-197.
- Kheyrahi, D., & Monnier, G. (1968). Etude expérimentale de l'influence de la composition granulométrique des terres sur leur stabilité structurale. *Annales Agronomiques*, 19, 129-152
- Lal, R. (1991). Soil structure and sustainability. *J. Sustain. Agric.* 1, 67– 92
- Le Bissonnais, Y. (1996). Aggregate stability and assessment of crustability and erodibility: 1. Theory and methodology. *European Journal of Soil Science*, 47, 425–437.
- Le Bissonnais, Y., & Arrouays, D. (1997). Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: Application to humic loamy soils with various organic carbon contents. *European Journal of Soil Science*, 48. In press.
- Marshall, K. C. (1976.) *Interfaces in microbial ecology*. Harvard Univ. Press, Cambridge, Mass. 156 p.
- Merten, G. H., & Minella, J. P. G. (2013). The expansion of Brazilian agriculture: Soil erosion scenarios. *International Soil and Water Conservation Research*, v. 1, n. 1, p. 37-48
- Moebius, B. N., Van Es, R. R. Schindelbeck, J. O. Idowu, J. E., & Thies, D. J. (2007). Evaluation of Laboratory-Measured Soil Physical Properties as Indicators of Soil Quality. *Soil Science*, 172. In press.
- Nearing, M. A., & Bradford, J. M. (1985). Single waterdrop splash detachment and mechanical properties of soils. *Soil Science Society of America Journal*, 49, 547-552.
- Oades, J. M., & Waters, A. G. (1991). Aggregate hierarchy in soils. *Australian Journal of Soil Research*, 29, 815-828.
- Pinto, G. S., Servidoni, L. E., Lense, G. H. E., Moreira, R. S., & Mincato, R. L. (2020). Estimativas das perdas de solo por erosão hídrica utilizando o método de erosão potencial. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 39, n. 1, p. 1-10
- Rabot, E., Wiesmeier, M., Schlüter, S., & Vogel, H. J. (2018). Soil structure as an indicator of soil functions: a review. *Geoderma* 314, 122–137
- Russell, E. W. (1973). *Soil conditions and plant growth*. Longmans, Green & Co. London. p. 261-271
- Six, J., Bossuyt, H., Degryze, S., & Denef, K. (2004). A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil and Tillage Research*. v. 79, n. 1, p. 7-31

- Sumner, M. E. (1992). The electrical double layer and clay dispersion. In: Soil Crusting: Physical and Chemical Processes (eds M.E. Sumner & B.A. Stewart)p. 1-31. Lewis, Boca Raton, Florida
- Tisdall, J. M., & Oades, J. M. (1979). Stabilization of soil aggregates by the root systems of ryegrass. Australian Journal of soil Research 17, 429-441
- Tisdall, J. M., & Oades, J. M. (1980). The management of ryegrass to stabilize aggregates of a red-brown earth. Australian Journal of Soil Research 18, 415-422
- Tisdall, J. M., & Oades, J. M. (1982) Organic matter and water-stable aggregates in soils. J Soil Sci 33, 141-163
- Torri, D., & Poesen, J. (1992). The effect of soil surface slope on raindrop detachment. Catena 19, 561-578.
- Truman, C. C., Bradford, J. M., & Ferris, J. E. (1990). Antecedent water content and rainfall energy influence on soil aggregate breakdown. Soil Science Society of America Journal, 54, 1385-1392.


Biologia floral do pepino (*Cucumis sativus* L.) e sua relação com os polinizadores: Uma revisão de literatura


Recebido em: 16/01/2023

Aceito em: 17/01/2023

 10.46420/9786581460761cap5


Emmanuel Emydio Gomes Pinheiro^{1,5*} 

Jefferson Alves dos Santos^{2,5} 

Maiara Janine Machado Caldas^{2,5} 

Jaíne Santos Rebouças^{2,5} 

Reisane Teles Santiago² 

Érika Oliveira da Silva Farias^{3,5} 

Carlos Alfredo Lopes de Carvalho^{4,5} 

Geni da Silva Sodré^{4,5} 

INTRODUÇÃO

O pepineiro (*Cucumis sativus* L.) é uma planta de porte herbáceo e anual, pertencente à família das cucurbitáceas, a mesma do chuchu (*Sechium edule* (Jacq.)), abóbora (*Cucurbita spp*), melancia (*Citrullus lanatus* Thunb.), melão (*Cucumis mello* L.) e maxixe (*Cucumis anguria* L.). Possuem folhas grandes e ásperas, dispõe de flores de coloração amarela e podem apresentar diferentes expressões sexuais a depender da variedade ou cultivar da planta. É de origem indiana e está dividida basicamente em quatro principais grupos comerciais no Brasil: pepino caipira, aodai ou comum, conserva e japonês (Whitaker; Glen, 1962; Nicodemo et al., 2012a; Carvalho et al., 2013).

O pepineiro pode ser cultivado de duas formas, rasteira ou tutorada, sendo em dois tipos de ambientes, o aberto ou em cultivo protegido, podendo ser enquadrado em dois modelos de produção, o convencional ou o orgânico (Michereff-Filho et al., 2012). Esta adaptabilidade da cultura a diferentes formas de cultivo, permite sua exploração em diferentes condições e regiões, o que faz dessa cultura uma das cucurbitáceas de maior importância econômica (Carvalho et al., 2013; Vieira-Neto et al., 2016).

O pepino é utilizado pelos humanos em saladas *in natura* ou em conservas (Torres, 2005) e nas indústrias cosméticas e farmacêuticas, devido as suas propriedades nutracêuticas (Carvalho et al., 2013). É também utilizado como diurético e pode ser consumido com a finalidade de aliviar dores de garganta (Reis et al., 2006). De acordo com Taco (2011), o baixo nível de energia presente no pepino é o

¹ Discente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - UFRB.

² Discente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - UFRB, Bolsista/CAPES.

³ Discente do Curso de Engenharia Agrônômica - UFRB.

⁴ Docente da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB.

⁵ Grupo de Pesquisa Insecta, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB.

* Autor correspondente: emmanuel.pinheiro@gmail.com.

responsável por sua indicação para composição de dietas, além de conter poucas calorias, ser fonte de vitaminas B e C e apresentar um alto teor de fibras.

As diferentes cultivares de pepino variam em relação a coloração, formato, tamanho do fruto, sabor e formas de cultivo. A maioria dessas cultivares apresentam expressão sexual monóica, ou seja, possuem flores masculinas e femininas na mesma planta (Nicodemo et al., 2012a; Carvalho et al., 2013). Contudo, as cultivares apresentam variedade em relação a sua expressão sexual, podendo ter, além de plantas monóicas, plantas andromonóicas (plantas com flores masculinas e hermafroditas), andróicas (plantas somente com flores masculinas), ginoicas (plantas com predominância de flores femininas) e trimonóicas (plantas com flores masculinas, femininas e hermafroditas) (Robinson et al., 1976; Menezes, 1994).

Conhecer a biologia da planta cultivada é um fator de extrema importância para o produtor, o que permite a adoção de medidas de cultivo visando a melhoria da qualidade dos frutos, além do aumento da produtividade. Um dos aspectos importantes dentro da biologia floral é relacionado com a polinização.

Neste sentido, o presente estudo foi realizado com o objetivo de buscar na literatura informações a respeito da biologia floral do pepino (*C. sativus*), identificando os principais visitantes florais e agentes polinizadores.

MATERIAL E MÉTODOS

A revisão foi estruturada baseando-se na pesquisa realizada nas respectivas bases de dados científicos: Portal de Periódicos da Capes, Elsevier, Google Acadêmico, Web of Science, Science Direct e SciELO. A pesquisa foi direcionada nos idiomas português e inglês respectivamente, pelos termos: “biologia floral do pepino (*C. sativus*)”, “visitantes florais do pepineiro” e “agentes polinizadores do pepineiro” e “floral biology of cucumber (*C. sativus*)”, “floral visitors of cucumber” e “pollinating agents of cucumber”. Após a obtenção dos artigos, procedeu-se com a seleção dos mesmos através da leitura e identificação do conteúdo apresentado, selecionando os que abrangeram o conteúdo almejado.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O PEPINEIRO (*Cucumis sativus* L.)

O pepineiro é uma planta de porte herbáceo e de cultivo anual, podendo ser manejada de forma rasteira ou tutorada e pode ser cultivada de diferentes formas, em canteiros a céu aberto ou em escala comercial em ambientes protegidos. Pode ser cultivado também em vasos ou pequenos canteiros de forma doméstica, em pequena escala (Michereff-Filho et al., 2012; Carvalho et al., 2013).

A cultura do pepino possui uma limitação climática, não tolerando geadas, adapta-se bem em condições de clima ameno ou quente com temperaturas entre 20 e 30 °C. Baixas temperaturas podem prejudicar o seu desenvolvimento e produtividade. Em regiões de clima frio e com predisposição a geadas,

seu cultivo é realizado comumente em casas de vegetação (Balbino et al., 1991; Carvalho et al., 2013; Vieira-Neto et al., 2016).

O ciclo de cultivo do pepino dura cerca de 95 a 100 dias, sendo que o período de floração perdura por aproximadamente 68 dias a partir do início do surgimento das flores (Nicodemo et al., 2012a; Nicodemo et al., 2012b; Michereff-Filho et. al., 2012).

AS CULTIVARES DE PEPINO

Cada um dos quatro tipos de pepinos (“caipira”, “conserva”, “aodai ou comum” e “japonês ou aonaga”) comercializados no Brasil apresenta características diferentes, tanto na planta, quanto no fruto e forma de comercialização, cada uma dessas características é apresentada no Quadro 1 (Carvalho et al., 2013; Sedyama et al., 2014).

Existem diversas variedades de pepino que são cultivadas e comercializadas no Brasil. Estas variedades estão distribuídas dentre os quatro grupos mencionados no quadro 1. Carvalho et al. (2013), apresenta um levantamento de 86 cultivares de pepino comercializadas no Brasil, sendo 18 do tipo aodai, 19 do tipo caipira, duas consideradas caipira ou conserva, 26 do tipo conserva e 21 do tipo japonês.

Quadro 1. Principais características dos tipos de pepino cultivados comercialmente no Brasil. Fonte: Autores, 2022.

Tipo	Cultivo	Fruto			Expressão Sexual	Referência
		Cor	Tamanho	Sabor		
Caipira	Normalmente cultivado de forma rasteira	Verdes claros, com listas longitudinais e mancha denominada “barriga branca”	São colhidos e comercializados com aproximadamente 10 a 16 cm e 5 a 6 cm de diâmetro	Possui sabor agradável e livre de amargor	Predominantemente monóica	Carvalho et al., 2013; Hora et al., 2018.
Aodai	Predominantemente cultivado em sistema tutorado	Coloração verde-escura e formato cilíndrico	São colhidos entre 20 e 25 cm	Possui sabor agradável	Predominantemente monóica	Carvalho et al., 2013; Nicodemo et al., 2012a; Hora et al., 2018.
Japonês	Predominantemente cultivado em casa de vegetação em sistema tutorado	Frutos trilobulados de coloração verde-escura	Frutos alongados e são colhidos quando atingem entre 20 e 30 cm de comprimento	Possui sabor agradável	A maioria das cultivares são partenocárpicas	Carvalho et al., 2013; Nicodemo et al., 2012b. Hora et al., 2018.

Tipo	Cultivo	Fruto			Expressão Sexual	Referência
		Cor	Tamanho	Sabor		
Conservadora	Predominantemente cultivado em casa de vegetação em sistema tutorado	Frutos trilobulados de coloração verde escura	São colhidos precocemente com aproximadamente 5 a 7 cm de comprimento	São comercializados em conserva	Predominantemente monóica	Carvalho et al., 2013; Hora et al., 2018; Santi et al., 2013.

AS FLORES DE PEPINO

A maioria das flores de pepino são unissexuais, podendo surgir flores hermafroditas. Medem entre 2 e 3 cm de diâmetro e possuem coloração amarela, são flores axilares e pentâmeras. O receptáculo é campanulado, verde e foliáceo, encimado pelas sépalas. A corola é simpétala, tendo as partes livres das pétalas, que são tipicamente recurvadas (Menezes, 1994).

As flores femininas (Figura 1A) são facilmente reconhecidas por conta do grande ovário que apesar de estar protegido, encontra-se em destaque, apresentam cinco estames, formando um andróforo. O ovário da flor é ínfero, plurilocular é formado por três ou mais carpelos sincarpous, com placentas parietais recurvadas da margem para o centro. Em geral, há muitos óvulos anátropos. O ovário é encimado por um estilete que, geralmente, tem um estigma tripartido. Geralmente ocorre isolada, sustentada por um pedúnculo curto e resistente, porém, em certas cultivares pode apresentar até quatro flores femininas em um único nó (Menezes, 1994).

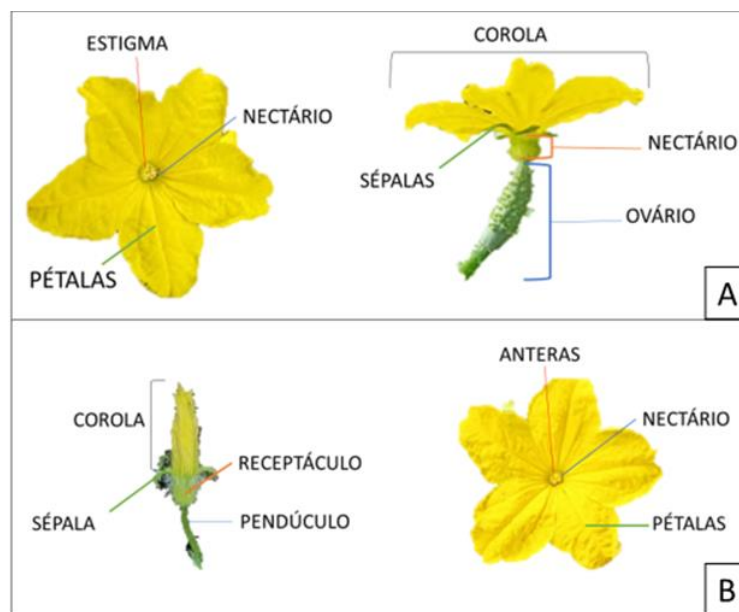


Figura 1. Detalhes das flores de pepino. A: Flor feminina; B: Flor Masculina. Fonte: Autores, 2022.

As flores masculinas (Figura 1B) possuem três estames livres, se apresentam presas por delgados pedúnculos formando cachos, possui o nectário situado na base da corola enquanto que nas flores femininas este fica situado no ápice do ovário, apesar de estarem bem protegidos, são facilmente alcançados pelas abelhas, seus principais agentes polinizadores (Menezes, 1994).

A maioria das cultivares de pepino apresenta expressão sexual monóica, possuindo flores unissexuais, porém distribuídas na mesma planta. A proporção de flores masculinas e femininas nas plantas de pepino podem variar de acordo com a cultivar, podendo estar entre 18:1 e 24:1 (Menezes, 1994) ou com percentuais de flores femininas em relação ao total de flores de uma planta de pepino entre 11 e 64% (Nicodemo et al., 2012a; Nicodemo et al., 2012b).

As flores masculinas surgem primeiro nas plantas (em torno de 30 e 44 dias após a semeadura), com uma diferença de aproximadamente 10 dias desde o surgimento das primeiras flores masculinas para o surgimento das primeiras flores femininas (Nicodemo et al., 2012a; Nicodemo et al., 2012b; Ekeke; Ogazie; Agbagwa, 2018; Hossian et al., 2018).

A expressão sexual do pepino é carregada principalmente por fatores genéticos, porém pode ser influenciada pelas condições do ambiente em que a planta está, seja elas, naturais ou artificiais. Os fatores não genéticos são considerados pelo autor como fatores internos e externos. Dentre os fatores internos está a aplicação ou disponibilidade de reguladores de crescimento, a exemplo de auxinas e giberelinas, que quando aplicadas nas plantas de pepino podem influenciar no aparecimento de flores femininas e masculinas, respectivamente (Menezes, 1994). Esse mesmo autor aponta o fotoperiodismo e temperatura como os principais, segundo o autor, a floração feminina aumenta em condições de temperatura mais baixas e dias mais curtos, ao contrário, dias mais longos e temperaturas mais elevadas favorecem o surgimento de mais flores masculinas.

Em relação ao comportamento das flores, estudos relatam que o início da abertura das flores do pepineiro dar-se-á partir das 6hs da manhã e murchamento por volta das 16hs, com período de antese de aproximadamente 10 horas de duração, apresentando grãos de pólen viáveis tanto no período da manhã como pela tarde, havendo algum decréscimo da viabilidade dos grãos de pólen próximo ao horário de murchamento das flores. Os estigmas apresentam boa receptividade durante todo o período de maior visitação de agentes polinizadores (das 9hs às 15h30), o que evidencia a susceptibilidade da planta à polinização biótica (Santos et al., 2008; Nicodemo et al., 2012a; Ekeke; Ogazie; Agbagwa, 2018).

As flores masculinas podem durar entre seis e oito dias, já as flores femininas possuem tempo de vida entre 5 e 7 dias (Ekeke; Ogazie; Agbagwa, 2018). As flores masculinas podem produzir entre 3.936 e 8.450 grãos de pólen por flor, a depender da cultivar e a viabilidade destes grãos de pólen entre 92,21 e 94,50%. A concentração de açúcares no néctar das flores também varia em relação a cultivar de pepino e horário, sendo as concentrações maiores no período da tarde. Há variação ainda na concentração de açúcar em relação a flor, onde há maior quantidade de açúcar no néctar de flores femininas do que no néctar de flores masculinas (Nicodemo et al., 2012a; Nicodemo et al., 2012b).

De acordo com Nicodemo et al. (2012b), as flores de cultivares investem menos energia, tanto na qualidade do néctar, quanto na quantidade de grãos de pólen, do que em cultivares monoicas. Isso pode ser compreendido pelo fato de se tratar de cultivares que não são dependentes da polinização para a formação de frutos, portanto apresentam menos características que podem ser atrativas aos insetos polinizadores.

POLINIZAÇÃO DAS FLORES DE PEPINO

O pepino é uma cultura que pode ser utilizada como fonte de alimento para as abelhas, visto que suas flores são utilizadas pelas abelhas para coleta de néctar e pólen, conforme observado por Hossian et al. (2018). Diversas espécies foram observadas visitando as flores do pepino, para a coleta de alimentos (pólen e néctar) e conseqüentemente realizando a polinização.

Dentre essas espécies destacam-se as da ordem Hymenoptera em especial as abelhas do gênero *Apis* e abelhas sem ferrão, além dessas, há ocorrência também de espécies de outras classes como, Hemiptera, Diptera, Lepidoptera e Coleoptera (Santos et al., 2008; Shah et al., 2015; Dorjay et al., 2017; Sawatthum et al., 2017; Ekeke; Ogazie; Agbagwa, 2018; Hossian et al., 2018; Susan; Kioko, 2019;).

De acordo com Santos et al. (2008), as plantas em florescimento são visitadas por grande parte dos insetos sociais, que são seus polinizadores, tendo destaque para as abelhas *Apis mellifera* L., como principal polinizador de várias culturas, devido a diversas características importantes, tal como o elevado número de indivíduos por colônia, disponibilizando muitas operárias para visitar as fontes ricas de néctar e pólen.

Os visitantes florais mais citados na literatura e observados nas flores de pepino estão representados na Figura 2 na forma de nuvem de palavras, onde as palavras mais citadas na literatura aparecem em ordem decrescente do tamanho maior para o tamanho menor. De acordo com o levantamento bibliográfico realizado, as espécies mais citadas como visitantes florais do pepino foram: *Apis mellifera*, *Nannotrigona testaceicornes*, *Apis cerana*, *Apis dorsata*, *Episyrphus balteatus*, *Heterotrigona itama*, *Scaptotrigona depilis*.



Figura 2. Nuvem de palavras de espécies de insetos citadas na literatura como visitantes florais do pepino *C. sativus*. Fonte: Autores, 2022.

A melhoria nas características qualitativas e quantitativas, tais como: tamanho, peso, diâmetro, comprimento, quantidade de sementes, cor, formato, bem como, produção e produtividade do pepino polinizado por abelhas, tem sido relatado por diversos autores em diferentes lugares no mundo.

Santos et al. (2008) e Azmi et al. (2017) concluíram que a presença de abelhas em ambiente de cultivo de pepino resulta em maior produção de frutos e melhor qualidade dos frutos produzidos. Em estudo semelhante, Ekeke; Ogazie; Agbagwa, (2018), observaram que as flores de pepino polinizadas por insetos tiveram fruto com peso e comprimento melhores quando comparados com os produzidos a partir de flores polinizadas manualmente.

Com relação a frutificação, Dorjay et al. (2017) descreveram maior percentagem para o tratamento em que uma colônia de abelhas foi mantida na área de cultivo, de modo a garantir que a polinização das flores de pepino fosse feita exclusivamente por abelhas, quando comparado aos tratamentos de polinização aberta (acesso irrestrito de visitantes florais), polinização manual e autopolinização (flores ensacadas).

Nicodemo et al. (2013) encontraram diferenças significativas no percentual de frutificação de cultivares de pepino partenocárpicas cultivadas em ambientes protegidos com e sem acesso de agentes polinizadores às flores, mostrando um aumento de 19,2% na frutificação, mesmo nas cultivares que não necessitam de polinização para formação do fruto.

Estes resultados demonstram que a cultura do pepino apresenta melhoria na produção e qualidade dos frutos quando há a presença de agentes polinizadores, em especial as abelhas, podendo representar um ganho econômico para os produtores de pepino, com a inserção de abelhas nas áreas de produção.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presença dos agentes polinizadores, em especial das abelhas, visitando e polinizando as flores do pepino demonstram resultados com aumento de produção e produtividade satisfatórios, até mesmo em cultivares que não são dependentes de polinizadores. Já em ambientes com carência de insetos polinizadores os pepineiros apresentam uma drástica diferença em termos de produção, apresentando restrição na produtividade e na qualidade dos pepinos produzidos. Dessa forma esse trabalho reforça a importância da inserção e manutenção dos polinizadores nas áreas de cultivo e seu entorno, destacando a presença das abelhas sociais, *Apis mellifera* e meliponíneos, que são consideradas polinizadores efetivos do pepineiro.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Código Financeiro 001, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Processos 406973/2021-0 e 305950/2021-5) e a Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, e Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azmi, W. A., Samsuri, N., Hatta, M. F. M.; Ghazi, R., & Seng, C.T. (2017). Effects of stingless bee (*Heterotrigona itama*) pollination on greenhouse cucumber (*Cucumis sativus*). *Malays. Appl. Biol*, 46(1), p. 51–55.
- Balbino, J. M., Costa, H., Ventura, J. A., Fornazier, M. J., Castro, L. L. F. de, Prezotti, L. C., & Souza, J. L. de. (1991) *Cultura do pepino salada*. Vitória, ES: EMCAPA, 34 p.
- Carvalho, A. D. F. de, Amaro, G. B., Lopes, J. F., Vilela N. J., Filho, M. M., & Andrade, R. (2013). *A cultura do pepino*. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças. Circular Técnica 113.
- Dorjay, N., Abrol, D. P., & Shankar, U. (2017). Insect Visitors on Cucumber and Bittergourd Flowers and Impact on Quantity of Crop Production by Different Pollination Treatment. *Journal of Apiculture*, 32(2), p. 77–88. DOI: 10.17519/apiculture.2017.06.32.2.77
- Ekeke, C., Ogazie, C. A., & Agbagwa, I. O. (2018). Breeding biology and effect of pollinators on the fruit characteristics of cucumber (*Cucumis sativus* L.), cucurbitaceae. *Nigerian Journal of Botany*, 31(2), p. 325–344.
- Michereff-Filho, M., Moura, A. P., Guimarães, J. A., Reys, C. P., Carvalho, A. D. F., Amaro, G. B.; Lopes, J. F., & Liz, R. S. (2012). *Recomendações técnicas para o controle de pragas do pepino*. Brasília, DF: Embrapa. Circular técnica 109.


- Hossain, M. S., Yeasmin, F., Rahman, M. M., Akhtar, S., & Hasnat, M. A. (2018). Role of insect visits on cucumber (*Cucumis sativus* L.) yield. *Journal of Biodiversity Conservation and Bioresource Management*, 4(2), p. 81–88. DOI:10.3329/jbcbm.v4i2.39854
- Hora, R. C., Camargo, J., & Buzanini, A. C. (2018). Cucurbitáceas e outras. In: Brandão Filho, J. U. T., Freitas, P. S. L., Berian, L. O. S., & Goto, R. comps. *Hortalças-fruto* [online]. Maringá: EDUEM, p. 71-111.
- Menezes, N. L. de. (1994). Factors that affect the sex expression in the plant of cucumber. *Ciência Rural*, 24(1), p. 217–221.
- Nicodemo, D., Malheiros, E. B., De Jong. D. & Couto, R. H. N. (2012a). Biologia floral de pepino (*Cucumis sativus* L.) tipo Aodai cultivado em estufa. *Científica, Jaboticabal*. 1, p. 41–46. ISSN: 1984-5529.
- Nicodemo, D., Malheiros, E. B., De Jong. D. & Couto, R. H. N. (2012b). Biologia floral de pepino (*Cucumis sativus* L.) tipo Japonês cultivado em estufa. *Científica, Jaboticabal*. (1), p. 35–40.
- Nicodemo, D., Malheiros, E. B., De Jong. D. & Couto, R. H. N. (2013). Enhanced production of parthenocarpic cucumbers pollinated with stingless bees and Africanized honey bees in greenhouses. *Semina: Ciências Agrárias*. Londrina: Univ Estadual Londrina, 34, p. 3625-3633. DOI 10.5433/1679-0359.2013v34n6Supl1p3625
- Reis, K. C., Elias, H. H. S., Lima, L. C. O., Silva, J. D., & Pereira, J. (2006). Pepino japonês (*Cucumis sativus* L.) submetido ao tratamento com fécula de mandioca. *Ciênc. agrotec.* [online]. 30(3), p. 487-493. DOI: 10.1590/S1413-70542006000300015
- Robinson, R. W., Mungerm, H. M., Whitaker, T. W., & Bohn, G. W. (1976). Genes of the Cucurbitaceae. *HortScience*, 11, p.554–568.
- Santi, A., Scaramuzza, W. L. M. P., Soares, D. M. J., Scaramuzza, J. F., Dallacort, R., Krause, W., & Tieppo, R. C. (2013). Desempenho e orientação do crescimento do pepino japonês em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, 31(4), p. 649-653.
- Santos, S. A. B., Roselino, A. C., & Bego, L. R. (2008). Pollination of Cucumber, *Cucumis sativus* L. (Cucurbitales: Cucurbitaceae), by the Stingless Bees *Scaptotrigona aff. depilis* Moure and *Nannotrigona testaceicornis* Lepeletier (Hymenoptera: Meliponini) in Greenhouses. *Neotropical Entomology*, 37(5), p. 506–512. DOI: 10.1590/S1519-566X2008000500002
- Sawatthum, A., Jitake, P., Rangyai, O., Prangprayong, R., Pimboon, & P. Suparit, K. (2017). Efficacy Of Stingless Bee *Lepidotrigona terminata* As Insect Pollinator Of F1 Hybrid Cucumber. *International Journal of GEOMATE*, 13(37), p. 98–102. DOI: DOI: 10.21660/2017.37.2533
- Sediyama, M. A. N., Nascimento, J. L. M., Lopes, I. P. C., Lima, P. C., & Vidigal, S. M. (2014). Tipos de poda em pepino dos grupos aodai, japonês e caipira. *Horticultura Brasileira*, 32(4), p. 491–496. DOI: 10.1590/S0102-053620140000400020

- Shah, I., Shah, M., Khan, A., & Usman, A. (2015). Response of insect pollinators to different cucumber, *Cucumis sativus* L. (Cucurbitales: Cucurbitaceae) varieties and their impact on yield. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 3(5), p. 374–378.
- Susan, D., L. K. M., & Kioko E. (2019). Diversity and abundance of insect pollinators and their effect on yield and quality of cowpea and cucumber in makueni, kenya. *J. Hort. Sci*, 16, p. 41–52.
- Taco. (2011). Tabela brasileira de composição de alimentos-TACO. UNICAMP.
- Torres, S. B. (2005). Envelhecimento acelerado em sementes de pepino com e sem solução salina saturada. *Horticultura Brasileira*, 23(2), p.303-306.
- Vieira-Neto, J., Menezes Júnior, F. O. G., & Gonçalves, P. A. S. (2016). Produtividade de cultivares de pepino para conserva em manejo convencional e alternativo. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 11(3), p. 272 - 277.
- Whitaker, T. W., & Glen, N. D. (1962). Cucurbits: botany, cultivation and utilization. London: Interscience, p. 1-142.


Estressores na abelha sem ferrão *Nannotrigona testaceicornis* (Lepeletier, 1836) (Hymenoptera: Apidae)

Recebido em: 16/01/2023

Aceito em: 17/01/2023

 10.46420/9786581460761cap6

Jaíne Santos Rebouças^{1,2*} 

Jefferson Alves dos Santos^{1,2} 

Maiara Janine Machado Caldas^{1,2} 

Luciano Santana Serra² 

Emmanuel Emydio Gomes inheiro^{2,3} 

Erislan Fonseca Santos^{4,2} 

Cerilene Santiago Machado² 

Carlos Alfredo Lopes de Carvalho^{2,5} 

INTRODUÇÃO

O serviço ecossistêmico da polinização realizada por abelhas é estratégico para manutenção de espécies vegetais nativas e cultivadas (Matos et al., 2021). A capacidade de transporte de grãos de pólen nas corbículas, o corpo peludo e a dependência das abelhas por recursos florais são características que tornam estes insetos os polinizadores importantes e eficazes nos ecossistemas (Ollerton et al., 2011; Klein et al., 2018).

No mundo, as abelhas além de atuarem como os principais polinizadores, são importantes para economia por meio dos seus produtos e subprodutos e tem participação direta na inclusão social, contribuindo potencialmente para 15 dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) com no mínimo 30 metas (Patel et al., 2021). Entre as abelhas, àquelas conhecidas por “abelhas sem ferrão” ou “abelhas sociais sem ferrão” ou “meliponíneos” são responsáveis pela polinização de até 90% da flora nativa dependendo do bioma (Kerr et al., 1996).

Embora considerada importantes em todo o mundo, as abelhas estão sendo acometidas por vários estressores causados por ações antrópicas, o que representa um alerta geral sobre os danos causados na produção de alimento e na manutenção da própria diversidade de abelhas, em especial as sem ferrão (Toledo-Hernández et al., 2022). As mudanças climáticas (Lister; Garcia, 2018), fragmentação vegetal (Macedo et al., 2020) e uso de pesticidas são os principais estressores que atuam sobre os polinizadores (Lundin et al., 2015; Piovesan et al., 2020).

¹ Discente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - UFRB, Bolsista /CAPES.

² Grupo de Pesquisa Insecta, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB.

³ Discente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - UFRB

⁴ Discente de Engenharia Agrônoma - UFRB, Bolsista / UFRB.

⁵ Docente da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB.

* Autora correspondente: jainedossantos27@gmail.com

Dentre as espécies de abelhas sociais sem ferrão, a *Nannotrigona testaceicornis* (Lepeletier, 1836) é encontrada em várias regiões do Brasil (Camargo; Pedro, 2013) e são importantes agentes polinizadores de plantas nativas e cultivadas. Como são vulneráveis há vários estressores causados por ações antrópicas, este trabalho tem por objetivo apresentar aos leitores aspectos bioecológicos de *N. testaceicornis* e os principais estressores que podem causar redução de suas populações.

Para construção da revisão bibliográfica foram realizadas buscas avançadas de publicações científicas (artigos, livros, documentos técnicos, dissertações e teses) nos idiomas português e inglês. A pesquisa foi direcionada com temáticas que envolvesse os termos “abelhas (Hymenoptera: Apidae)”, “abelhas sem ferrão”, “tribo Meliponini”, “*Nannotrigona testaceicornis* (Lepeletier, 1836)”, “polinização”, “estressores”, “declínio das abelhas”, “Toxicologia”, “pesticidas”, “Agrotóxicos”, “bees (Hymenoptera: Apidae)”, “stingless bees”, “tribe Meliponini”, “pollination”, “stressors”, “decline of bees”, “Toxicology” e “pesticides”, utilizando os operadores booleanos “AND” e “OR” nas plataformas de bases de dados científicas: Portal Periódico CAPES, *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), PubMed, *Web of Science*, *ScienceDirect*, *Elsevier* e Google Acadêmico, sem restrições de período cronológico.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A importância da polinização realizadas por abelhas sociais sem ferrão (Hymenoptera, Apidae, Meliponini)

O setor agropecuário representa uma das atividades de importância para a economia no Brasil, ocupando a quarta colocação na exportação mundial de produtos agropecuários e movimentando aproximadamente, 100,7 bilhões de dólares (CNA, 2021).

Na agricultura, diferentes culturas de interesse econômico dependem da polinização cruzada, que consiste na transferência do grão de pólen para o estigma de outra planta da mesma espécie (García-Breijo et al., 2020; Monteiro; Ehlert, 2022).

Ressaltando que a polinização cruzada possibilita uma maior variabilidade genética para as espécies, além de aumentar o rendimento de produção, qualidade da polpa, doçura e acidez do fruto (Herbert et al., 2019). Além do mais, a polinização realizada pelos animais polinizadores no setor agrícola contribui em um valor econômico de R\$ 43 bilhões anuais no setor de produção de alimentos, esse valor seria gasto pelos agricultores se não houvesse os polinizadores (Wolowski et al., 2019).

Os serviços ecossistêmicos da polinização são realizados por diversos agentes polinizadores, dentre os quais se destacam as abelhas sociais (García-Breijo et al., 2020), entre as quais encontram-se as abelhas sem ferrão da Tribo Meliponini.

Tribo Meliponini

Entre as abelhas altamente sociais (eussocial) da ordem Hymenoptera, família Apidae, se encontra a tribo Meliponini, a qual agrupa as espécies de abelhas sociais sem ferrão (ASSF) (Moure, 2012; Camargo; Pedro, 2013). Esta tribo possui mais de 400 espécies descritas em 60 gêneros nas regiões tropicais e subtropicais do mundo (Michener, 2007; Rasmussen; Cameron, 2010; Camargo; Pedro, 2013). Contudo, estima que esse número de espécies seja ainda maior (Hurtado-Burillo et al., 2016).

A tribo Meliponini apresenta uma diversidade elevada de espécies com tamanhos, formas de nidificação e comportamentos diferenciados uns dos outros (Rasmussen; Cameron, 2010; Vit et al., 2013; Fonseca et al., 2017; Villas- Bôas, 2018; Mayes et al., 2019).

As operárias de meliponíneos realizam diversos trabalhos dentro da colônia, desde a manutenção e construção das células de crias (abelhas novas), ao forrageamento (abelhas campeiras) (Michener, 1974; Mateus et al., 2019). Nesta última fase, as abelhas campeiras podem entrar em contato com estressores (e.g.: pesticidas) ao coletar pólen e néctar nas flores ou recursos para seu ninho, como água, resina e barro (Cham et al., 2019).

Os ninhos são construídos em cavidades pré-existentes e possuem suas particularidades, de acordo com cada espécie e estratégias de defesa. Destaca-se que essas espécies, ao longo da evolução, perderam a capacidade de ferocar, ou seja, possuem o ferrão atrofiado e não conseguem usá-lo (Carvalho et al., 2014; Correia et al., 2016; Cella et al., 2017).

A criação de diferentes espécies dessa tribo, denominado de meliponicultura, tem sido registrada desde documentos pré-colombianos, como o Maya Codex Madrid, que registra práticas de manejo para *Melipona* (*Melikerria*) *beechei* Bennett, 1831 na Mesoamérica. A criação desta espécie ao longo dos anos foi sendo aperfeiçoada e tem contribuído na preservação das espécies de abelhas e ecossistemas (Freitas et al., 2020).

Atualmente, a meliponicultura representa uma atividade de caráter sustentável, que possibilita aos agricultores geração de renda local, segurança alimentar e nutricional das famílias por meio da produção e comercialização dos méis (Dantas et al., 2020), própolis, geoprópolis (Bonsucesso et al., 2021) e pólen oriundos da colônia (Souza et al., 2020; Oliveira et al., 2021; Santa-Barbara et al., 2021; Souza et al., 2022), além dos serviços ecossistêmicos (Gemim; Silva, 2017; Barbiéri; Franco, 2020; Rebouças et al., 2022).

A meliponicultura representa uma atividade altamente rentável, haja vista que não precisa de altos investimento e grande áreas para iniciar na atividade, assim como, a valorização e reconhecimento do potencial dos seus produtos estão cada vez mais crescentes (Pereira et al., 2020).

Diferentes espécies são manejadas em todo território brasileiro, entre elas a *Nannotrigona testaceicornis*, importante agente polinizador de plantas nativas e cultivadas.

***Nannotrigona testaceicornis* (Lepeletier, 1836)**

Entre as espécies de meliponíneos, a *Nannotrigona testaceicornis* (Lepeletier, 1836), popularmente chamada de irai se destaca pelo potencial uso de suas colônias em serviços de polinização, proporcionando melhor desenvolvimento do fruto, qualidade, produção e um maior valor agregado ao fruto (Silva et al., 2020a). Além disso, essa espécie apresenta potencial na produção de própolis (Monteiro, 2001); e o seu mel possui propriedades antimicrobianas (Carvalho et al., 2021), além de suas colônias serem usadas em programas de educação ambiental (Barbiéri; Franco, 2020).

A abelha irai é uma espécie que possui tamanho corporal pequeno, com aproximadamente 4 milímetros, de coloração preta com pelos grisalhos e suas asas no terço apical são esfumadas (Witter; Blochtein, 2009). O tamanho da sua população é em média de 2.000 a 3.000 mil indivíduos (Monteiro, 2001; Anacleto, 2007). São mansas e seus ninhos são encontrados em cavidades pré-existentes, como ocos de árvores, paredes de concreto, e moirões de cerca (Assis, 2010).

A estrutura interna do seu ninho é delimitada por uma rígida camada de batume, que são moldados conforme a necessidade da colônia (Assis, 2010). Protegida pelo batume, está a estrutura interna do ninho, composta por discos de cria horizontais, geralmente de crescimento helicoidal, envoltos por camadas de cera (invólucro) que separam os discos de cria dos potes de alimento conforme apresentado na Figura 1 (Alves et al., 2021).

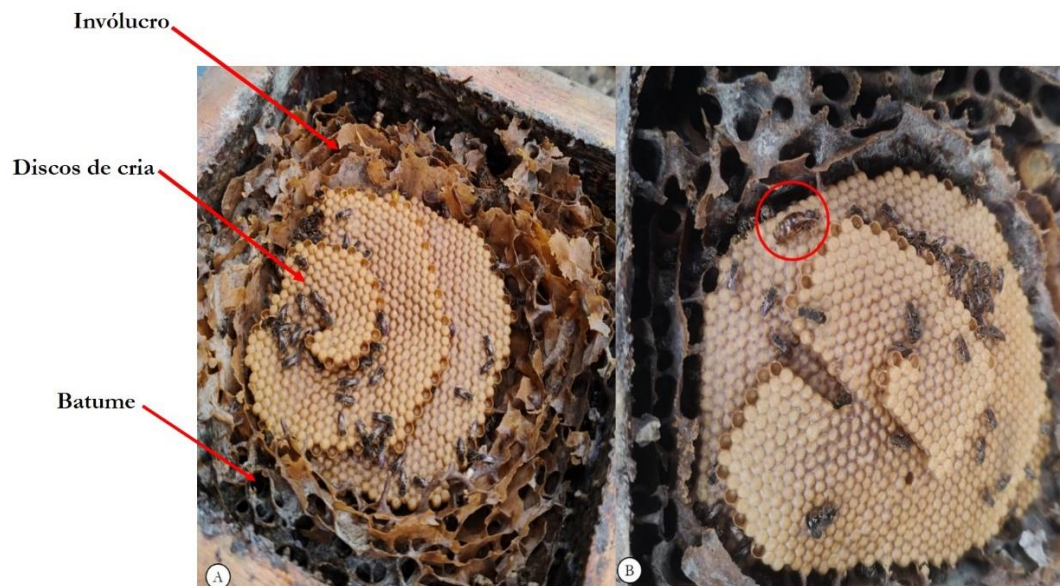


Figura 1. A) Visão geral da estrutura interna do ninho de *N. testaceicornis*; B) Em destaque a rainha de uma colônia de *N. testaceicornis*. Fonte: Acervo Insecta, 2023.

Esta espécie tem ampla distribuição geográfica no Brasil, distribuídas nos Estados da Bahia, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro, Santa Catarina e São Paulo (Camargo; Pedro, 2013).

Possui grande importância ecológica para essas regiões, uma vez que contribui na polinização e reprodução de espécies vegetais nativas (Imperatriz-Fonseca et al., 2012; Costa et al., 2013) sendo

considerada bioindicadora da qualidade ambiental (Kerr 1997; Kevan, 1999). Além disso, realizam o serviço de polinização mais diversificado em espécies vegetais de acordo com o bioma (Bueno et al., 2018).

No entanto, a perda de colônias de meliponídeos tem sido relatada em diferentes estudos e está relacionada com fatores como a ação de parasitos, patógenos (Goulson et al., 2015); fragmentação vegetal, causada pelo incentivo à implantação de sistemas de produção (IPBES, 2016; Lopes et al., 2018; Requier; Leonhardt, 2020) e o uso de pesticidas em áreas urbanas e agrícolas (Cham et al., 2019; Piovesan et al., 2020; INCA, 2021; Farruggia et al., 2022). Estes têm sido apontados como os principais estressores da redução populacional das abelhas.

Estressores que afetam e causam redução populacional de abelhas sociais

As abelhas estão suscetíveis aos diferentes tipos de estressores bióticos e abióticos, causados por ações antrópicas que agem isoladamente ou em combinação, provocando alterações comportamentais que afetam o sistema imunológico, comprometendo a sobrevivência delas (El-Seedi et al., 2022).

Os mais conhecidos que causam a redução populacional são parasitos (Correia-Oliveira et al., 2018), fungos (Bahreini et al., 2022), bactérias (Correia-Oliveira et al., 2022), perda de habitat, má nutrição e o uso de pesticidas (Soroker et al., 2011; Parreño et al., 2022), que colocam em risco a sobrevivência das populações de abelhas e a manutenção da biodiversidade (Rortais et al., 2017; Cham et al., 2019).

As abelhas sociais vivem em colônias que são compostas por vários indivíduos, os quais possuem contato entre si, o que aumenta a chance de serem acometidos por patógenos e parasitos (D'Alvise et al., 2019) que podem atuar de forma isolada ou ser vetor de doenças.

A ocorrência de vírus está entre uma das principais causas de mortandade das abelhas (Freiberg et al., 2012), nos quais destacam-se os vírus da paralisia aguda (“Acute Bee Paralysis Virus”- ABPV), vírus da realeira negra (“Black Queen Cell Virus” - BQCV), vírus da paralisia crônica (“Chronic Bee Paralysis Virus” - CBPV), vírus deformador da asa (“Deformed Wing Virus”- DWV), Kashmir vírus (“Kashmir Bee Virus”- KBV), vírus da cria ensacada (“Sacbrood Virus”- SBV) (Bacandritsos et al., 2012), e o vírus israelense da paralisia aguda (“Israel Acute Paralysis Virus” - IAPV) (Maori et al., 2007; Souza et al., 2019; Peixoto et al., 2021).

Guimarães-Cestaro et al. (2020) em estudo durante 12 meses em condições de campo, identificou presença resíduas de glifosato e seus metabólitos em *N. testaceicornis*. Esses autores detectaram também presença de vírus, sendo os mais prevalentes APBV, DWV e BQCV. Santos et al. (2022) por meio de testes toxicológico do herbicida glifosato em espécies de abelhas *N. testaceicornis* observaram alterações comportamentais, como agitação, paralisia e prostração das abelhas.

Os desmatamentos em áreas nativas para implantação de cultivos agrícolas (Lopes et al., 2018) causam fragmentações de habitats e redução da disponibilidade de alimento (recursos florais) para as

abelhas (Donkersley et al., 2014; Oliveira, 2015; Requier; Leonhardt, 2020). Esses são necessários para atender suas demandas nutricionais e garantir o seu crescimento, desenvolvimento (Huang, 2010; Bagheri; Mirzaie, 2019) reprodução e resiliência aos estressores (Vaudo et al., 2015).

Em combinação com o desmatamento e a demanda de aplicação de pesticidas no combate e prevenção a “pragas” em áreas agrícolas em crescimento, aumenta a ameaça aos polinizadores. Os pesticidas são usados em sistemas de cultivos, com objetivo de controlar plantas invasoras, doenças e pragas que concorrem ou acometem as culturas de interesse econômico (Müller, 2018; Silva et al., 2020b).

As rotas de contaminação das abelhas por esses produtos são, principalmente, por via tópica, superfície de contato ou por ingestão de alimento contaminado (Guedes et al., 2016; Junior et al., 2019). Algumas das rotas são utilizadas em experimentos de laboratório, conforme padrões de testes de toxicidades em abelhas *Apis mellifera* preconizado pela *Organization for Economic Cooperation and Development* ([OECD], 1998ab) e podem ser adaptadas para abelhas sociais sem ferrão.

Essas três vias de exposição são as utilizadas em teste de toxicidades para avaliar o grau de letalidade e subletalidade de pesticidas em abelhas (OECD, 1998ab; Kopit; Pitts-Singer, 2018; Leite et al., 2022).

A via de contaminação tópica é caracterizada pela administração de uma única dose em determinada concentração na superfície corporal da abelha, especificamente no dorso do tórax da abelha para simular a contaminação no campo pelo contato direto a substância tóxica (OECD, 1998a).

A via de ingestão por alimento contaminado simula a coleta de recursos naturais (e. g.: néctar coletado nas flores), em condições laboratoriais para testes de toxicidade de pesticidas, sendo administrada uma dose em concentração determinada na solução de sacarose (água e açúcar 1:1) e ofertada para abelhas para observar e analisar os efeitos causados (OECD, 1998b).

Por outro lado, a via de superfície contaminada, simula o contato natural das abelhas em uma superfície que está contaminada com pesticidas (e.g.: pulverização em áreas agrícolas, onde as abelhas pousam ou caminham sobre superfícies das folhas, flores, gramados e solo contaminado); neste caso, uma superfície é previamente contaminada e posteriormente as abelhas são liberadas sobre a superfície e avaliadas em intervalos de tempo (Del Sarto et al., 2014; Kopit; Pitts-Singer, 2018; Leite et al., 2022).

A exposição das abelhas aos pesticidas compromete o sistema imunológico, capacidade de aprendizado e memória, em concentrações subletais comprometem a organização da colônia, uma vez que não causam a morte imediata, mas possuem impacto direto nas atividades essenciais para manutenção da mesma (e.g.: forrageamento) (El-Seedi et al., 2022).

Os riscos ecotoxicológicos de pesticidas nas abelhas são severos (e.g.: grupo neonicotinóides), tem sido apontado como um dos grupos mais preocupantes de agrotóxicos. Esse grupo de inseticidas está associada aos efeitos letais e subletais em níveis molecular e celular (Cullen et al., 2019) e podem comprometer a via neurotransmissor (acetilcolina) responsável pela transmissão de impulsos, esse

comprometimento afeta uma gama de comportamentos relacionados à sobrevivência dos indivíduos da colônia (Cabirol; Haase, 2019).

Operárias de *N. testaceicornis* expostas aos inseticidas imidacloprido e deltametrina tiveram sua capacidade de locomoção e orientação de voo reduzidas (Matos et al., 2021). As abelhas sociais estão expostas a vários produtos químicos no campo e são mais suscetíveis, tendo em vista que seus genomas possuem poucos genes de resposta imunológica em comparação a outros insetos (Claudianos et al., 2006).

Estudos realizados, mostraram que a diversidade genética em agregados de ninhos de *N. testaceicornis* em dois estados brasileiros apresentaram baixa heterogeneidade, e que podem estar relacionados com vários estressores (desmatamento, fragmentação de florestas e uso de pesticidas), e que independente da causa é de fundamental importância a manutenção da variabilidade genética da espécie para a polinização (Fonseca et al., 2017).

Os pesticidas possuem uma classificação toxicológica para orientar os agricultores com os cuidados necessários ao manusear o produto, sendo que sua utilização deve considerar o grau de toxicidade que estão indicados nos rótulos dos produtos. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), vinculada ao Ministério da Saúde realizou uma revisão de acordo com os parâmetros de classificação toxicológica de agrotóxicos com base nos padrões do Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (*Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals – GHS*) em função dos efeitos agudos, os resultados dos testes podem ser classificados conforme a Tabela 1 (ANVISA, 2019).

Tabela 1. Nova Classificação Toxicológica.

Categoria	Significado
I	Extremamente Tóxico
II	Altamente Tóxico
III	Moderadamente Tóxico
IV	Pouco Tóxico
V	Improvável de causar dano agudo
Não classificado	Não classificado

Em campo, alguns agricultores associam os pesticidas da categoria III, IV, V e Não classificado como produtos que não apresentam perigo à sua saúde, o que leva a não utilização de todo equipamento de proteção individual - EPI, além de usarem dosagens acima das recomendadas em campo, o que representa um perigo iminente à saúde humana e ao meio ambiente.

Os pesticidas são divididos conforme o modo de ação do ingrediente ativo, grupo químico a que pertencem, e o agente alvo a ser controlado, podendo ser classificados em fungicidas (fungos), inseticidas (insetos), acaricidas (ácaros) e herbicidas (plantas daninhas, invasoras ou indesejadas), entre outras

categorias que pode conter ação isolada ou em conjunto e possui ação de fungicida e herbicida ao mesmo tempo por exemplo (INCA, 2021).

Portanto, a ação isolada ou em conjunto aos mais diferentes estressores podem comprometer a saúde e sobrevivência das abelhas, culminando muitas das vezes no declínio das populações de polinizadores e na criação racional das abelhas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudos que avaliam os efeitos de diferentes estressores causados por ações antrópicas sobre abelhas são necessárias e atuais, uma vez que as abelhas são organismos-chave tanto para o meio ambiente, quanto para a produção de alimentos. Além do mais, o desenvolvimento de sistemas de produção agrícola sustentáveis com uso de técnicas de manejos para o controle de pragas, como os sistemas de manejo integrado de pragas (MIP), estão sendo usadas para proporcionar equilíbrio entre produção de alimentos e o meio ambiente, reduzindo a utilização de pesticidas no campo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Código Financeiro 001, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Processos 406973/2021-0 e 305950/2021-5), ao Projeto BEESNESS e a Universidade Federal do Recôncavo da Bahia/Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Anvisa. (2019). Marco regulatório. Recuperado em 25 outubro 2022, de <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2019/publicada-reclassificacao-toxicologica-de-agrotoxicos#:~:text=De%20acordo%20com%20a%20reclassifica%C3%A7%C3%A3o,improv%C3%A1veis%20de%20causar%20dano%20agudo>.
- Alves, R. M. de O., Andrade, M. A. P., Carvalho-Zilse, G. A., Waldschmidt, A. M., Carvalho, C. A. L., Ribeiro, G. S., Vilas-Boas, H. C., Oliveira, M. P., Vasconcelos, B. M., Rocha, M. A. S., Lopes, E. dos S., Filho, I. R. de S., Malheiro, E. O., & Junior, J. P. (2021). *Guia de identificação de abelhas sem ferrão da Bahia*. Curitiba: CVR. DOI: <http://dx.doi.org/10.24824/978655868606.4>
- Anacleto, D. de A (2007). Recursos alimentares, desenvolvimento das colônias e características físico químicas, microbiológicas e polínicas de mel e cargas de pólen de meliponíneos, do município de Piracicaba, Estado de São Paulo. Tese, USP, Piracicaba, São Paulo, Brasil. DOI: <https://doi.org/10.11606/T.11.2007.tde-08082007-171835>

- Assis, A. F. D. (2010). Estudo populacional e molecular de *Nannotrigona testaceicornis* Cockerell (Hymenoptera, Apidae, Meliponini) através do DNA mitocondrial. Dissertação, USP, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil. DOI: <https://doi.org/10.11606/D.17.2010.tde-26052011-084033>
- Bacandritsos, N., Roinioti, E., & Papanastasiou, I. (2012). The important honey bee viruses: a short descriptive review enhanced with recent data. In Florio, R. M. (Ed.). *Bees*. Capítulo 5, New York: Nova Science Publishers.
- Bagheri, S., & Mirzaie, M. (2019). A mathematical model of honey bee colony dynamics to predict the effect of pollen on colony failure. *PLoS One*, 14(11), e0225632. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0225632>
- Barbiéri, C., & Francoy, T. M. (2020). Theoretical model for interdisciplinary analysis of human activities: meliponiculture as an activity that promotes sustainability. *Ambiente & Sociedade*, 23, 1-20. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20190020r2vu2020L4AO>
- Bahreini, R., Nasr, M., Docherty, C., de Herdt, O., Feindel, D., & Muirhead, S. (2022). In Vivo Inhibitory Assessment of Potential Antifungal Agents on *Nosema ceranae* Proliferation in Honey Bees. *Pathogens*, 11(11), 1375. MDPI AG. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/pathogens11111375>
- Bonsucesso, J. S., Nascimento, A. S. do, Dias, F. S., Conceição, A. L. S., & Carvalho, C. A. L. de. (2021). Physical characterization of geopropolis produced by *Melipona scutellaris* (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Apicultural Research*, 60, 1-8. DOI: <https://doi.org/10.1080/00218839.2021.1921468>
- Bueno, A. C., Carezia, C. C., Girelli, G., Weirich, S. N., Coelho, G. C., & Mossi, A. J. (2018). Análise paleológica de abelhas sem ferrão na região do alto Uruguai, Brasil, *Simpósio de Segurança Alimentar*, SBCTA Regional, Gramado-RS, 6.
- Cabirol, A., & Haase, A. (2019). The neurophysiological bases of the impact of neonicotinoid pesticides on the behaviour of honeybees. *Insects*, 10(10), 344. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects10100344>
- Camargo, J. M. F., & Pedro, S. R. M. (2013). Meliponini Lepeletier, 1836. In Moure, J. S., Urban, D., & Melo, G. A. R. (Orgs.). *Catalogue of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region*-online version. <http://www.moure.cria.org.br/catalogue>
- Carvalho, A. T., Koedam, D., & Imperatriz-Fonseca, V. L. (2014). Register of a new nidification substrate for *Melipona subnitida* Ducke (Hymenoptera, Apidae, Meliponini); termitaria of the arboreal nesting termite constrictotermes *Cyphergaster silvestri* (Isoptera, Termitidae, Nasutitermitinae). *Sociobiology*, 61(4), 428-434. DOI: <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v61i4.428-434>
- Carvalho, É. L. S., Bomfim, E. M. S., Silva, M. da C., Lima, L. C. L., Marques, E. de J., & Vale, V. L. C. (2021). Antibacterial Activity, Antioxidant and Phenolic Compounds of Honeys Produced by *Nannotrigona testaceicornis* Lepeletier (Apidae, Meliponini). *Research, Society and Development*, 10(10), e48101018424. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i10.18424>

- Cella, I., Amandio, D. T. T. & Fanta, M. R. (2017). *Meliponicultura*. Florianópolis: EPAGRI.
- Cham, K. O., Nocelli, R. C. F., Borges, L. O., Viana-Silva, F. E. C., Tonelli, C. A. M., Malaspina, O., Menezes, C., Rosa-Fontana, A. S., Blochtein, B., Freitas, B. M., Pires, C. S. S., Oliveira, F. F., Contrera, F. A. L., Torezani, K. R. S., Ribeiro, M de F., Siqueira, M. A. L. & Rocha, M. C. L. S. A. (2019). Pesticide exposure assessment paradigm for stingless bees. *Environmental entomology*, 48(1), 36-48. DOI: <https://doi.org/10.1093/ee/nvy137>
- Claudianos, C., Ranson, H., Johnson, R. M., Biswas, S., Schuler, M. A., Berenbaum, M. R., & Oakeshott, J. G. (2006). A deficit of detoxification enzymes: pesticide sensitivity and environmental response in the honeybee. *Insect Molecular Biology*, 15(5), 615-636. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2583.2006.00672.x>
- Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) (2021). *Panorama do Agro*. Recuperado em 25 outubro 2022, de <https://cnabrasil.org.br/cna/panorama-do-agro>
- Correia, F. C. da S., Peruquetti, R. C., Ferreira, M. G., & Carvalho, Y. K. (2016). Abundância, Distribuição Espacial de Ninhos de Abelhas Sem Ferrão (Apidae: Meliponini) e Espécies Vegetais Utilizadas para Nidificação em um Fragmento de Floresta Secundária em Rio Branco, Acre. *EntomoBrasilis*, 9(3), 163-168. DOI: <https://doi.org/10.12741/ebrasilis.v9i3.613>
- Correia-Oliveira, M. E. C., Mercês, C. C., Mendes, R. B., Neves, V. S. L., Silva, F. L., Carvalho, C. A. L. de (2018). Can the Environment Influence Varroosis Infestation in Africanized Honey Bees in a Neotropical Region?. *Florida Entomologist*, 101(3), p. 464-469. DOI: <https://doi.org/10.1653/024.101.0304>
- Correia-Oliveira, M. E., Poderoso, J. C. M., Santos, E. B., Mendes, R. B., Rebouças, J. S., Cordeiro, C. F., Serra, L. S., Neves, V. S. L., Mercês, C. C., Franca, S. O., Peixoto, C. M., Carvalho, C. A. L. de (2022). Pathogens in africanized honeybees from Brazil. *Open Science Research V*. São Paulo: Editora Científica Digital, 84, 1193-1207. DOI: <https://doi.org/10.37885/220809690>
- Costa, C. C. A., Silva, C. I., Fonseca, V. L. I., & Oliveira, F. L. (2013). Origem floral dos recursos coletados por *Melipona subnitida* e *Plebeia aff flavocincta* (Apinae, Meliponini) em ambiente de caatinga. *Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 3(2). 1-7.
- Cullen, M. G., Thompson, L. J., Carolan, J. C., Stout, J. C., & Stanley, D. A. (2019). Fungicides, herbicides and bees: A systematic review of existing research and methods. *PLoS One*, 14(12), e0225743. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0225743>
- Dantas, M. C. de A. M., Batista, J. de L., Dantas, P. A. M., Dantas, I. M., Dias, V. H. P., Andrade Filho, F. C. de., Moreira, J. N., Mielezrski, G. L. N., Silva, M. G. da., Maia, A. G., Medeiros, A. C. de., & Maracajá, P. B. (2020). Stingless bee and its socioeconomic potential in the States of Paraíba and Rio Grande do Norte. *Research, Society and Development*, 9(10), e3309107939. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i10.7939>

- D'Alvise, P., Seeburger, V., Gihring, K., Kieboom, M., & Hasselmann, M. (2019). Seasonal dynamics and co-occurrence patterns of honey bee pathogens revealed by high-throughput RT-qPCR analysis. *Ecology and evolution*, 9(18), 10241-10252. DOI: <https://doi.org/10.1002/ece3.5544>
- Del Sarto, M. C. L., Oliveira, E. E., Guedes, R. N. C., & Campos, L. A. O. (2014). Differential insecticide susceptibility of the Neotropical stingless bee *Melipona quadrifasciata* and the honey bee *Apis mellifera*. *Apidologie*, 45(5), 626-636. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13592-014-0281-6>
- Donkersley, P., Rhodes, G., Pickup, R. W., Jones, K. C., & Wilson, K. (2014). Honeybee nutrition is linked to landscape composition. *Ecology and evolution*, 4(21), 4195-4206. DOI: <https://doi.org/10.1002/ece3.1293>
- EFSA Panel on Plant Protection Products and their Residues (PPR). (2012). Scientific Opinion on the science behind the development of a risk assessment of Plant Protection Products on bees (*Apis mellifera*, *Bombus* spp. and solitary bees). *EFSA Journal*, 10(5), 2668. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2668>
- El-Seedi, H. R., Ahmed, H. R., El-Wahed, A. A. A., Saeed, A., Algethami, A. F., Attia, N. F., Guo, Z., Musharraf, S. G., Khatib, A., Alsharif, S. M., Naggar, Y. Al, Khalifa, S. A. M., & Wang, K. (2022). Bee Stressors from an Immunological Perspective and Strategies to Improve Bee Health. *Veterinary Sciences*, 9(5), 199. DOI: <https://doi.org/10.3390/vetsci9050199>
- Farruggia, F. T., Garber, K., Hartless, C., Jones, K., Kyle, L., Mastrota, N., Milone, J. P., Sankula, S., Sappington, K., Stebbins, K., Steeger, T., Summers, H., Thompson, P. G., & Wagman, M. (2022). A retrospective analysis of honey bee (*Apis mellifera*) pesticide toxicity data. *Plos one*, 17(4), e0265962. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0265962>
- Fonseca, A. S., Oliveira, E. J. F., Freitas, G. S., Assis, A. F., Souza, C. C. M., Contel, E. P. B., & Soares, A. E. E. (2017). Genetic diversity in *Nannotrigona testaceicornis* (Hymenoptera: apidae) aggregations in southeastern Brazil. *Journal of Insect Science*, 17(1), 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1093/jisesa/iew101>
- Freiberg, M., De Jong, D., Message, D., Cox-Foster D. (2012). First report of sacbrood virus in honey bee (*Apis mellifera*) colonies in Brazil. *Genetics and Molecular Research*, 11(3), 3310-3314. DOI: <https://doi.org/10.4238/2012.september.12.14>
- Freitas, F. C. P., Lourenço, A. P., Nunes, F. M., Paschoal, A. R., Abreu, F. C. P., Barbin, F. O., Bataglia, L., Cardoso-Júnior, C. A. M., Cervoni, M. S., Silva, S. R., Dalarmi, F., Del Lama, M. A., Depintor, T. S., Ferreira, K. M., Gória, P. S., Jaskot, M. C., Lago, D. C., Luna-Lucena, D., Moda, L. M., Nascimento, L., Pedrinho, M., Oliveira, F. R., Sanches, F. C., Santos, D. E., Santos, C. G., Vieira, J., Barchuk, A. R., Hartfelder, K., Simões, Z. L. P. Bitondi, M. M. G., & Pinheiro, D. G. (2020). The nuclear and mitochondrial genomes of *Frieseomelitta varia* - a highly eusocial stingless bee (Meliponini) with a permanently sterile worker caste. *BMC Genomics*, 21(1), 1-26. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12864-020-06784-8>

- García-Breijo, F., Armiñana, J. R., Garmendia, A., Cebrián, N., Beltrán, R., & Merle, H. (2020). In vivo pollen tube growth and evidence of self-pollination and prefloral anthesis in cv. Macabeo (*Vitis vinifera* L.). *Agriculture*, 10(12), 647. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture10120647>
- Gemim, B. S., & de Silva, F. A. M. (2017). Meliponicultura em sistemas agroflorestais: alternativa de renda, diversificação agrícola e serviços ecossistêmicos. *Revista Agro@mbiente On-line*, 11(4), 361-372. DOI: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v11i4.4156>
- Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C., & Rotheray, E. L. (2015). Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, 347(6229), 1255957. DOI: [10.1126/science.1255957](https://doi.org/10.1126/science.1255957)
- Guedes, R. N. C., Smagghe, G., Stark, J. D., & Desneux, N. (2016). Pesticide-Induced Stress in Arthropod Pests for Optimized Integrated Pest Management Programs. *Annual Review Entomology*, 61, 43-62. DOI: <http://doi.org/10.1146/annurev-ento-010715-023646>
- Guimarães-Cestaro, L., Martins, M. F., Martínez, L. C., Alves, M. L. T. M. F., Guidugli-Lazzarini, K. R., Nocelli, R. C. F., Malaspina, O., Serrão, J. E., & Teixeira, É. W. (2020). Occurrence of virus, microsporidia, and pesticide residues in three species of stingless bees (Apidae: Meliponini) in the field. *Naturwissenschaften*, 107(3), 1-14. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00114-020-1670-5>
- Herbert, S. W., Walton, D. A., & Wallace, H. M. (2019). Pollen-parent affects fruit, nut and kernel development of Macadamia. *Scientia Horticulturae*, 244, 406-412. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.09.027>
- Huang, Z. (2010). Honey bee nutrition. *American Bee Journal*, 150(8), 773-776.
- Hurtado-Burillo, M., Jara, L., May-Itzá, W. de J., Quezada-Euán, J. J. G., Ruiz, C., & De la Rúa, P. (2016). A geometric morphometric and microsatellite analyses of *Scaptotrigona mexicana* and *S. pectoralis* (Apidae: Meliponini) sheds light on the biodiversity of Mesoamerican stingless bees. *Journal of Insect Conservation*, 20(5), 753-763. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10841-016-9899-1>
- Imperatriz-Fonseca, V. L., Canhos, D. A. L., Alves, D. de A., & Saraiva, A. M. (Orgs.). (2012). Polinizadores no Brasil: contribuição e perspectivas para a biodiversidade, uso sustentável, conservação e serviços ambientais. São Paulo: EDUSP.
- Instituto Nacional do Câncer José Alencar Gomes da Silva. (2021). Ambiente, trabalho e câncer: aspectos epidemiológicos, toxicológicos e regulatórios. INCA. Recuperado em 07 novembro 2022, de https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files/media/document/ambiente_trabalho_e_cancer_-_aspectos_epidemiologicos_toxicologicos_e_regulatorios.pdf.
- IPBES (2016). The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. In Potts, S. G., Imperatriz-Fonseca, V. L., & Ngo, H. T. (Eds). Germany: Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. 552. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3402856>

- Junior, E. D. da S., Neves, G. A. O., & Nascimento, A. S. (2019). Determinação de resíduos de agrotóxicos em mel e análise palinológica. *Educação Ambiental em Ação*, 18(69).
- Kerr, W. E. (1997). Meliponicultura - A importância da meliponicultura para o país. *Biocologia Ciência & Desenvolvimento*, 1(3), 42-44.
- Kerr, W. E., Carvalho, G. A., & Nascimento, V. A. (1996). *Abelha Uruçu: Biologia, Manejo e Conservação*. Belo Horizonte: Fundação Acangaú.
- Kevan, P. G. (1999). Pollinators as bioindicators of the state of the environment: species, activity and diversity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74(1-3), 373-393. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00044-4](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00044-4)
- Klein, A. M., Boreux, V., Fornoff, F., Mupepele, A. C., & Pufal, G. (2018). Relevance of wild and managed bees for human well-being. *Current Opinion in Insect Science*, 26, 82-88. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cois.2018.02.011>
- Kopit, A. M., & Pitts-Singer, T. L. (2018). Routes of pesticide exposure in solitary, cavity-nesting bees. *Environmental Entomology*, 47(3), 499-510. DOI: <https://doi.org/10.1093/ee/nvy034>
- Leite, D. T., Sampaio, R. B., Chambó, E. D., Aguiar, C. M. L., de Godoy, M. S., & de Carvalho, C. A. L. (2022). Toxicity of chlorpyrifos, cyflumetofen, and difenoconazole on *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811) under laboratory conditions. *International Journal of Tropical Insect Science*, 42(1), 435-443. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42690-021-00560-1>
- Lister, B. C., & Garcia, A. (2018). Climate-driven declines in arthropod abundance restructure a rainforest food web. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(44), E10397-E10406. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1722477115>
- Lopes, I. S., Zonaro, L. D., Calvalcante, M., Santos, T. C. dos, Silva, P. de M., Legendre, A. de O., & Talmoni, J. L. B. (2018). Agrotóxicos: a ameaça de extinção das abelhas no Brasil. In Júnior, L. M., Stevens, D., Purini, S. R. de M., Magnoni, M. da G. M., Vale, J. M. F. do, Júnior, G. A. B., Filho, E. F. A., Silva, W. T. L. da, & Figueiredo, W. dos S. (Orgs.). *Programa Educativo e Social JC na Escola: Ciência Alimentando o Brasil*. São Paulo: Centro Paula Souza. 95-110.
- Lundin, O., Rundlöf, M., Smith, H. G., Fries, I., & Bommarco, R. (2015). Neonicotinoid insecticides and their impacts on bees: a systematic review of research approaches and identification of knowledge gaps. *PLoS one*, 10(8), e0136928. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0136928>
- Macedo, C. R. da C., Aquino, I de S., Borges, P. de F., Barbosa, A da S., & Medeiros, G. R. (2020). Nesting behavior of stingless bees. *Ciência Animal Brasileira*, 21, e-58736. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-6891v21e-58736>
- Maori, E., Tanne, E., & Sela, I. (2007). Reciprocal sequence exchange between non-retroviruses and hosts leading to the appearance of new host phenotypes. *Virology*, 362(2), 342-349. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.virol.2006.11.038>

- Mateus, S., Ferreira-Caliman, M. J., Menezes, C., & Grüter, C. (2019). Beyond temporal-polyethism: division of labor in the eusocial bee *Melipona marginata*. *Insectes Sociaux*, 66(2), 317-328. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00040-019-00691-2>
- Matos, W. B., Santos, A. C. C., Lima, A. P. S., Santana, E. D. R., Silva, J. E., Blank, A. F., Albano-Araújo, A. P., & Bacci, L. (2021). Potential source of ecofriendly insecticides: Essential oil induces avoidance and cause lower impairment on the activity of a stingless bee than organosynthetic insecticides, in laboratory. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 209, 111764. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111764>
- Mayes, D. M., Bhatta, C. P., Shi, D., Brown, J. C., & Smith, D. R. (2019). Body size influences stingless bee (Hymenoptera: Apidae) communities across a range of deforestation levels in Rondônia, Brazil. *Journal of Insect Science*, 19(2), 23. DOI: <https://doi.org/10.1093/jisesa/iez032>
- Michener, C. D. (1974). *The social behavior of the bees: a comparative study*. U.S.A.: Cambridge.
- Michener, C. D. (2007). *The bees of the world*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. (2022). *Sistema de Agrotóxicos Fitossanitário*. Recuperado em 05 setembro 2022, de <https://agrofit.agricultura.gov.br/>
- Monteiro, J., & Ahlert, A. (2022). Educação e sustentabilidade rural em um projeto de sensibilização escolar sobre abelhas. *Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo*, 7(1), 182-213.
- Monteiro, W. R. (2001). Meliponicultura - abelha Iraí (*Nannotrigona testaceicornis*). *Mensagem Doce*, 60.
- Moure, J. S. (2012). Apini Latreille, 1802. In Moure, J. S., Urban, D., & Melo, G. A. R. (Org). *Catalogue of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region - online version*. Recuperado em 01 setembro 2022, de <http://moure.cria.org.br/catalogue>.
- Müller, C. (2018). Impacts of sublethal insecticide exposure on insects - Facts and knowledge gaps. *Basic and Applied Ecology*, 30, 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.baae.2018.05.001>
- Oliveira, D. de J., Santos, D. R., Andrade, B. R., Nascimento, A. S. do., Silva, M. O., Mercedes, C. C., Lucas, C. I. S., Silva, S. M. P. C. da. Carvalho, P. D., Silva, F. L. Estevinho, L., & Carvalho, C. A. L. de (2021). Botanical origin, microbiological quality and physicochemical composition of the *Melipona scutellaris* pot-pollen (“samburá”) from Bahia (Brazil) Region. *Journal of Apicultural Research*, 60 (3). <https://doi.org/10.1080/00218839.2020.1797271>
- Oliveira, M. O. (2015). Declínio populacional das abelhas polinizadoras de culturas agrícolas. *ACTA Apicola Brasilica*, 3(2), 01-06. DOI: <http://dx.doi.org/10.18378/aab.v3i2.3623>
- Ollerton, J., Winfree, R., & Tarrant, S. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals?. *Oikos*, 120(3), 321-326. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x>
- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). (1998a). Test No. 214: Honeybees, Acute Contact Toxicity Test. In *OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 2*, Paris: OECD Publishing. 1-7 DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264070189-en>

- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). (1998b). Test No. 213: Honeybees, Acute Oral Toxicity Test. In OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 2, Paris: OECD Publishing. 1-8. DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264070165-en>
- Parreño, M. A., Alaux, C., Brunet, J. L., Buydens, L., Filipiak, M., Henry, M., Keller, A., Klein, A. M., Kuhlmann, M., Leroy, C., Meeus, I., Palmer-Young, E., Piot, N., Requier, F., Ruedenauer, F., Samaghe, G., Stevenson, P. C., & Leonhardt, S. D. (2022). Critical links between biodiversity and health in wild bee conservation. *Trends in Ecology & Evolution*. 37(4). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2021.11.013>
- Patel, V., Pauli, N., Biggs, E., Barbour, L., & Boruff, B. (2021). Why bees are critical for achieving sustainable development. *Ambio*, 50(1), 49-59. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01333-9>
- Peixoto, C. M., Franca, S. O., Mercês, C. C., Correia-Oliveira, M. E., & Carvalho, C. A. L. de (2021). Occurrence of pathogenic viruses in Africanized honey bees in Brazil. *Journal of Apicultural Research*, 60: 1-8. DOI: <https://doi.org/10.1080/00218839.2021.1962111>
- Pereira, D., Deus, J. C. S., de Holanda-Neto, J. P., & de Oliveira, H. J. S. (2020). Meliponicultura: oportunidade de negócio sustentável na Amazônia Oriental. In A. N. Pontes, & A. S. Rosário (Orgs.), *Ciências ambientais: política, sociedade e economia da Amazônia*, 45-71. Belém: EDUEPA.
- Piovesan, B., Padilha, A. C., Morais, M. C., Botton, M., Grützmacher, A. D., & Zotti, M. J. (2020). Effects of insecticides used in strawberries on stingless bees *Melipona quadrifasciata* and *Tetragonisca fiebrigi* (Hymenoptera: Apidae). *Environmental Science and Pollution Research*, 27(34), 42472-42480. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10191-7>
- Rasmussen, C., & Cameron, S. A. (2010). Global stingless bee phylogeny supports ancient divergence, vicariance, and long distance dispersal. *Biological Journal of the Linnean Society*, 99(1), 206-232. DOI: [10.1111/j.1095-8312.2009.01341.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2009.01341.x)
- Rebouças, J. S., Serra, L. S., da Santana, J. C., Machado, C. S., & de Carvalho, C. A. L. (2022). Abelhas sociais (Meliponini) e sua participação na promoção da Agroecologia. *Pesquisas agrárias e ambientais, Volume XII, Capítulo 4*. Pantanal Editora. DOI: [10.46420/9786581460556cap4](https://doi.org/10.46420/9786581460556cap4)
- Requier, F., & Leonhardt, S. D. (2020). Beyond flowers: including non-floral resources in bee conservation schemes. *Journal of Insect Conservation*, 24(1), 5-16. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10841-019-00206-1>
- Rortais, A., Arnold, G., Dorne, J. L., More, S. J., Sperandio, G., Streissl, F., & Verdonck, F. (2017). Risk assessment of pesticides and other stressors in bees: principles, data gaps and perspectives from the European Food Safety Authority. *Science of the total environment*, 587/588, 524-537. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.127>


- Santa-Barbara, M. F., Moreira, M. M., Machado, C. M., Chambo, E. D., Pascoal, A., Carvalho, C. A. L. de, Sodré, G. da S., Delerue-Matos, C., & Estevinho, L. (2021). Storage methods, phenolic composition, and bioactive properties of and pollen. *Journal of Apicultural Research*, 60(1), 99-107. <https://doi.org/10.1080/00218839.2019.1708595>
- Santos, J. A. dos., Barreto, L. M. R.C., Belisario, D. L., Chambo, E. D., Rebouças, J. S., Caldas, M. J. M., Santana, J. C., Farias, E. O. S., Santos, E. F., & Carvalho, C. A. L. de. (2022). Toxicidade do Glifosato em *Nannotrigona testaceicornis*. *Open Science Research IX*, São Paulo: Editora Científica Digital. Capítulo 3, DOI: <https://doi.org/10.37885/221211325>
- Silva, J. N. da, Araujo, T. C., Ponciano, N. J., & Souza, C. L. M. (2020b). Diagnóstico do uso de agrotóxicos por tomaticultores do município de São José de Ubá, RJ. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, 10(1), 45-50. DOI: <https://doi.org/10.21206/rbas.v10i1.8579>
- Silva, G. R. D., Pérez-Maluf, R., Ribeiro, G. S., & Gusmão, A. L. D. J. (2020a). Pollination service of *Nannotrigona testaceicornis* stingless bees in strawberry. *Arquivos do Instituto Biológico*, 87. DOI: <https://doi.org/10.1590/1808-1657000292019>
- Soroker, V., Hetzroni, A., Yakobson, B., David, D., David, A., Voet, H., Slabezki, Y., Efrat, H., Levski, S., Kamer, Y., Klinberg, E., Zioni, N., Inbar, S., & Chejanovsky, N. (2011). Evaluation of colony losses in Israel in relation to the incidence of pathogens and pests. *Apidologie*, 42(2), 192-199. DOI: <https://doi.org/10.1051/apido/2010047>
- Souza, C. M., Silva, S. M. P. C. da., Nascimento, A. S. do., Santos, P. C. dos., & Carvalho, C. A. de. (2020). Caracterização do “samburá” de abelhas sociais sem ferrão (Meliponinae): revisão. In: Vanessa Bordin Viera; Natiéli Piovesan. (Orgs.). *Sustentabilidade em Ciência e Tecnologia de Alimentos*. Ponta Grossa: Atena Editora, 51-62. DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.841200306>
- Souza, C. M., Silva, S. M. P. C. da., Nascimento, A. S. do., Silva, F de L., Bagaldo, A. R., & Carvalho, C. A. L. de. (2022). Chemical and microbiological characterization of -samburá- from two stingless bee species. *Journal of Apicultural Research*, 61(1). DOI: <https://doi.org/10.1080/00218839.2021.1918408>
- Souza, F. S. de., Kevill, J. L., Correia-Oliveira, M. E., Carvalho, C. A. L. de, & Martin, S. J. (2019). Occurrence of deformed wing virus variants in the stingless bee *Melipona subnitida* and honey bee *Apis mellifera* populations in Brazil. *Journal of General Virology*, 100 (2), 289-294. DOI: <https://doi.org/10.1099/jgv.0.001206>
- Toledo-Hernández, E., Peña-Chora, G., Hernández-Velázquez, V. M., Lormendez, C. C., Toribio-Jiménez, J., Romero-Ramírez, Y., & León-Rodríguez, R. (2022). The stingless bees (Hymenoptera: Apidae: Meliponini): a review of the current threats to their survival. *Apidologie*, 53(8), 1-23. <https://doi.org/10.1007/s13592-022-00913-w>

- Vaudo, A. D., Tooker, J. F., Grozinger, C. M., & Patch, H. M. (2015). Bee nutrition and floral resource restoration. *Current Opinion in Insect Science*, *10*, 133-141.
<https://doi.org/10.1016/j.cois.2015.05.008>
- Villas-Bôas, J. (2018). Manual tecnológico de aproveitamento integral dos produtos das abelhas nativas sem ferrão. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza.
- Vit, P., Pedro, S. R. M., & Roubik, D. (Eds.). (2013). Pot- honey: a legacy of stingless bees. New York: Springer. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4960-7>
- Witter, S., & Blochtein, B. (2009). Espécies de abelhas sem ferrão de ocorrência no Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Versátil Artes Gráficas.
- Wolowski, M., Agostini, K., Rech, A. R., Varassin, I. G., Maués, M., Freitas, L., Carneiro, L. T., Bueno, R. de O., Consolaro, H., Carvalheiro, L., Saraiva, A. M., & Silva, C. I. da. (2019). Relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil. Editora Cubo, São Carlos.

Biologia floral e polinização no quiabeiro (*Abelmoschus esculentus* (L.) Mench): Uma revisão de literatura

Recebido em: 16/01/2023

Aceito em: 17/01/2023


 10.46420/9786581460761cap7


Maiara Janine Machado Caldas^{1,2*} 

Reisane Teles Santiago¹ 

Jaíne Santos Rebouças^{1,2} 

Emmanuel Emydio Gomes Pinheiro^{3,2} 

Jefferson Alves dos Santos^{1,2} 

Irana Paim Silva^{4,2} 

Carlos Alfredo Lopes de Carvalho^{5,2} 

Geni da Silva Sodré^{5,2} 

INTRODUÇÃO

A espécie *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench pertence à família Malvaceae e é conhecida popularmente por quiabo ou quiabeiro. As condições climáticas encontradas nas regiões Nordeste e Sudeste do Brasil são excelentes para o crescimento, desenvolvimento e produção da cultura (Galati et al., 2013). Entretanto, apesar de ser consumida no Brasil, a espécie é de origem africana, sendo que a introdução nas Américas foi feita no período colonial pelos escravos que utilizavam o quiabo na sua culinária (Nwangburuka et al., 2011; Silva et al., 2022).

Abelmoschus esculentus é uma erva robusta, ereta e anual, variando entre 1 a 3 m de altura, e de caule semilenhoso, de coloração esverdeada, com folhas simples, com limbo profundamente recortados, lobadas e com pecíolos longos, podendo ocorrer ramificações laterais, que são estimuladas por práticas de manejo no cultivo, sistema radicular muito profundo e sua raiz pivotante pode atingir até 1,90 m de profundidade (Thakur; Arora, 1986).

As flores são regulares e solitárias, com ovário súpero e numerosos estames. Os frutos do quiabeiro são do tipo cápsula, lisos e roliços, apresentando secção transversal circular ou pentagonal, de 10 a 30 cm de comprimento e de 2 a 3 cm de largura. A coloração externa é variável, do branco até o verde escuro, conforme a cultivar. Podem ser mais curtos ou mais alongados e sempre tem a ponta afilada.

¹ Discente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - UFRB, Bolsista/CAPES.

² Grupo de Pesquisa Insecta, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB.

³ Discente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - UFRB.

⁴ Doutora em Ciências Agrárias pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia -UFRB.

⁵ Docente da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB.

* Autora correspondente: mayjanine4@gmail.com

A produção de frutos ocorre tanto na haste principal como nas laterais (Filgueira, 1981; Thakur; Arora, 1986).

O quiabeiro é uma planta autocompatível e a autopolinização passiva pode ocorrer em suas flores hermafroditas (Al-Ghzawi et al., 2003; Azo'o et al., 2012). Seus grãos de pólen são grandes e equinados, com 156 µm de diâmetro com espinhos de mais de 20 µm de comprimento (Vaissière, Vinson, 1994; Azo'o et al., 2012), de modo que a autopolinização e a polinização cruzada são possivelmente realizadas por insetos (Hamon, Koechlin, 1991; Al-Ghzawi et al., 2003; Azo'o et al., 2012).

A antese ocorre ao amanhecer, já a flor permanece aberta toda a manhã e fecha ao meio-dia ou no início da tarde. As flores murcham à noite e as pétalas geralmente caem no dia seguinte junto com a coluna estaminal, proporcionando, conseqüentemente, ao inseto a possibilidade de eficiência no processo de polinização nos horários entre 7h00 e 10h00 (Azo'o et al., 2011).

A cultura apresenta algumas características importantes, como ciclo rápido, alto valor alimentício e nutritivo, resistência a pragas, além de ser economicamente viável em relação ao custo de produção (Costa et al., 2017; Silva et al., 2022).

MATERIAL E METÓDOS

Para construção da revisão bibliográfica foram realizadas buscas avançadas de artigos científicos, que tivesse a temática: “agentes polinizadores do quiabeiro”, “polinização da cultura do quiabeiro (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench)” e “biologia floral do quiabeiro”. Sendo realizado o levantamento das informações nas seguintes plataformas de bases de dados científicos: Elsevier, Google Acadêmico, Periódicos Capes, ScienceDirect, SciELO e Web of Science, a seleção dos artigos seguiram os critérios de serem publicações internacionais e nacionais, sem restrição de período cronológico de tempo, contemplando a temática abordada.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Polinização

A polinização é definida como o processo pelo qual o pólen se move das anteras masculinas para os estigmas femininos, seja dentro da mesma flor (autopolinização) ou entre plantas (polinização cruzada) (García-Breijo et al., 2020; Sukumaran et al., 2020). Neste aspecto, os polinizadores são os principais atores do processo de rendimento das culturas, uma vez que as plantas dependem completamente de vetores para transferir seu pólen na polinização cruzada. Deste modo, a incorporação de espécies de abelhas selvagens e manejadas em uma região pode melhorar a polinização cruzada (MacInnis; Forrest, 2020).

Existem dois tipos de agentes polinizadores, conhecidos por abióticos e bióticos. Os agentes polinizadores abióticos são a água e o vento, sendo que a polinização realizada por estes agentes é chamada de hidrofilia e anemofilia, respectivamente. Dentre os agentes bióticos estão os morcegos,

pássaros, borboletas, moscas-das-flores, vespas, dípteros, abelhas, entre outros animais. Este tipo de polinização realizada por animais é conhecida por zoofilia (Almeida et al., 2003; Van Der Kooij; Ollerton, 2020).

A polinização desempenha um papel vital na manutenção do equilíbrio natural dos ecossistemas e é fundamental para a produção agrícola, proporcionando uma ligação entre a agricultura e o ciclo de vida. Além disso, a polinização tem um papel importante no setor econômico devido à melhoria da qualidade e quantidade dos alimentos produzidos (Gill et al., 2016; Hiristov et al., 2020).

As relações planta-polinizador podem ser uma das classes ecologicamente mais importantes de interação animal-planta: sem polinizadores, muitas plantas não poderiam lançar sementes e reproduzir-se; sem as plantas para fornecerem pólen, néctar e outras recompensas, muitas populações de animais diminuiriam, com conseqüentes efeitos indiretos para outras espécies (Kearns et al., 1998). Além disso, acredita-se que a polinização biótica seja um fator-chave na diversificação de alguns grandes grupos de plantas e animais (Dodd et al., 1999; Ollerton, 1999).

Os polinizadores animais contribuem para a produção de cerca de 87 culturas globais de 200 países, incluindo cacau (*Theobroma cacao*), kiwi (*Actinidia deliciosa* var. *deliciosa*), maracujá (*Passiflora edulis*) e melancia (*Citrullus lanatus*), sendo que 30% dessas culturas participam da produção econômica global de alimentos. O valor econômico da polinização global foi estimado em média em 153 bilhões de euros, o que equivale a 9,5% da produção agrícola mundial de alimentos humanos em 2005 (Gallai et al., 2009).

As principais categorias de culturas polinizadas por insetos são hortaliças e frutas, gerando cerca de 50 bilhões de euros cada, seguidas por culturas petrolíferas comestíveis, estimulantes, nozes e especiarias. A produção de uma tonelada de culturas que não depende da polinização de insetos está avaliada em cerca de 151 euros, em comparação com uma média de 761 euros para culturas dependentes de polinizadores (Gallai et al., 2009; Khalifa et al., 2021).

Neste contexto, a polinização por insetos é um elemento chave na produção agrícola em todo o mundo, incluindo plantas aromáticas e medicinais (Khalifa et al., 2021). Além disso, a maioria das culturas destinadas a alimentação dependem de polinizadores para atingirem melhores resultados de produção e produtividade (Klein et al., 2007; Pires; Maués, 2020).

POLINIZADORES

Existe uma grande diversidade de polinizadores em todo o mundo. Embora mamíferos, como morcegos ou esquilos, polinizem algumas espécies cultivadas a exemplo, agave, (*Agave* spp.), pitaya, (*Hylocereus* spp.) e *Mucuna* (*Mucuna macrocarpa*), a maioria dos cultivos agrícolas e espécies vegetais silvestres é polinizada por insetos (Pires; Maués, 2020).

Entre os insetos polinizadores, as abelhas melíferas, as abelhas sem ferrão, as abelhas silvestres e as moscas (especialmente os sirfídeos) são os principais polinizadores, e também os mais comuns (Klein et al., 2020). Entretanto, apesar reconhecida importância das abelhas como polinizadoras, existem outros

insetos, como moscas, vespas, besouros e borboletas, que têm um papel importante e pouco enfatizado na polinização das culturas (Rader et al., 2016).

As abelhas são o grupo mais importante de polinizadores, visitando mais de 90% dos 107 principais tipos de culturas globais (Patel et al., 2021). Embora as abelhas não sejam o grupo mais diversificado de polinizadores (borboletas e mariposas compreendem mais de 140.000 espécies), elas são o grupo taxonômico mais dominante entre os polinizadores; apenas nas regiões árticas, outro grupo (moscas) é o mais dominante (Ollerton et al., 2011).

A capacidade das abelhas de transportar grande número de grãos de pólen em seus corpos peludos, dependência de recursos florais, e a natureza semi-social ou eu-social de algumas espécies estão entre as características que tornam as abelhas polinizadores importantes e eficazes (Ollerton et al., 2011; Klein et al., 2018).

Embora exista um número considerável de polinizadores, a abelha melífera desempenha um papel significativo para muitas plantas agrícolas (Hristov et al., 2020). Alguns autores sugerem que 75% de todas as culturas que são usadas para consumo dependem da polinização feita pelos insetos (Bartomeus et al., 2014).

Muitas das plantas agrícolas mais importantes do mundo são polinizadas pelo vento (trigo, arroz, milho, centeio, cevada e aveia) (Ghazoul, 2005). Entretanto, as frutas constituem uma parte fundamental da dieta humana, pois fornecem grandes quantidades de nutrientes essenciais, como vitaminas, antioxidantes e fibras (Hristov et al., 2020).

Neste aspecto, as culturas dependentes de polinizadores bióticos mais significativas são os legumes e as frutas, representando cerca de 50 bilhões cada, seguido por oleaginosas comestíveis, estimulantes (por exemplo, café, cacau, entre outras), nozes e especiarias (Gallai et al., 2009; Hristov et al., 2020).

O número de visitas e os efeitos agregados de várias espécies de abelhas influenciam não apenas a quantidade de culturas produzidas, mas também sua qualidade, o que é importante principalmente do ponto de vista econômico (Hall et al., 2020; Khalifa et al., 2021). A polinização de plantas por mais de uma espécie de abelha, incluindo abelhas melíferas, abelhas carpinteiras, abelhas sem ferrão, abelhas de língua cumprida, abelhas selvagens, abelhas sociais e abelhas solitárias, resulta em um melhor processo de polinização das plantas (Khalifa et al., 2021). O quiabeiro é uma das espécies que se beneficiam da polinização por abelhas.

BIOLOGIA FLORAL DO QUIABEIRO (*Abelmoschus Esculentus* (L.))

As flores do quiabo são hermafroditas, solitárias, apresentam pedúnculo de comprimento ao redor de 2 cm (Minami; Zanini, 1984). São carregadas verticalmente apenas no eixo ortotrópico a cada dois ou três dias. É axilar e solitária, sustentada em um pedúnculo de 2,0 a 2,5 cm de comprimento. São

grandes em torno de 2 polegadas de diâmetro, com cinco pétalas variando entre brancas à amarelas com uma mancha vermelha ou roxa na base de cada pétala. A flor dura apenas um dia e cada flor desenvolvem uma pequena vagem verde e são quase sempre são bissexuais e actinomorfas (Purewal; Randhawa, 1947; Purseglove, 1968).

O perianto consiste em 5 sépalas valvadas, distintas ou basalmente conadas e 5 pétalas distintas que geralmente são basalmente adnadas ao androceu. O androceu consiste em numerosos estames monadelfos com filamentos divergentes apicalmente com anteras unicelulares. O gineceu é um único pistilo composto de dois a muitos carpelos, um número igual de estiletes ou ramos de estilete e um ovário superior com dois a muitos lóculos, cada um com um a vários óvulos (Tripathi et al., 2011).

O cálice é completamente fundido para formar uma capa protetora para o botão floral e derrama-se em lóbulos quando o botão se abre (Purewal; Randhawa, 1947; Purseglove, 1968; Tripathi et al., 2011). O cálice, a corola e os estames são fundidos na base e caem como uma peça após a antese. As partes sexuais eretas consistem em um estilete de cinco a nove partes, cada parte com um estigma capitado, cercado pelo tubo estaminal contendo numerosos filamentos. As pétalas murcham à tarde e geralmente caem no dia seguinte (Purewal; Randhawa, 1947; Purseglove, 1968; Tripathi et al., 2011).

As flores do quiabeiro apresentam características entomófilas, exibindo uma flor grande, vistosa e atraente aos insetos. Produz néctar e pólen, possui o estigma colorido e protoginia, isto é, o estigma está receptivo antes do pólen estar viável (Hamon; Koechlin, 1991).

POLINIZAÇÃO DO QUIABEIRO

As flores do quiabo são hermafroditas e a autopolinização ocorre de maneira natural (Al-Ghzawi et al., 2003; Klein et al., 2020). A autopolinização pode promover até 100% do vingamento dos frutos (vagens) em determinadas situações, embora em certas condições, a polinização por insetos eleva o número de sementes por vagem, assim como o peso da semente e o comprimento da vagem, resultando em um aumento na produção (Al-Ghzawi et al., 2003; Klein et al., 2020).

Os insetos polinizadores, especialmente as abelhas, contribuem para aumentar a produção, com destaque para a abelha mellífera (*Apis mellifera*), abelha mamangava do chão (*Bombus* sp.), abelha cortadora de folhas (*Megachile* sp.) e a abelha mamangava de toco (*Xylocopa* sp.) (Al-Ghzawi et al., 2003; Njoya et al., 2005; Azo'o et al., 2011; Klein et al., 2020). Há registros de várias taxas de polinização cruzada, desde 4% a 19% (Purewal; Randhawa, 1947; Choudhury; Choomsai, 1970; Shalaby, 1972).

A ausência de agentes polinizadores geralmente reduz a produção de sementes e o tamanho das sementes na frutificação do quiabeiro (Delaplane; Mayer, 2000; Nandhini et al., 2018). Neste aspecto, os insetos podem constituir um dos principais grupos de agentes polinizadores do quiabo (Bajjiya; Abrol, 2017). Em estudo realizado por Njoya et al. (2005) foi relatado que a polinização de flores de quiabo realizada manualmente e por insetos, apresentou sementes em torno de 73 a 84% por vagem, o que foi

maior em comparação com os 57% de sementes por vagem adquiridos a partir da autopolinização espontânea usando flores ensacadas.

Devido às atraentes flores amarelas douradas e presença de nectários, o quiabeiro é visitado livremente por insetos, particularmente os insetos das ordens Hymenoptera (abelhas, formigas), Lepidoptera (por exemplo, borboletas e mariposas), Diptera (moscas) e Coleoptera (besouros) para distribuir pólen durante o período de floração (Nandhini et al., 2018).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora o quiabeiro *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench seja uma cultura autopolinizada, vários autores concluíram que a polinização realizada pelos insetos promove ganhos na qualidade e quantidade de frutos e sementes. Dentre os insetos polinizadores se destacam as espécies de abelhas, o fortalece a importância da manutenção das populações desses insetos nas áreas cultivadas e no seu entrono.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Código Financeiro 001, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Processos 406973/2021-0 e 305950/2021-5) e a Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, e Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Ghzawi, A. M., Zaittoun, S. T., Makadmeh, I., & Al Tawaha, A. R. M. (2003). The impact of wild bee on the pollination of eight okra genotypes under semi-arid Mediterranean conditions. *International Journal of Agriculture and Biology*, 5, p. 409-411. DOI: 1560-8530/2003/05-4-408-410.
- Azo'o, M. E., Ali, M., Fohouo, F. N. T., & Messi, J. (2012). The importance of a single floral visit of *Eucara macrognatha* and *Tetralonia fraterna* (Hymenoptera: Apidae) in the pollination and the yields of *Abelmoschus esculentus* in Maroua, Cameroon. *Journal of Agricultural Research*, 7(18), p. 2853-2857. DOI: 10.5897/AJAR12.359
- Azo'o, E. M., Tchuenguem Fohouo, F. N., & Messi, J. (2011). Influence Of The Foraging Entomofauna On Okra (*Abelmoschus esculentus*) Seed Yields. *International Journal of Agriculture and Biology*, 13, p. 761-765. DOI: 11-132/SAE/2011/13-5-761-765
- Bajjiya, M. R., & Abrol, D. P. (2017). Flower-vising insect pollinators of mustard (*Brassica napus*) in Jammu region. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(5), p. 2380- 2386.
- Bartomeus, I., Potts, G., Steffan-Dewenter, I., Vaissière, B. E., Woyciechowski, M., Krewenka, K. M., Tscheulin, T., Roberts, S. P. M., Szentgyorgy, Westphal, C., & Bommarco, R. (2014). Contribution

- of insect pollinators to crop yield and quality varies with agricultural intensification. *PeerJ*, 2(328). DOI: 10.7717/peerj.328
- Choudhury, B., & Choomsai, M. L. A. (1970). Natural cross pollination in some vegetable crops. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 40(9), p. 805-512.
- Costa, K. D. S. Nascimento, M. R., Santos, A. M. M. Dos, Santos, P. R. dos, Carvalho, I. D. E. de; Carvalho Filho, J. L. S. de, Menezes, D., Lima, T. V., Brito, K. S., & Michelon, G. K. (2017, 26 a 27 de outubro). Melhoramento do quiabeiro quanto à precocidade, produção e qualidade: Uma revisão de literatura. Universidade Federal do vale do Paraíba (Org.), XXI Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VII Encontro de Iniciação à Docência, p.1-6. Recuperado de: http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2017/anais/arquivos/0214_0069_02.pdf
- Delaplane, K. S., & Mayer, D. F. (2000). *Crop pollination by bees*. Oxon: CABI Publication, 352. DOI: 10.1002/mmzn.20020780120
- Dodd, M. E., Silvertown, J., & Chase, M.W. (1999). Phylogenetic analysis of trait evolution and species diversity variation among angiosperm families. *Evolution*, 53, p. 732-744.
- Filgueira, F. A. R. (1981). *Manual de olericultura: cultura e comercialização de hortaliças*. 2. ed. São Paulo: Editora Agronômica “Ceres” Ltda., 338p.
- Galati, V. C., Cecílio Filho, A. B., Galati, V. C., & Ursulino, A. A. (2013). Crescimento e acúmulo de nutrientes da cultura do quiabeiro. *Semina: Ciências Agrárias*, 34(1), p. 191-200. DOI: 10.5433/1679-0359.2013v34n1p191
- Gallai, N., Salles, J. M., Settele, J., & Vaissiere, B. E. (2009). Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, 68, p. 810-821. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2008.06.014
- García-Breijo, F., Armiñana, J. R., Garmendia, A., Cebrián, N., Beltrán, R., & Merle, H. (2020). In vivo Pollen Tube Growth and Evidence of Self-Pollination and Prefloral Anthesis in cv. MACABEO (*Vitis vinifera* L.). *Agriculture*, 10(12), p. 647. DOI: 10.3390/agriculture10120647
- Ghazoul, J. (2005). Buzziness as usual? Questioning the global pollination crisis. *Trends in Ecology & Evolution*, 20, p. 367-373. DOI: 10.1016/j.tree.2005.04.026
- Gill, R. J., Baldock, K. C., Brown, M. J., Cresswell, J. E., Dicks, L. V., Fountain, M. T., Garratt, M. P., Gough, L. A., Heard, M. S., & Holland, J. M. O. J. (2016). Protecting an ecosystem service: Approaches to understanding and mitigating threats to wild insect pollinators. *Advances in Ecological Research*, 54, p. 135-206. DOI: 10.1016/bs.aecr.2015.10.007
- Hall, M. A., Jones, J., Rocchetti, M., Wright, D., & Rader, R. (2020). Bee Visitation and Fruit Quality in Berries Under Protected Cropping Vary Along the Length of Poly tunnels. *Journal of Economic Entomology*, 113, p. 1337-1346. DOI: 10.1093/jee/toaa037


- Hamon, S., & Koechlin, J. (1991). The reproductive biology of okra. 1. Study of the breeding system in four *Abelmoschus species*. *Euphytica*, 53, p. 41-48. DOI: 10.1007/BF00032031
- Hristov, P., Neov, B., Shumkova, R., & Palova, N. (2020). Significance of Apoidea as Main Pollinators. Ecological and economic impact and implications for human nutrition. *Diversity*, 12(280). DOI: 10.3390/d12070280
- Kearns, C. A., Inouye, D. W., Nickolas M., & Waser, N. M. (1998). Endangered Mutualisms: The Conservation of Plant - Pollinator Interactions. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29, p. 83-112. DOI: 10.1146/annurev.ecolsys.29.1.83
- Khalifa, S. A. M., Elshafiey, E. H., Shetaia, A. A., El-Wahed, A. A. A., Algetham, A. F. I., Musharraf, S. G., Alajmi, M. F., Zhao, C., Masry, S. H. D., Abdel-Daim, M. M., Halabi, M. F., Kai, G., Naggari, Y. A., Bishr, M., Diab, M. A. M., & El-Seedi, H. R. (2021). Overview of Bee Pollination and Its Economic Value for Crop Production. *Insects*, 12(688). DOI: 10.3390/insects12080688
- Klein, A. M., Freitas, B. M., Bomfim, I. G. A., Boreux, V., Fornoff, F., & Oliveira, M. O. (2020) A Polinização Agrícola por Insetos no Brasil. Um Guia para Fazendeiros, Agricultores, Extensionistas, Políticos e Conservacionistas. Albert-Ludwigs University Freiburg, Nature Conservation and Landscape Ecology.
- Klein, A. M., Boreux, V., Fornoff, F., Mupepele, A. C., & Pufal, G. (2018). Relevance of wild and managed bees for human wellbeing. *Current Opinion in Insect Science*, 26, p. 82-88. DOI: 10.1016/j.cois.2018.02.011
- Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the royal society B: biological sciences*, 274(1608), 303-313. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
- MacInnis, G., & Forrest, J. R. K. (2020). Field design can affect cross-pollination and crop yield in strawberry (*Fragaria x ananassa* D.). *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 289, p. 106-738. DOI: 10.1016/j.agee.2019.106738
- Minami, K., & Zanini, A. C. W. (1984). Cultura do quiabo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 55p.
- Nandhini, E., Padmini, K., Venugopalan, R., Anjanappa, M., & Lingaiah, H. B. (2018). Flower - visiting insect pollinators of okra [*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench] in Bengaluru region. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(2), p. 1406-1408.
- Njoya, T. M., Wiltmann, D., & Schindler, M. (2005). Effect of Bee Pollination and Seed set and Nutrition on Okra (*Abelmoschus esculentus*) in Cameroon. *Deutscher Tropentag in Stuttgart Hohenheim*. The global food and product chain dynamics innovation, conflicts, strategies.
- Nwangburuka, C. C., Kehinde, O. B., Ojo, D. K., Denton, O. A., & Popoola, A. R. (2011). Morphological classification of genetic diversity in cultivated okra, (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench, using


- principal component analysis (PCA) and single linkage cluster analysis (SLCA). *African Journal Biotechnology*, 10(54), p. 11165-11172.
- Ollerton, J., Winfree, R., & Tarrant, S. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120, p. 321-326. DOI: 10.5897/AJB11.285
- Ollerton, J. (1999). The evolution of pollinator-plant relationships within the arthropods. In A. Melic, J. J. De Haro, M. Mendez & I. Ribera (eds.) *Evolution and Phylogeny of the Arthropoda* (pp. 741-758). Entomological Society of Aragon, Zaragoza.
- Patel, V., Pauli, N., Biggs, E., Barbour, L., & Boruff, B. (2021). Why bees are critical for achieving sustainable development. *Ambio*, 50, p. 49-59. DOI: 10.1007/s13280-020-01333-9
- Pires, C. S. S., & Maués, M. M. (2020). Insect pollinators, major threats and mitigation measures. *Neotropical Entomology*, 49(4), p. 469-471. DOI: 10.1007/s13744-020-00805-7
- Purewal, S. S., & Randhawa, G. S. (1947). Studies in *Hibiscus esculentus* (Lady's Finger). Chromosome and pollination studies. *Indian Journal of Agricultural Science*, 17, p. 129-136.
- Purseglove, J. W. (1968). *Hibiscus esculentus* L. In J. W. Purseglove (ed.), *Tropical Crops* (pp. 368-370), Dicotyledons.
- Rader, R., Bartomeus, I., Garibaldi, L. A., Garratt, M. P. D., Howlett, B. G., Winfree, R., Cunningham, S. A., & Mayfield, M. M. (2016). Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113, p. 146-151.
- Shalaby, G. J. (1972). Natural cross pollination in okra. *Journal of Agricultural Science*, 3(1), p. 381-386.
- Silva, M. G. dos S., Barros, R. P. de., Santos, D. de S., Galdino, W. de O., Silva, D. dos S., & Sousa, J. I. de. (2022). Resposta fenológica do quiabo (*Abelmoschus esculentus* L.) cultivado em vasos com diferentes fontes de matéria orgânica. *Diversitas Journal*, 7(2), p. 587-594.
- Sukumaran, A., Khanduri, V. P., & Sharma, C. M. (2020). Pollinator-mediated self-pollination and reproductive assurance in an isolated tree of *Magnolia grandiflora* L. *Ecological Processes*, 9, p. 45-53. DOI: 10.1186/s13717-020-00254-5
- Thakur, M. R., & Arora, S. K. (1986). Okra, In Bose, T. K & Somm, M. G. (Eds.), *Vegetable Crops in India* (pp. 606-622). Noya Prokash Calcutta. India.
- Tripathi, K. K., Govila, O.P., Warriar, R., & Ahuja, V. (2011). *Biology of Abelmoschus esculentus* L. (Okra). Series of Crop Specific Biology Documents. Departamento f Biotechnology, Ministry os Science & Technology & Ministry oof Enviroment and Forest, Govt. of India. 35p.
- Vaissière, B. E., & Vinson, B. (1994). Pollen morphology and its effect on pollen collection by honey bees, *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae), with special reference to upland cotton, *Gossypium hirsutum* L. (Malvaceae). *Grana*, 33, p. 128-138. DOI: 10.1080/00173139409428989
- Van Der Kooi, C. J., & Ollerton, J. (2020). The origins of flowering plants and pollinators. *Science*, 368(6497), p. 1306-1308. DOI:10.1126/science.aay3662


Organic fertilization with spontaneous species from the semiarid region in the of coriander productivity


Recebido em: 16/01/2023

Accepto em: 17/01/2023

 10.46420/9786581460761cap8


Paulo César Ferreira Linhares^{1*} 


Janilson Pinheiro de Assis² 


Roberto Pequeno de Sousa² 

Eudes de Almeida Cardoso² 

Lunara de Sousa Alves³ 

Uilma Laurentino da Silva³ 

Lucas Vinícius Cunha Lobato⁴ 

Karen Geovanna da Silva Carlos⁵ 

INTRODUCTION

The coriander crop is largely produced by family farmers in the region of Mossoró, RN, Brazil, considering that this vegetable has a large volume of commercialization in fairs and supermarkets. In this region, coriander sowing takes place in planting lines carried out in the beds, spaced 20 cm apart, or broadcast sowing in the beds, with a number of plants from 800 to 1000 plants m⁻² (Linhares et al., 2018).

An important aspect in coriander production is fertilization, which is carried out by family farmers organically using manure (cattle, goat and sheep). However, the dependence on these resources contributed to the increase in production costs, considering that the farmer does not always have this resource available on his properties (Linhares et al., 2018).

According to Linhares et al. (2021), the use of plant residues in agriculture promotes an improvement in soil structure, contributing to greater water infiltration, increasing the soil organic matter content, favoring the microbiota and making the edaphic environment more suitable for crop cultivation.

These species have the potential to be used as green manure, as they have a nitrogen content of 22.4 g kg⁻¹ and a carbon-nitrogen ratio of 17/1 with a green phytomass production of 42.0 t ha⁻¹ and a

¹ PhD Researcher at the Federal Rural University of the Semi-Arid, Jitirana Research Group, Mossoró, RN, Brazil.

² Professor Professor and PhD at the Federal Rural University of the Semi-Arid, Jitirana Research Group, Mossoró, RN, Brazil.

³ Researcher, doctor of the jitirana research group, Federal Rural University of the Semiarid, Mossoró, RN, Brazil.

⁴ Agronomist engineer and member of the Jitirana research group, Federal Rural University of the Semiarid, Mossoró, RN, Brazil.

⁵ Agronomy student and member of the Jitirana research group, Federal Rural University of the Semiarid, Mossoró, RN, Brazil.

* Autor correspondente: paulolinhares@ufersa.edu.br

dryness of 6.04 t ha⁻¹ for jitrana (*Meremia aegyptia* L.) (Linhares et al., 2021), for the forest crop mata-pasto (*Senna unijflora* L.) nitrogen content is 18.5 g kg⁻¹ and carbon-nitrogen ratio of 25/1, with green biomass production of 35.0 t ha⁻¹ and dry mass of 8.7 t ha⁻¹.

These species are already being used as green manure in the organic production of several vegetable crops, such as arugula (Linhares, 2007; Almeida et al., 2015; Oliveira, 2015); lettuce (Linhares et al., 2011; Góes et al., 2011; Silva, 2013); radish (Linhares et al., 2013; Linhares et al., 2011; Linhares et al., 2010; Paiva et al., 2013); mint (Almeida, 2017); and carrot (Linhares et al., 2014).

The species most used as fertilizer in production systems are legumes, as they have the ability to fix nitrogen by symbiotic bacteria in their root systems, in addition to having high biomass production. However, spontaneous species from semiarid regions have the same potential in the process of soil fertilization as a function of macronutrient levels (Linhares et al., 2018).

Given the importance of using spontaneous species from semiarid regions as a source of organic fertilizer to meet the nutritional needs of olericultural plants, this technology seeks to reduce production costs. In this sense, the objective was to study the effect of organic fertilization with spontaneous species from a semiarid region on coriander productivity.

MATERIALS AND METHODS

Characterization of the experimental area

The experiment was carried out in the research area of the Rafael Fernandes Experimental Farm of the Universidade Federal Rural do SemiÁrido (UFERSA), located in the district of Alagoinha, 20 km from Mossoró-RN, municipality (5° 03' 37" S and 37° 23'50" W, 70 m altitude) (RÊGO et al., 2016). According to Carmo Filho et al. (1995) and the Köppen classification, the local climate is BSw'h', dry and very hot, with the dry season normally from June to January and the rainy season from February to May. The average annual precipitation is 673.9 mm, and the average relative humidity is 68.9%. The soil of the research area was classified as Red–Yellow Latosol Sandy loam (EMBRAPA, 2018).

Before installing the experiment, soil samples were taken at a depth of 0-20 cm, which were air-dried and sieved through a 2 mm mesh and then analyzed at the Laboratory of Soil Chemistry and Fertility at UFERSA. The results were as follows: pH (water 1:2.5) = 7.0; Ca = 1.6 cmol dm⁻³; Mg = 0.5 cmolc dm⁻³; K = 14.0 mg dm⁻³; Na = 10.0 mg dm⁻³; P = 22.0 mg dm⁻³ and M.O. = 0.8 g kg⁻¹.

Experimental design

The experimental design used was complete randomized blocks with seven treatments and four replications. The treatments consisted of seven amounts of the mixture of jitrana with mata-pasto (0.0, 0.8, 1.6, 2.4, 3.2, 4.0 and 4.8 kg m⁻²). Green manures remained incorporated into the soil for a period of thirty days before sowing, as recommended by Linhares et al. (2012).

Each plot consisted of twelve rows of plants spaced 0.1 m x 0.05 m, with 05 plants hole⁻¹, corresponding to 1000 plants m⁻² of bed, which corresponds to the population of plants economically viable for agronomic exploitation (Linhares et al., 2014).

The total area of the plot was 1.44 m² with a useful area of 0.80 m², containing 800 plants. The coriander cultivar sown was “Verdão”, widely used by farmers, with a very greenish color and a cycle of 30 to 35 days from sowing to harvest. Soil preparation consisted of manual cleaning, removal of spontaneous vegetation present in the experimental area and manual lifting of the beds, using the hoe as a tool.

The spontaneous species from the Brazilian semiarid region, jitirana (*Merremia aegyptia* L.) and mata-pasto (*Senna uniflora* L.) were collected from the native vegetation inside the campus of Universidade Federal Rural do Semiárido-UFERSA at the beginning of the flowering period, when the plant presents the maximum concentration of nutrients.

On the occasion of the installation of the experiment, five samples of the mixture of jitirana with mata-pasto, a spontaneous species of the semiarid region, were taken and sent to the soil fertility and plant nutrition laboratory at the Center for Agricultural Sciences of UFERSA for carbon analysis (C); nitrogen (N); phosphorus (P); potassium (K⁺); calcium (Ca²⁺); magnesium (Mg²⁺) and carbon/nitrogen ratio. For jitirana (*Merremia aegyptia* L.) The results were 570 g kg⁻¹ C, 25.0 g kg⁻¹ N, 12.5 g kg⁻¹ P, 18.0 g kg⁻¹ K, 12.0 g kg⁻¹ Ca, 16.0 g kg⁻¹ Mg and a nitrogen/carbon ratio of 23/1 (Figures 1 and 2).



Figure 1. Representation of the jitirana (*Merremia aegyptia* L.) in full bloom in the semiarid region of Mossoró, RN, Brazil. **Photograph:** Researcher DSc. Paulo César Ferreira Linhares



Figure 2. Representation of mata-pasto (*Senna uniflora* L.) in full bloom in the semiarid region of Mossoró, RN, Brazil. **Photograph:** Researcher DSc. Paulo César Ferreira Linhares

Prior to sowing, irrigation was carried out to maintain soil moisture between 50 and 70% of field capacity, which is an ideal condition for the nitrification process (Meurer, 2007). Ten days after plant emergence, thinning was performed. Manual weeding was performed to control weeds whenever necessary to avoid competition for water and nutrients. Irrigation was carried out by a microsprinkler, with a daily irrigation shift divided into two applications (morning and afternoon), providing an average water depth of 8 mm day^{-1} as a function of evapotranspiration.

Measurement of agronomic characteristics

Thirty-three days after sowing, the experiment was harvested where the plants were transported to the PostHarvest Vegetables Laboratory of the Department of Plant Science at UFERSA, where the following characteristics were analyzed: *plant height* (performed from a sample of thirty plants per plot, measuring the height from the base to the apex of the plant using a millimeter ruler and expressed in plant^{-1}); *number of stems* (obtained by counting all stems from a sample of thirty plants, expressed in stems plant^{-1}); *productivity* (performed by the weight of all plants in the useful area of the plot, expressed in g m^{-2} of bed); *number of bunches* (determined through productivity m^{-2} per 50 g, reference weight for a bunch of coriander, expressed in units m^{-2} of bed) and *dry matter mass* (obtained by weighing twenty plants plot^{-1} on an electronic scale with a precision of 1.0 g, followed by drying in a heating oven with forced air at $65 \text{ }^{\circ}\text{C}$, until constant mass was obtained).

Statistical analysis

Statistical analysis was performed according to conventional methods of analysis of variance (Banzatto; Kronka, 2006), using ESTAT statistical software. The response curve fitting procedure was performed using the ESTAT Software.

RESULTS AND DISCUSSION

There was a significant difference at the level of $P < 0.01$ of probability for the different doses of jitirana plus mata-pasto (Table 1). The use of a mixture of jitirana with mata-pasto contributed greatly to better soil fertilization, which resulted in the increment of all evaluated characteristics, denoting the importance of using spontaneous species from the semiarid region in the soil fertilization process.

For the characteristic plant height, there was an increase depending on the doses of jitirana with pasture, with a maximum value of 18.38 cm plant (Figure 3). There was an increase of 13.14 cm^{-1} plant between the largest (4.8 kg m^{-2}) and smallest amount (0.0 kg m^{-2}). The results obtained were superior to those found by Linhares (2009) when evaluating different amounts and types of fertilizers, with maximum heights of 14.18, 13.66 and 11.90 cm plant^{-1} for coriander culture, using jitirana, silk flower and pasture, respectively, in the amount of 15.6 t ha^{-1} , equivalent to 1.56 kg m^{-2} . The height of the plant is important, bearing in mind that small plants, less than 10 cm, are out of the commercialization standard.

Linhares et al. (2018) studied the agronomic efficiency of organic fertilizer in the production of the intercropping of coriander and mint in northeastern Brazil and found a plant height of $22.0 \text{ cm plant}^{-1}$, which differs from the results of this research. Linhares al. (2014), evaluating the use of gliricidal mixed with sabiá and the agronomic performance of coriander, found a plant height of $14.4 \text{ cm plant}^{-1}$, which is lower than the aforementioned research.

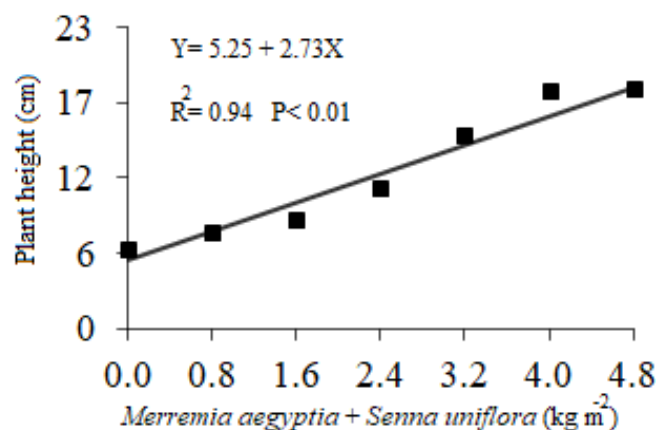


Figure 3. Different amounts of jitirana (*Merremia aegyptia* L.) with mata-pasto (*Senna uniflora* L.) at the height of the coriander plant.

For the number of stems, there was no maximum point, with a maximum value of 6.78 plant units (Figure 4). Linhares et al. (2021), studying the cultivation of coriander in succession with lettuce

culture, found a coriander productivity of 3180 kg ha^{-1} , equivalent to 318 g m^{-2} , which is lower than the aforementioned work. Novaes et al. (2021), studying sources of organic fertilization in the consortium of coriander and arugula in Cruz das Almas, found a fresh mass of 316 g m^{-2} , different from the aforementioned research. The number of stems has a direct influence on plant height, considering that with the increase in plant height, there is a greater number of stems.

Linhares et al. (2014), evaluating the use of gliricidal mixed with sabiá in the agronomic performance of coriander, found a value of $7.6 \text{ stems plant}^{-1}$, which is similar to the aforementioned research. Linhares et al. (2015), studying the yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.) fertilized with cattle manure at different doses and times of incorporation into the soil, found a number of stems of 6.3 plant^{-1} , which is lower than the present study. Linhares et al. (2018) studied the agronomic efficiency of organic fertilization in the production of the intercropping of coriander and mint in northeastern Brazil and found a value of 6.3 plant stems in single cultivation, a value similar to that research.

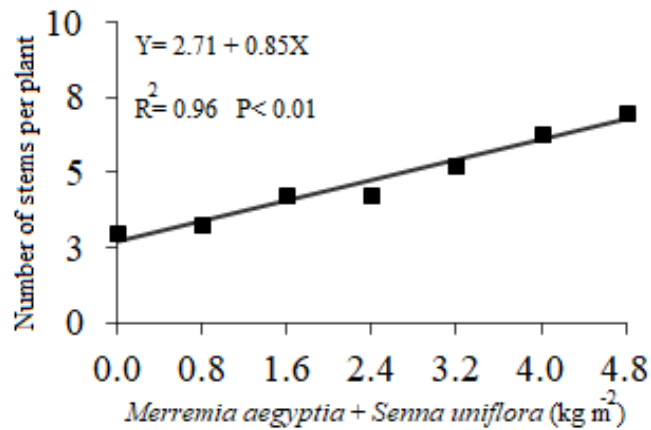


Figure 4. Different amounts of jitirana (*Merremia aegyptia* L.) with mata-pasto (*Senna uniflora* L.) at the number of stems of coriander.

There was an increase in the productivity and number of bunches of coriander with the increase in the amounts of jitirana with pasture, with maximum values of 1210 g m^{-2} and $24.2 \text{ units m}^{-2}$ referring to productivity and number of bunches, respectively (Figures 5 and 6). The number of bunches is very important for farmers who work in coriander production, considering that this is the way coriander is sold in supermarket shelves and vegetable fairs.

Tavella et al. (2010) evaluated the organic cultivation of coriander using mulch fertilized with compost, with a productivity of 34.5 kg m^{-2} , equivalent to 345 g m^{-2} , corresponding to 6.9 units of bunches, less than the referred search. Linhares et al. (2021), studying the cultivation of coriander in succession with lettuce culture, found a coriander productivity of 3180 kg ha^{-1} , equivalent to 318 g m^{-2} , which is lower than the aforementioned work.

Novaes et al. (2021), studying sources of organic fertilization in the consortium of coriander and arugula in Cruz das Almas, found a fresh mass of 316 g m^{-2} , different from the aforementioned research.

Ramalho (2015) studied the intercropping of coriander with beet fertilized with bovine manure with jitrana, with the agronomic performance of coriander 525 g m⁻² of green mass, equivalent to 52.5 kg 100 m⁻² corresponding to 525 bunches in 100 m⁻², which is lower than the aforementioned survey. Cunha et al. (2018) studied the agronomic efficiency of different amounts of jitrana mixed with bovine manure in coriander and mint intercropping and found green mass and number of bunches of 56.4 kg/100 m² and 1691 units/100 m², respectively, with the incorporation of 3 0 kg/m².

Pereira (2014), studying the effect of the top dressing application of jitrana mixed with silk flower on the agronomic characteristics of coriander cultivars, found interaction, with unfolding of the amounts of straw of spontaneous caatinga species within the cultivars, for the variable yield, noting that the maximum amount (24.0 t ha⁻¹) was the one that promoted the highest yield for the verdão, Super Verdão and Tabocas cultivars, with average values of 3341, 3283 and 2830 kg ha⁻¹, respectively.

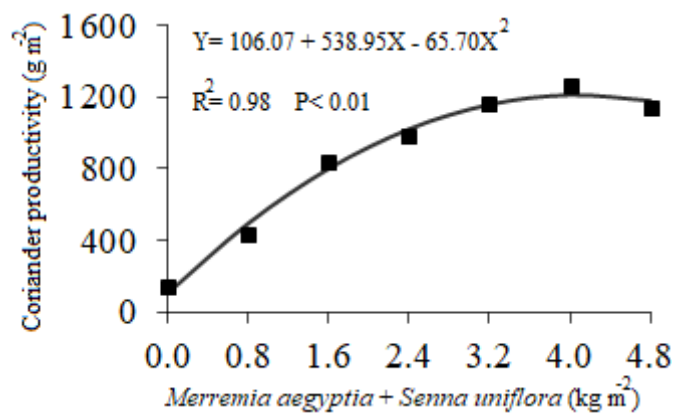


Figure 5. Different amounts of jitrana (*Merremia aegyptia* L.) with mata-pasto (*Senna uniflora* L.) at the coriander productivity.

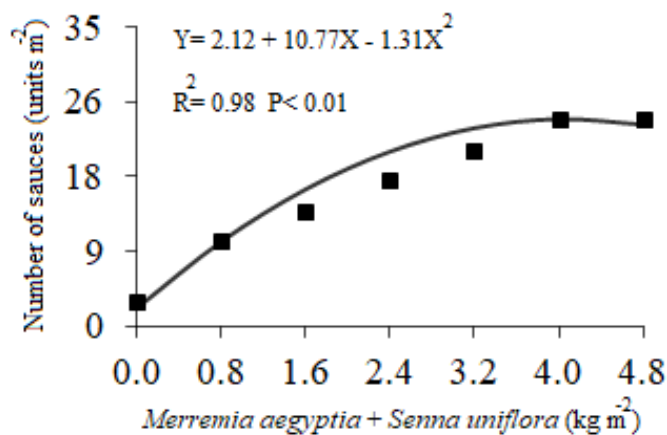


Figure 6. Different amounts of jitrana (*Merremia aegyptia* L.) with mata-pasto (*Senna uniflora* L.) at the number of coriander bunches.

In the coriander dry mass, there was a point of maximum production, with 4.0 kg m⁻² incorporated into the soil, obtaining a value of 120.35 g m⁻² of dry mass (Figure 7). Ramalho (2015) studied the intercropping of coriander with beet fertilized with bovine manure with jitrana, with the agronomic

performance of coriander 525 g m⁻² of green mass, equivalent to 52.5 kg 100 m⁻² corresponding to 525 bunches in 100 m⁻², which is lower than the aforementioned survey. The dry matter mass is a very important characteristic, as it reflects, in a more direct way, the growth of the plant, being the most appropriate for the analysis of growth (Taiz; Zeiger, 2004), reflecting the influence of the treatments imposed on the crop.

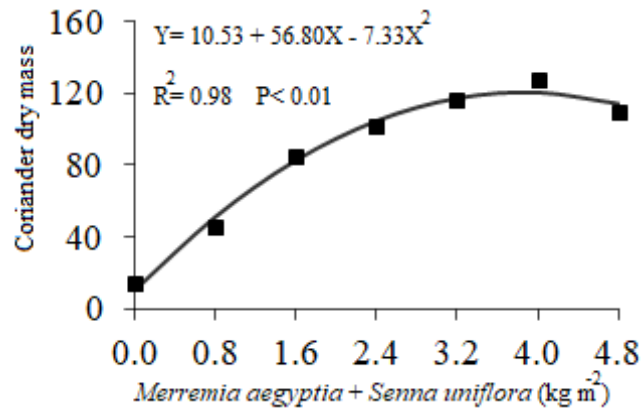


Figure 7. Different amounts of jitrana (*Merremia aegyptia* L.) with mata-pasto (*Senna uniflora* L.) in the dry mass of coriander.

FINAL CONSIDERATIONS

The highest productive efficiency for the coriander culture in relation to the amount of the mixture of jitrana with mata-pasto was 4.0 kg m⁻², with values of 1210 g m⁻² and 24.2 units of bunches m⁻².

The mixture of spontaneous species from the semiarid region as an organic fertilizer was effective in promoting an increase in the evaluated characteristics.

ACKNOWLEDGMENT

Special thanks to the jitrana (*Merremia aegyptia* L.) research group, committed to the study of spontaneous species from the semiarid region as green manure in olerícolas, beyond the Department of Agronomic and Forestry Sciences the Federal Rural SemiArid University (UFERSA), for support in conducting research.

REFERENCES

Almeida, A. M. B. (2017). Viabilidade agroeconômica da hortelã (*Mentha piperita* L.) em dois cultivos sucessivos sob doses de jitrana e épocas de colheita. Universidade Federal de Campina Grande (Dissertação de mestrado), Pombal – PB. 82p.


- Almeida, A. M. B., Linhares, P. C. F., Liberalino Filho, J., Neves, A. P. M., & Morais, S. L. S. (2015). Efeito residual da jitrana, flor-de-seda e mata-pasto no cultivo da rúcula em sucessão a beterraba. *Revista verde*, 10(2): 42-48.
- Carmo Filho, F., & Oliveira, O. F. (1995). Mossoró: um município do semiárido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico. Mossoró: ESAM, (Coleção Mossoroense, Série B) 62p.
- Cunha, L. M. M., Linhares, P. C. F., Neves, A. P. M., de Almeida, A. M. B., Pereira, M. F. D., Assis, J. P., de Sousa, R. P., Alves, L. S. (2018). Agronomic efficiency of different quantities of jitrana mixed with cattle manure in the intercropping of coriander with mint. Eficácia agronômica de diferentes quantidades de jitrana misturadas com estrume bovino no consorciado coentro e menta. *International Journal of Development Research*, 8(2):18786-18792.
- Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária – Embrapa (2018). Brazilian system of soil classification (Sistema brasileiro de classificação de solos). 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 306p.
- Góes, S. B., Bezerra Neto, F., Linhares, P. C. F., Góes, G. B., Moreira, J. N. (2011). Desempenho produtivo da alface em diferentes quantidades e tempos de decomposição de jitrana seca. *Revista Ciência Agronômica*, 42(4): 1036-1042.
- Kronka, S. N., & Banzato, D. A. (2006). Estat: sistema para análise estatística. Versão. 2. 3.ed. Jaboticabal: Funep, 243 p.
- Linhares, P. C. F. (2009). Vegetação espontânea com adubo verde no desempenho agroeconômico de hortaliças folhosas. Tese (Doutorado em Agronomia: Fitotecnia), Universidade Federal Rural do SemiÁrido (UFERSA), Mossoró, RN, 109 f.
- Linhares, P. C. F. (2013). Adubação verde como condicionadora do solo. *Revista Campo e negócios*. 11(127): 22-23.
- Linhares, P. C. F., Assis, J. P., Sousa, R. P., Sá, J. R., Pereira, M. F. S., Ramalho, W. B., Silva, R. I. G., Silva, R. A., & Pereira, K. L. V. (2018). Optimized amount of hairy woodrose (*Merremia aegyptia* L.) in the productivity of coriander cultivars. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 24(4): 654-659.
- Linhares, P. C. F., Maracajá, P. B., Liberalino Filho, J., Assis, J. P., Sousa, R. P., Medeiros, A. C. (2021). Jitrana (*Merremia aegyptia* L. Urban) [livro eletrônico]: Potencialidade de uso como espécie espontânea do semiárido na adubação verde de hortaliças. In: Linhares, P. C. F., Cunha, L. M. M., Silva, N. V., Neves, A. M., Medeiros, B. B. M., & Paiva, A. C. Fitomassa verde e seca, teores e acúmulo de macronutrientes da jitrana (*Merremia aegyptia* L. Urban) em diferentes estádios fenológicos– Nova Xavantina, MT: Ed. Pantanal. 96p. Cap. 2, p.24-45.
- Linhares, P. C. F., Maracajá, P. B. M., Pereira, F. S., Assis, J. P., & Sousa, R. P. (2014). Roostertree (*Calotropis procera*) under different amounts and periods of incorporation on yield of coriander. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 9(3): 07-12.
- Linhares, P. C. F., Pereira, M. F. S., Assis, J. P., & Bezerra, A. K. H. (2012). Quantidades e tempos de decomposição da jitrana no desempenho agronômico do coentro. *Ciência Rural*. 42(2): 243-248.

- Linhares, P. C. F., Pereira, M. F. S., Oliveira, B. S., Henriques, G. P. S. A., & Maracajá, P. B. (2010). Produtividade de rabanete em sistema orgânico de produção. *Revista verde*, 5(5): 94-101.
- Linhares, P. C. F., Silva, M. L. S., Pereira, M. F. S., Bezerra, A. K. H., & Paiva, A. C. C. (2011). Quantidades e tempos de decomposição da flor-de-seda no desempenho agrônômico do rabanete. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*. 6(1): 168-173.
- Meurer, E. J. (2007). Factors influencing plant growth and development. In: Novaes, R. F., Alvarez V. V. H., Barros, N. F., Fontes, R. L. F., Cantarutti, R. B., Neves, J. C. L. (eds.) *Fertilidade do solo*. Viçosa: SBCS. 65-90.
- Novaes, A. P. S., Machado, J. P., Braulio, C. S., Oliveira, L. P., Novaes, A. C. S., Silva, L. C. V., & Quintela, M. P. (2021). Fontes de adubação orgânica no consórcio de coentro e rúcula em Cruz das Almas-BA. *Research, Society and Development*, 10(13): 1-10.
- Oliveira, L. A. A., Bezerra Neto, F., Silva, M. L., Oliveira, O. F. N., Lima, J. S. S., Barros Junior, A. P. (2015). Viabilidade agrônômica de policultivos de rúcula/cenoura/alface sob quantidades de flor-de-seda e densidades populacionais. *Revista Caatinga*, 28(2): 116-126.
- Paiva, A. C. C., Linhares, P. C. F., Maracajá, P. B., Pereira, M. F. S., & Silva, E. B. R (2013). Rabanete em sucessão aos cultivos de cenoura e coentro em sistema orgânico de produção. *Agropecuária Científica do Semiárido*, 9(1): 88-93.
- Ramalho, W. B. (2015). Consórcio de coentro com beterraba, adubos com doses de jitrana, combinada com esterco bovino no desempenho agroeconômico/Coriander intercropping with beets fertilized with combined hairy woodrose with cattle manure in agroeconomic performance. Dissertation (Mestrado em sistemas agroindustriais), Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Pombal, 75 f.
- Rêgo, L. G. S., Martins, C. M., Silva, E. F., Silva, J. J. A., & Lima, R. N. S. (2016). Pedogênese e classificação de solos de uma fazenda experimental em Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. *Revista Caatinga*, 29(4):1036-1042.
- Silva, I. N. (2013). Bicultivo de alface consorciada com beterraba sob diferentes quantidades de Jitirana incorporadas ao solo e arranjos espaciais. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitotecnia), Universidade Federal Rural do SemiÁrido (UFERSA), Mossoró-RN. 73p.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2017). *Plant Physiology*, 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 719p.


Productivity of mint fertilized with a mixture of jitirana (*Merremia aegyptia* L.) and mata-pasto (*Senna uniflora* L.)


Recebido em: 16/01/2023

Aceito em: 17/01/2023

 10.46420/9786581460761cap9


Paulo César Ferreira Linhares^{1*} 


Roberto Pequeno de Sousa² 

Janilson Pinheiro de Assis² 

Lunara de Sousa Alves³ 

Eudes de Almeida Cardoso² 

Lucas Vinícius Cunha Lobato⁴ 

Antônia Adriana Silva Mesquita³ 

INTRODUCTION

An activity quite developed in family farming consists of the production of vegetables and medicinal plants in a diversified way, products destined for commercialization and subsistence. This production takes place in small areas with low technological levels. Despite the limitations imposed on the farmer, he works in harmony with nature, seeking to preserve natural resources.

Within the genus *Mentha*, belonging to the family Lamiaceae, *Mentha arvensis* and *Mentha piperita* stand out and are popularly known, mainly for the commercial exploitation of essential oil extracted from its aerial part and for medicinal use in the combat of stomach disorders, respiratory apparatus and intestinal parasites (Chagas et al., 2011).

In Brazil, the genus *Mentha* is widely used for medicinal and food purposes (Lorenzi; Matos, 2002). One of the factors that interferes with the production of essential oil is soil fertility, since the nutritional conditions of the soil are essential for the balance between the accumulation of biomass and the production of oils in the *Mentha* culture (Valmorbida; Boaro, 2007).

¹ PhD Researcher at the Federal Rural University of the Semi-Arid, Jitirana Research Group, Mossoró, RN, Brazil.

² Professor Professor and PhD at the Federal Rural University of the Semi-Arid, Jitirana Research Group, Mossoró, RN, Brazil.

³ Researcher, doctor of the jitirana research group, Federal Rural University of the Semiarid, Mossoró, RN, Brazil.

⁴ Agronomist engineer and member of the Jitirana research group, Federal Rural University of the Semiarid, Mossoró, RN, Brazil.

⁵ Agronomy student and member of the Jitirana research group, Federal Rural University of the Semiarid, Mossoró, RN, Brazil.

* Autor(a) correspondente: paulolinhares@ufersa.edu.br

Among farmers working in the family production system, the presence of this species in their production areas is very common, considering their use in folk medicine as well as in cooking. Its production occurs in organic systems on the farms of family-based farmers who cultivate sustainably for consumption and commercialization (Linhares et al., 2018).

A very important factor is the time of harvest, and care should be taken to do so at the ideal time to avoid interfering with the production and yield of the essential oil. To obtain high levels of essential oil, it is preferable to collect plants in the morning, as the period of exposure to the sun can cause an important quantitative loss of the essential oil existing in the plant.

Veronese et al. (2001) stated that mint and mint oil yield are modified by biotic and abiotic factors. This statement is supported by some agronomic studies recorded in the literature, especially those investigating the influence of fertilization on the development of this species. Organic fertilization represents a nutrient source for plants that helps to improve the physical, chemical and biological structure of the soil in addition to providing adequate nourishment.

In the region of Mossoró-RN, Brazil, the most commonly used fertilizer source is cattle manure, which limits production, given that farmers do not always have this resource available, contributing to the increase in production costs (Linhares et al., 2012; Linhares et al., 2014). Thus, the use of plant species as green manuring promotes benefits for the whole system. Additionally, it guarantees farmer success in production and optimization of the resources used (Linhares, 2013).

Legumes are the most commonly used plants for green manuring because they contain a high percentage of phosphorus, potassium, calcium, and mainly nitrogen, given the symbiotic N fixation by the bacteria belonging to the genus *Rhizobium* that develop in its roots (Tavares Junior et al., 2016). However, species from other families may be used.

Within this context, jitrana (*Merremia aegyptia* L.), which is a spontaneous species of the caatinga biome, semiarid region of northeastern Brazil and frequent during the rainy season, is an herbaceous species belonging to the Convolvulaceae family, with green and dry biomass production on the order of 42000 and 6000 kg ha⁻¹, respectively, an average nitrogen content of 22.2 g kg⁻¹ as dry matter, and a carbon/nitrogen ratio of 18/1, making the species feasible for use as a rapid decomposing quantity straw-based green manuring (Linhares et al., 2021; Linhares, 2013). For the forest crop mata-pasto (*Senna uniflora* L.) nitrogen content is 18.5 g kg⁻¹ and carbon-nitrogen ratio of 25/1, with green biomass production of 35.0 t ha⁻¹ and dry mass of 8.7 t ha⁻¹.

Jitrana (*Merremia aegyptia* L.) is a spontaneous species that occurs in the semiarid regions of Brazil and is used as a green manure in vegetable crops, such as coriander (Linhares et al., 2018; Linhares 2009a; Linhares et al., 2009b; Linhares et al., 2012a; Linhares et al., 2012b; Linhares et al., 2012c; Linhares et al., 2011), arugula (Linhares et al., 2008), radish (Linhares, 2013; Linhares et al., 2010) and carrot (Linhares et al., 2014).

Studies have shown that spontaneous species of the Caatinga biome may present the same performances of leguminosae as green manuring (Linhares et al., 2021; Linhares et al., 2011b and Linhares et al., 2009b).

Given the importance of using spontaneous species from the semiarid region as organic fertilizer, the objective was to evaluate the productivity of mint fertilized with a mixture of jiterana and pasture.

MATERIALS AND METHODS

Characterization of the Experimental Area

The study was conducted in the research area of the Rafael Fernandes Experimental Farm of the Federal Rural Semi-Arid University (UFERSA), located in the Alagoinha district, 20 km from the Mossoró-RN, Brazil, municipality (5° 03' 37" S and 37° 23' 50" W, 70 m altitude). The farm comprises approximately 400 hectares (Rêgo et al., 2016). According to Carmo Filho et al. (1995) and the classification of Köppen, the local climate is BSw^h, dry and very hot, the dry season is normally from June to January, and the rainy season is from February to May. The average annual rainfall is 673.9 mm, and the average relative humidity is 68.9%. The soil of the research area was classified as sandy loam Argisol Yellow Red Latosol (EMBRAPA, 2006).

Before the installation of the field experiment, soil samples were collected to a 0-20 cm layer and then sent to be processed and analyzed in the UFERSA Water, Soil and Plant Analysis Laboratory, providing the following results: pH (water 1:2,5) = 7.54; exchangeable cations Ca = 3.50 cmol_c dm⁻³; Mg = 0.70 cmol_c dm⁻³; K = 34.5 mg dm⁻³; Na = 11.3 mg dm⁻³; P (Mehlich) = 2.65 mg dm⁻³ and organic matter = 0.85 g kg⁻¹.

Experimental design and treatments

The experimental design used was complete randomized blocks, with six treatments and five replications. The treatments consisted of six amounts of jiterana mixture with carnauba straw (0.0, 1.2, 2.4, 3.6, 4.8 and 6.0 kg m⁻² of beds on a dry basis). Each experimental plot had 42 plants, spaced 1.2 x 1.75 m, with a total area of 2.1 m², a useful area of 1.0 x 1.40 m, 20 plants, and an area of 1.40 m².

The preparation of the ground consisted of the harrowing and preparation of the seedling beds. During the course of the study, manual weeding was performed to keep the crop free from spontaneous weed growth. Before sowing, irrigation was performed to maintain ideal soil moisture conditions for the mineralization process (Novais, 2007).

The propagation of the seedlings was carried out by clipping the apical buds, picked from select *Mentha piperita* plants, and cultivated in expanded polystyrene trays of 128 cells containing a commercially available vermiculite substrate. The seedlings were transplanted after being grown in a greenhouse for 15 days with 50% shading until they reached approximately 10 cm in height.

Jitirana (*Merremia aegyptia* L.) and mata-pasto (*Senna uniflora* L.) were collected from the native vegetation in the vicinity of the campus of UFERSA during the flowering season. At this time, the plants had the maximum concentration of nutrients with chemical properties of the fertilizer mixture of 550 g kg⁻¹ C, 21.0 g kg⁻¹ N, 13.5 g kg⁻¹ P, 20.0 g kg⁻¹ K, 12.0 g kg⁻¹ Ca, and 9.5 g kg⁻¹ Mg, with a carbon/nitrogen ratio of 26:1.

Characteristics evaluated of mint

The harvest was carried out 90 days after the mint transplant, cutting all the plants in the useful area. After harvesting, plants were transported to the PostHarvest of Vegetables Laboratory at the Department of Plant Sciences at UFERSA, where they were analyzed.

For the mint crop, for the culture of mint, the following characteristics were evaluated: biomass height (was measured in the field, in centimeters using a millimeter ruler, ten plants per plot), green mass (was obtained by cutting above ground, was weighed on a precision scale of 1.0 g and expressed as 100 m⁻², corresponding to family farmers cultivating areas in the region of Mossoró-RN, Brazil), number of bunches (was determined by dividing the fresh mass in an area of 100 m² per 100 g, comparable to the weight of a mint bunches sold at the local agroecological fair and on the supermarket shelves in Mossoró-RN and measured in units 100 m⁻²), dry mass (was obtained from a forced-air heating oven at 65 °C, to constant mass and expressed in g 100 m⁻²), oil content (%) and oil yield (g 100 m⁻²).

Peppermint oil extraction

In determining the essential oil content and yield, the Simões et al. (2003) methodology was used. Samples of the aboveground part of the dried plants were subjected to hydrodistillation in a modified Clevenger apparatus for 1.5 h using 600 mL of distilled water in a 1 L distillation flask. The oil content was defined as the ratio between the mass, in grams of essential oil, and the mass of dried leaves, inserted into the distillation flask x 100, expressed in g kg⁻¹ and the oil yield (the oil content (%) x the dry matter (in kg 100 m⁻²) of the area portion divided by 100) was determined.

For the determination of oil content and yield, dry leaves were used, as recommended by Martins (2000), which states that the water content in the leaves, after drying, allows the vapor stream generated in the extractor to remove the volatile substances stored in cells when compared to the green material. Second Guenther (1972), due to the high moisture content in the plants, there is a tendency of agglutination, preventing the vapor from penetrating evenly in the tissues of the plant. To determine the essential oil content and yield, dry mass samples were subjected to hydrodistillation in a modified Clevenger apparatus for 1.5 h using 600 mL of distilled water in a 1 L distillation flask (Simões et al., 2003).

Statistical Analysis

Statistical analysis was performed according to conventional methods of analysis of variance (Banzatto; Kronka, 2006), using ESTAT statistical software. The response curve fitting procedure was performed using the ESTAT Software.

RESULTS AND DISCUSSION

Given the importance of using spontaneous species from the semiarid region as organic fertilizer, the objective was to evaluate the productivity of mint fertilized with a mixture of jitrana and pasture.

The height of mint biomass increased to 6.0 kg m⁻², with a maximum value of 60.56 cm plant⁻¹ (Figure 3). Vicente, Maia and D'Oliveira (2008), when evaluating the production of medicinal plants with filter cake, reached a height greater than 45 cm for mint, a lower result than that obtained in this study. This greater height is probably due to the amount of the mixture of jitrana with mata-pasto, providing better chemical and physical conditions in the soil, favoring the development of the mint.

Amorim et al. (2021) studied the evaluation of different organic substrates in the production of mint biomass (*Mentha piperita* L.), obtained a plant height of 46.5 cm planta⁻¹. Linhares et al. (2018) studied the agronomic efficiency of organic fertilizer in the production of the intercropping of coriander and mint and found a biomass height of 29 cm in the amount of 6.0 kg 2.0 m⁻², which was higher than the data obtained in this study.

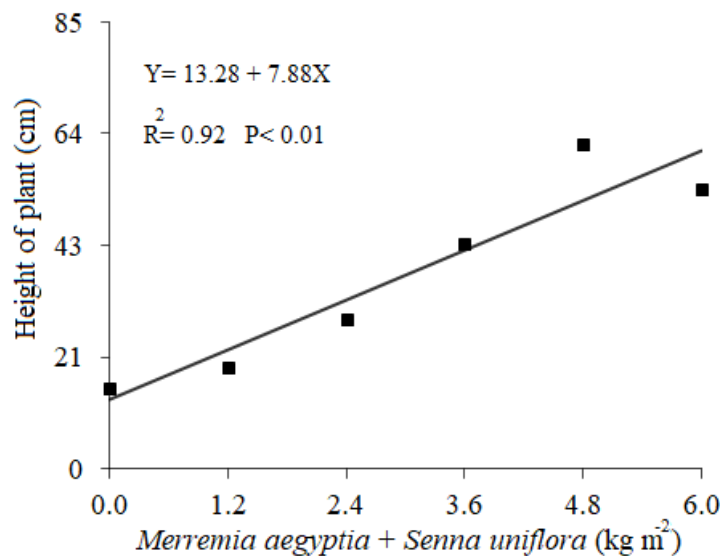


Figure 3. Mint plant height under different amounts of the mixture of jitrana (*Merremia aegyptia* L.) with mata-pasto (*Senna uniflora* L.).

There was an increase of 179 g/100 m² between the smallest amount (0 kg m⁻²) and the largest (4.8 kg m⁻²) with a maximum value of 200 kg 100 m⁻², in the amount of 4.8 kg m⁻², equivalent to 1998 units/100 m² (Figures 4 and 5), evidencing the effectiveness of the mixture of spontaneous species from the semiarid region as organic fertilizer. Linhares et al. (2008) stated that the increase in the

production of phytomass results from a decrease in the nitrogen content through the dilution process, which possibly occurred in the present research. Cunha et al. (2018) reported the agronomic efficiency of different quantities of jitirana {*Merremia aegyptia* (L.) Urb.} mixed with cattle manure in the intercropping of coriander with mint, with a green mass of 56.4 kg 100 m⁻² in a quantity of 3.0 kg m⁻², lower than that in the present study.

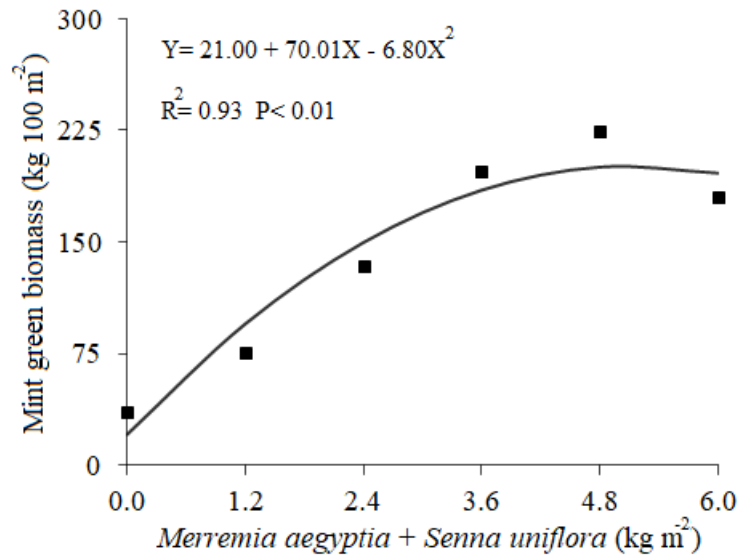


Figure 4. Production of mint biomass under different amounts of the mixture of jitirana (*Merremia aegyptia* L.) with mata-pasto (*Senna uniflora* L.).

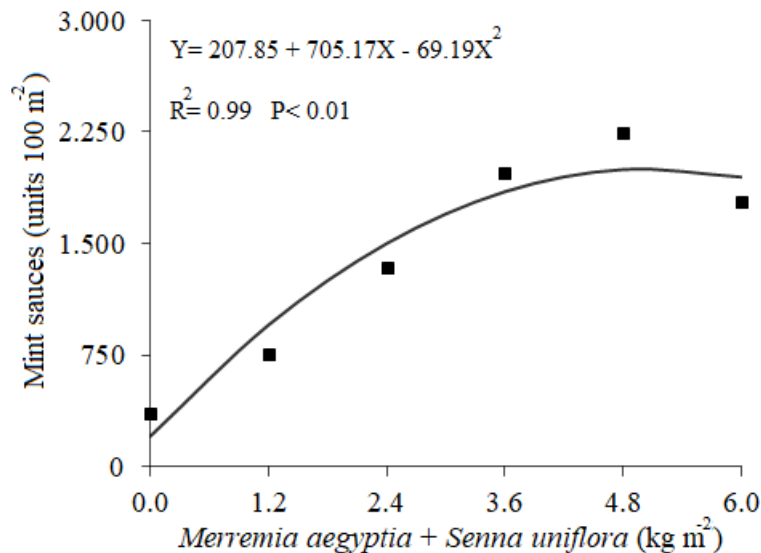


Figure 5. Number of bunches of mint under different amounts of the mixture of jitirana (*Merremia aegyptia* L.) with mata-pasto (*Senna uniflora* L.).

Linhares et al. (2018) studied the agronomic efficiency of organic fertilizer in the production of the intercropping of coriander and mint, green mass production and number of bunches of 3.94 kg 2.0 m⁻² and 39.4 units 2.0 m⁻², equivalent to 1.97 kg m⁻² and 19.7 units m⁻², respectively, which were higher

than the data obtained in this study. Vicente et al. (2008) studied the production of medicinal plants with filter cake and found a production of 400 g m⁻² mint biomass, equivalent to 0.4 kg m⁻² corresponding to 4.0 bundles, which was higher than the data obtained in this study. This inferiority is probably because the mint harvest was carried out 240 days after planting, causing leaf senescence, with reduced green mass production of the plant. Amorim et al. (2021) studied the evaluation of different organic substrates in the production of mint biomass (*Mentha piperita* L.), obtained a fresh mass on the order of 130.28 g. Guerra et al. (2015) studied the intercropping of lettuce with medicinal plants in Amazonian conditions and found fresh peppermint masses of 0.55 and 0.33 kg m⁻² in single and intercropping cultivation, respectively, which was inferior to the results of this research.

For mint dry mass, there was a point of maximum production with the application of 4.8 kg m⁻², with a maximum value of 26.3 kg/100 m² (Figure 6). The dry mass is an important characteristic for growth analysis. Lower behavior was observed by Vicente et al. (2008), who studied the production of medicinal plants with filter cake and found a dry biomass of mint of 100 g m⁻². Cunha et al. (2018) reported the agronomic efficiency of different quantities of jitrana mixed with cattle manure in the intercropping of coriander with mint, with a dry mass of 6.56 kg 100 m⁻² and a quantity of 3.0 kg m⁻², which was lower than that in the present study.

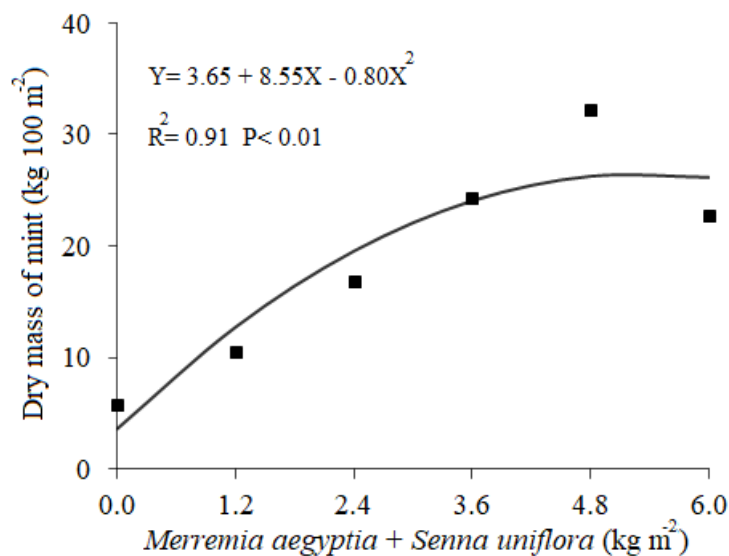


Figure 6. Mint dry mass under different amounts of the mixture of jitrana (*Merremia aegyptia* L.) with mata-pasto (*Senna uniflora* L.).

The essential oil content increased as a function of the different amounts of the mixture of jitrana with mata-pasto, with a maximum value of 2.36 g kg⁻¹ and oil production of 454.35 g/100 m², in the amount of 6.0 kg m⁻² of jitrana with pasture (Figures 7 and 8). The essential oil content is a genetic characteristic and is independent of the amount of biomass produced by the plant. The essential oil content is a genetic characteristic and independent of the amount of biomass produced by the plant, making it more difficult to change when comparing the yield of essential oil (Oliveira, 2011).

Cunha et al. (2018) reported the agronomic efficiency of different quantities of jitirana mixed with cattle manure in the intercropping of coriander with mint, with an oil yield of 57.4 g 100 m⁻² at a quantity of 3.0 kg m⁻², which was lower than that in the present study. Santos (2013) studied the biomass production, content and composition of the essential oil of *Mentha spicata* under organic production and found an oil content of 0.96%, equivalent to 9.6 g kg⁻¹, which was higher than that in this research. Linhares et al. (2018) studied the agronomic efficiency of organic fertilizer in the production of the intercropping of coriander and mint and found an oil content of 2.1 g kg⁻¹, which is small for this research. The inferiority is possibly due to the smaller amount of fertilizer used compared to the present work.

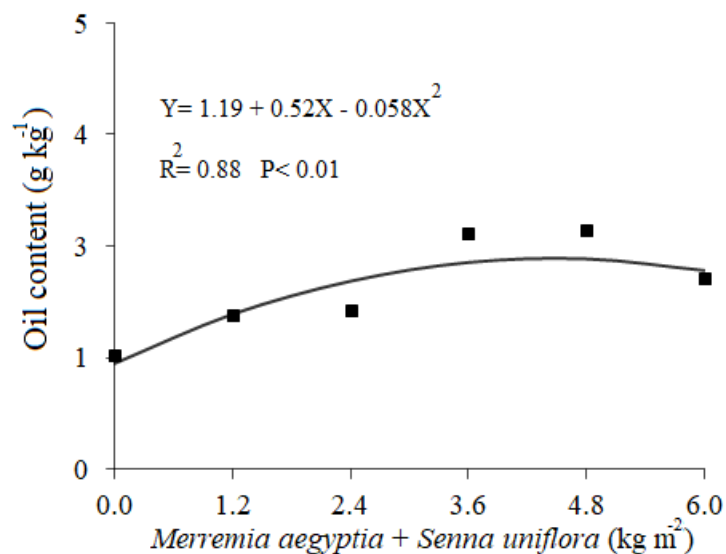


Figure 7. Peppermint essential oil content under different amounts of the mixture of jitirana (*Merremia aegyptia* L.) with mata-pasto (*Senna uniflora* L.).

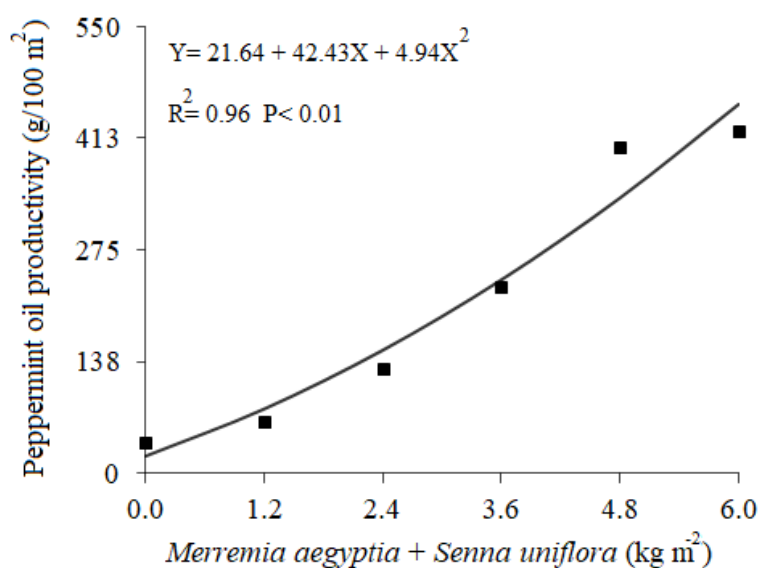


Figure 8. Essential oil production under different amounts of the mixture of jitirana (*Merremia aegyptia* L.) with mata-pasto (*Senna uniflora* L.).

FINAL CONSIDERATIONS

The best productive performance referred to biomass production, number of bunches, oil content and production, with values of 4.8, 4.8, 4.8 and 6.0 kg m⁻² for the mixture of jitirana with mata-pasto, respectively, with values of 200 kg/100 m², 1998 units/100 m², 2.36 g kg⁻¹ and 454.35 g/100 m², respectively.

The use of spontaneous species from the semiarid region as an organic fertilizer was efficient in fertilizing the soil and providing an increase in mint characteristics.

ACKNOWLEDGMENT

Special thanks to the jitirana (*Merremia aegyptia* L.) research group, committed to the study of spontaneous species from the semiarid region as green manure in olerícolas, beyond the Department of Agronomic and Forestry Sciences the Federal Rural SemiArid University (UFERSA), for support in conducting research.

REFERENCES

- Amorim, E. L., Silva, F., Castro Neto, M. T., Alves, L. S., & Oliveira, M. E. F. (2021). Avaliação de diferentes substratos orgânicos na produção de biomassa do hortelã (*Mentha piperita* L.). *Latin American Journal of Development*, 3(5): 3313-3319.
- Carmo Filho, F., & Oliveira, O. F. (1995). Mossoró: um município do semiárido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico. Mossoró: ESAM, (Coleção Mossoroense, Série B) 62p.
- Chagas, J. H., Pinto, J. E. B. P., Bertolucci, S. K. V., Santos, F. M., Botrel, P. P., & Pinto, L. B. B. (2011). Production of Japanese mint in relation to organic fertilization during planting and cover. *Horticultura Brasileira*, 29(3): 412-417.
- Cunha, L. M. M., Linhares, P. C. F., Neves, A. P. M., Almeida, A. M. B., Pereira, M. F. D., Assis, J. P., Sousa, R. P., & Alves, L. S. (2018). Agronomic efficiency of different quantities of jitirana mixed with cattle manure in the intercropping of Coriander with mint. *International Journal of Development Research*, 8(2): 18786 – 18792.
- Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária – Embrapa (2006). Brazilian system of soil classification (Sistema brasileiro de classificação de solos). 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 306p.
- Guenther, E. (1972). *The essential oils* (6th ed., p. 63). Huntington, N.Y.: R.E. Krieger.
- Guerra, A. M. N., Ferreira, J. B. A., Lima, T. C., Costa, A. C. M., & Tavares, P. R. F. (2015). Cultivo consorciado de alface com plantas medicinais nas condições amazônicas. *Revista Agrarian*, 8, 369-375.
- Jandel Scientific (1991). *Table Curve: Curve Fitting Software: Jandel Scientific*, 280 p.
- Kronka, S. N., & Banzato, D. A. (1995) *Estat: sistema para análise estatística. Versão 2. 3.ed.* Jaboticabal: Funep, 243 p.


- Linhares, P. C. F. (2009a). Vegetação espontânea com adubo verde no desempenho agroeconômico de hortaliças folhosas. Departamento de Ciências Agronômicas e Florestais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (Tese), Mossoró. 109p.
- Linhares, P. C. F. (2013). Adubação verde como condicionadora do solo. *Revista Campo e negócios*. 11(127): 22-23.
- Linhares, P. C. F., Assis, J. P., Sousa, R. P., Sá, J. R., Pereira, M. F. S., Ramalho, W. B., Silva, R. I. G., Silva, R. A., & Pereira, K. L. V. (2018). Optimized amount of hairy woodrose (*Merremia aegyptia* L.) in the productivity of coriander cultivars. *Bulgarian journal of Agricultural Science*. 24(4): 654-659.
- Linhares, P. C. F., Lima, G. K. L., Madalena, J. A. S., Maracajá, P. B., & Fernandes, P. L. O. (2008). Adição de jitrana ao solo no desempenho de rúcula cv. Folha Larga. *Revista Caatinga*. 21(5): 89-94.
- Linhares, P. C. F., Maracajá, P. B., Liberalino Filho, J., Assis, J. P., Sousa, R. P., & Medeiros, A. C. (2021). Jitrana (*Merremia aegyptia* L Urban) [livro eletrônico]: Potencialidade de uso como espécie espontânea do semiárido na adubação verde de hortaliças. In: Linhares, P. C. F., Cunha, L. M. M., Silva, N. V., Neves, A. M., Medeiros, B. B. M., & Paiva, A. C. Fitomassa verde e seca, teores e acúmulo de macronutrientes da jitrana (*Merremia aegyptia* L. Urban) em diferentes estádios fenológicos— Nova Xavantina, MT: Ed. Pantanal. 96p. Cap. 2, p.24-45.
- Linhares, P. C. F., Maracajá, P. B. M., Pereira, F. S., Assis, J. P., & Sousa, R. P. (2014). Roostertree (*Calotropis procera*) under different amounts and periods of incorporation on yield of coriander. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 9(3): 07-12.
- Linhares, P. C. F., Pereira, M. F. S., Assis, J. P., & Bezerra, A. K. H. (2012a). Quantidades e tempos de decomposição da jitrana no desempenho agrônômico do coentro. *Ciência Rural*. 42(2): 243-248.
- Linhares, P. C. F., Pereira, M. F. S., Dias, M. A. V., Holanda, A. K. B., & Moreira, J. C. (2012c). Rendimento de coentro (*Coriandrum sativum* L.) em sistema de adubação verde com a planta jitrana (*Merremia aegyptia* L.). *Revista Brasileira Plantas Mediciniais*. 14(5): 143-148.
- Linhares, P. C. F., Pereira, M. F. S., Oliveira, B. S., Henriques, G. P. S. A., & Maracajá, P. B. (2010). Produtividade de rabanete em sistema orgânico de produção. *Revista verde*, 5(5): 94-101.
- Linhares, P. C. F., Silva, M. L., Bezerra, A. K. H., Silva, J. S., & Silva, U. L. (2009b). Avaliação da decomposição da jitrana em cobertura no desempenho agrônômico de rúcula. *Revista Caatinga*. 22(3): 1983 -2125.
- Linhares, P. C. F., Silva, M. L. S., Pereira, M. F. S., Bezerra, A. K. H., & Paiva, A. C. C. (2011). Quantidades e tempos de decomposição da flor-de-seda no desempenho agrônômico do rabanete. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*. 6(1): 168-173.
- Linhares, P. C. F., Sousa, A. J. P., Pereira, M. F. S., Alves, R. F., & Maracajá, P. B. (2012b). Proporções de jitrana (*Merremia aegyptia* L) com flor-de-seda (*Calotropis procera*) no rendimento de coentro. *Agropecuária científica no Semiárido*. 8(4): 44-48.

- Lorenzi, H., & Matos, F. J. A. (2002). Medicinal Plants in Brazil native and exotic. *Plantas Mediciniais no Brasil nativas e exóticas*. Ed. Instituto Plantarum, Nova Odessa: 250 – 251.
- Martins, P. M. (2000). Influência da temperatura e velocidade do ar de secagem no teor e na composição química do óleo essencial de capim limão (*Cymbopogum citratus* (D.C.) STAPF) (Dissertação Mestrado, Área de Concentração em Plantas Mediciniais, Departamento de Engenharia Agrícola, Plantas Mediciniais, Universidade Federal de Viçosa).
- Novais, R. F. (2007). Fertilidade do solo. In: Meurer, E. J. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Viçosa: SBCS, p. 65-90.
- Oliveira, A. R. M. F. (2011). Produção de óleo essencial de mentha x piperita var. citrata sob diferentes condições de manejo. Dissertação (Mestrado em Produção vegetal) Universidade Estadual de Santa Cruz. Ilhéus-BA, p.83.
- Rêgo, L. G. S., Martins, C. M., Silva, E. F., Silva, J. J. A., & Lima, R. N. S. (2016). Pedogênese e classificação de solos de uma fazenda experimental em Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. *Revista Caatinga*. 29(4):1036-1042.
- Santos, G. A., Brezan, M. A., & Serra, L. Z. (2013). Influência do cultivo na produção de biomassa, teor e composição do óleo essencial de *Mentha spicata*. *Sabios: Ver. Saúde e Biol*, 8(3):19-25.
- Simões, C. M. O., Shenkel, E. P., Gosmann, G., Mello, J. C. P., Mentz, L. A., & Petrovick, P. R. (2003). *Farmacognosia: da planta ao medicamento*. 5.ed. Porto Alegre/Florianópolis: Editora da UFRGS/Editora da UFSC: 615-656.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2009). *Plant Physiology*, 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 719 p.
- Tavares Júnior, J. B. (2016). Produção de fabáceas para adubação verde no município de Lagoa Seca, PB. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agroecologia)- Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, 24p.
- Valmorbida, J., & Boaro, C. S. F. (2007). Growth and development of *Mentha piperita* L. in nutrient solution as affected by rates of potassium. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 50 (3): 379-384.
- Veronese, P., Li, X., Niu, X., Weller, S. C., Bressan, R. A., & Hasegava, P. M. (2001). Bioengineering mint crop improvement. *Plant cell, Tissue and Organ Culture*. 64(2): 133-144.
- Vicente, E. C., Maia, E., & Oliveira, P. S. (2008). Production of medicinal plants fertilized with filter cake. (Produção de plantas medicinais adubadas com torta de filtro). *Iniciação Científica CESUMAR*. 10(1): 07-12.

Aspectos fenológicos e síndromes de dispersão e polinização de espécies florestais em projetos de restauração ecológica na Mata Atlântica

Recebido em: 12/11/2022

Aceito em: 21/11/2022

 10.46420/9786581460761cap10


Marília Isabelle Oliveira da Silva^{1*} 

Luiz Carlos Marangon² 

Ana Lícia Patriota Feliciano² 

Maria da Penha Moreira Gonçalves² 

Marília Alves Grugiki³ 

Everson Batista de Oliveira⁴ 

INTRODUÇÃO

Na busca de atingir o principal objetivo da restauração florestal, que é a formação de uma floresta autosustentável semelhante aos ecossistemas nativos da fitofisionomia, e adequar a necessidade dessa restauração com custos de implantação e manutenção, um conjunto de estratégias de restauração têm sido utilizadas (Leal Filho et al., 2013; Klippel et al., 2015; Bechara et al., 2016). A escolha dos métodos de restauração a serem utilizados em determinada situação, poderá ser norteado não apenas por fatores ecológicos e ambientais da área, como também por fatores econômicos e até sociais, indo desde modelos mais simples e intuitivos, sem interferência humana, até ações essencialmente antrópicas de restauração (Calmon, 2021).

Atualmente, tem-se associado a definição das estratégias de restauração conforme o grau de intervenção humana – havendo a restauração passiva e a restauração ativa (Brancalion et al., 2015). No Brasil, no caso da restauração ativa, o plantio total em áreas degradadas é o principal exemplo, sendo um método bastante utilizado principalmente em áreas muito degradadas e em paisagens altamente fragmentadas. Como muitas áreas a serem restauradas apresentam baixa resiliência (local e paisagem), poucos fragmentos remanescentes e, na maioria, muito degradados, o uso dessa técnica tem sido uma alternativa para tentar iniciar um processo de restauração (Martins, 2014; Manguiera et al., 2019), sendo exigido, inclusive, pelos órgãos fiscalizadores com a ideia de ser a estratégia que apresenta os resultados mais rápidos.

A premissa básica do plantio de mudas em área total é que ele seja capaz de formar uma fisionomia florestal no menor tempo possível, recobrando a área degradada para que as gramíneas agressivas sejam

¹ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais – UFRPE/PPGCF.

² Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Ciência Florestal – UFRPE/DCFL.

³ Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias – UFAL/CECA.

⁴ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Colégio Agrícola Dom Agostinho Ikas – UFRPE/CODAI.

* Autora correspondente: marilia.iosilva@gmail.com

controladas com o sombreamento e para que a sucessão florestal seja favorecida, com a criação de um ambiente adequado para a regeneração (Brancalion et al., 2015).

Nesse contexto, há uma ampla discussão sobre a importância da seleção de espécies utilizadas na restauração. Recomenda-se adotar critérios básicos como: plantar espécies nativas com ocorrência na mesma bacia hidrográfica ou região/Bioma, inserir o maior número possível de espécies para gerar alta diversidade, com mudas oriundas de sementes obtidas em várias matrizes para garantir a diversidade genética, utilizando combinações de espécies pioneiras e não pioneiras e que sejam atrativas a fauna (Rodrigues et al., 2009; Martins, 2014).

Considerando que o conhecimento florístico e fitossociológico das florestas tropicais e o estudo da fenologia e das interações das plantas com os animais (polinização e dispersão, por exemplo) contribuem para a compreensão da estrutura e da dinâmica das comunidades e seu processo de regeneração (Kinoshita et al., 2006), infere-se que estas constituem também importantes ferramentas para a conservação das áreas naturais e, principalmente, para o planejamento da restauração ecológica.

A fenologia é o estudo dos eventos recorrentes do ciclo de vida das plantas, contribuindo para o entendimento dos seus padrões reprodutivos (floração e frutificação) e vegetativos (brotação e queda de folhas) (Almeida et al., 2015). O conhecimento sobre fenologia, em suma, permite avaliar a disponibilidade de recursos ao longo do ano. Ter informações sobre a floração e frutificação possibilita prever os períodos de reprodução das plantas, seus ciclos de crescimento e outras características de grande valia, seja para o manejo ou para restauração florestal. No entanto deve-se considerar que há mecanismos que regulam os ritmos reprodutivos e vegetativos das plantas, tendo sido discutidos por vários autores (Staggemeier; Morellato, 2011; Kutt et al., 2016). Além dos fatores endógenos que determinam a periodicidade dos ciclos nas plantas, os fatores externos (bióticos e abióticos) que interagem com elas, determinam o momento mais eficiente de crescimento e reprodução (Bencke, 2005; Homem, 2011).

Morellato et al. (2013) ressaltaram que, aumentando a compreensão sobre os padrões fenológicos das espécies arbóreas nos ecossistemas naturais, bem como das interações da fauna com as plantas, é possível gerar conhecimento para programas de conservação de recursos genéticos e de áreas silvestres. Tal conhecimento pode determinar estratégias de coleta de sementes e disponibilidade de frutos, o que influenciará a qualidade e quantidade da dispersão das sementes, contribuindo para diversas ações ecológicas (Mariot et al., 2003).

As relações entre as plantas e seus agentes polinizadores e dispersores são de grande importância para a estruturação das comunidades, pois tais interações podem interferir na riqueza, distribuição espacial e abundância das espécies (Giehl et al., 2007; Reis et al., 2012). Além disso, tais mecanismos são processos ecológicos essenciais, que interferem na movimentação e intercâmbio de material genético dentro e fora das populações, bem como, afetam diretamente o sucesso reprodutivo das plantas, podendo sua ruptura levar a perda de espécies vegetais (Jordano et al., 2006; Almeida et al., 2008).

Considerando que para os processos de recuperação da resiliência ambiental os polinizadores tem um papel insubstituível, garantindo a formação de sementes e de fluxo gênico dentre as espécies (Reis et al., 1999) entende-se que planejar as ações de restauração considerando também a síndrome de polinização das espécies é de suma importância. Cada característica floral é interpretada como adaptações para atrair e explorar certos tipos de polinizadores e excluir outros; e o conjunto destas características compõe a síndrome de polinização.

A implicação de uma síndrome para uma determinada espécie se deve pelo fato da planta apresentar características morfológicas, sensoriais, nutricionais e comportamentais que são especializadas para certo tipo de polinizador, ou seja, para cada espécie encontrada florescendo observa-se a forma, cor e simetria da corola, tipo de recompensa floral e sistema sexual (Real, 1983). De acordo com Machado e Lopes (2004) a utilização do conceito de síndromes constitui um guia importante para estudar a ecologia reprodutiva das espécies, permitindo interpretações sobre elas.

Apesar da grande relevância ecológica para a sustentabilidade do ambiente em restauração, as características discutidas acima nem sempre são consideradas na prática de seleção das espécies quando se elabora projetos visando à restauração florestal. Assim sendo, almejou-se com esta revisão verificar a fenologia da floração e frutificação e as síndromes de polinização e dispersão de espécies florestais utilizadas em projetos de restauração, evidenciando a possibilidade de atração e, principalmente, a manutenção de polinizadores e dispersores nas áreas durante o ano, trazendo uma análise crítica a cerca das espécies arbóreas selecionadas para compor três projetos de restauração desenvolvidos na Mata Atlântica de Pernambuco.

MATERIAL E MÉTODOS

Para realização da presente análise foram selecionados estudos acadêmicos na área de restauração florestal que traziam a lista de espécies utilizadas no início do plantio, disponíveis no site do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco (PPGCF/UFRPE). Dos estudos selecionados, dois foram desenvolvidos como pesquisa de tese (Oliveira, 2014; Couto, 2014), apresentando todos os dados da implantação do projeto; e o outro foi um estudo que monitorou as áreas onde a restauração foi iniciada (Lira, 2011), mas nele estava evidente as espécies que foram plantadas no início do projeto. E em todos os projetos analisados, a informação a respeito dos grupos sucessionais esteve presente juntamente com a lista de espécies, porém informações como as inerentes as características fenológicas que serão discutidas neste estudo foram coletadas através de uma ampla pesquisa bibliográfica.

A partir da seleção de três projetos de restauração florestal foi iniciada então a busca pela identificação das características das espécies utilizadas no plantio. Para possibilitar a classificação das espécies quanto a síndrome de dispersão, polinização e épocas de floração e frutificação selecionou-se

apenas as espécies que estavam completas, ou seja, aquelas que estavam explícitas a nível de família ou gênero foram desconsideradas pois não seria possível classificá-las com confiabilidade.

A síndrome de dispersão foi classificada com base na proposta de Pijl (1982), sendo as espécies consideradas: a) Anemocóricas: quando os diásporos são dispersos pelo vento (com asas ou pelos); b) Autocóricas: plantas que possuem mecanismos de explosão dos frutos e expulsão da semente; c) Zoocóricas: quando os diásporos são dispersos por animais (geralmente carnosos, como bagas e drupas, ou com apêndice carnosos).

Em relação à síndrome de polinização, as espécies foram caracterizadas com base nos critérios propostos por Faegri e Pijl (1979) e Real (1983), através de uma extensa consulta à literatura. Assim, foram classificadas em: a) Anemofilia (vento); b) Cantarofilia (besouros); c) Falenofilia (mariposas); d) Miofilia (moscas); e) Melitofilia (abelhas), f) Ornitofilia (aves); g) Psicofilia (borboletas); h) Quiropterofilia (morcegos); e i) Não especializadas (quando polinizadores são pequenos insetos que visitam flores morfologicamente pouco especializadas).

O período das fenofases (floração e frutificação) de cada espécie foi obtido através da pesquisa em vários estudos sobre fenologia. Cabe ressaltar que foi observada, algumas vezes, uma variação nas épocas de floração/frutificação de determinadas espécies e quando isso aconteceu deu-se prioridade ao período identificado no estudo que foi desenvolvido em áreas de Mata Atlântica do nordeste. Cabe salientar também que, esses períodos são influenciados por fatores bióticos e abióticos e com isso é muito variável, logo, apesar de feita esta classificação infere-se que o ideal seria obter os dados apenas de áreas próximas aos locais do projeto, no entanto, a escassez de estudos neste sentido é um fator limitante.

A seguir será apresentada e discutida a escolha das espécies que compuseram projetos de restauração de áreas de Mata Atlântica no estado de Pernambuco, implantados entre 2007 e 2011. Todos utilizaram a técnica do plantio direto com espécies arbóreas, sendo a maioria delas nativas do Bioma da região. Indica-se que as referências utilizadas para classificar as espécies encontram-se apresentadas no final deste documento, seguindo a mesma numeração referenciada nas tabelas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussão sobre a fenologia de floração e frutificação, síndrome de dispersão e síndrome de polinização das espécies arbóreas estão explícitos de acordo com cada projeto analisado, apresentados a seguir.

Projeto 1: Restauração florestal na margem esquerda do reservatório do Siriji, bacia do Rio Goiana, no município de Vicência – Pernambuco. Ano de implantação: 2007

Tabela 1. Lista de espécies implantadas no projeto de restauração do reservatório de Siriji, em de Vicência – Pernambuco (em que: SD: síndrome de dispersão, zoo: zoocórica, aut: autocórica, ane: anemocórica; SP: síndrome de polinização, ane: anemofilia, cant: cantarofilia, fal: falenofilia, mel: melitofilia, mio: miofilia, orn: ornitofilia, psi: psicofilia, qui: quiropterofilia, nesp: não especializadas; FLOR: época de floração; FRUT: época de frutificação; REF: referência bibliográfica). Fonte: os autores.

FAMÍLIA/ESPÉCIE	SD	SP	FLOR	FRUT	REF
Anacardiaceae					
<i>Tapirira guianenses</i> Aubl.	zoo	mel, mio	ago-dez	jan-mar	7, 10, 12, 16, L1
Annonaceae					
<i>Xylopia frutescens</i> Aubl.	zoo	nesp	out-dez	jul-set	4, 22, L2
Apocynaceae					
<i>Himatanthus phagedaenicus</i> (Mart.) Woodson	aut	-	out-mai	mar-mai	L3
Araliaceae					
<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire et al.	zoo	mel	mai-jul	jul-out	1, 7, 19
Bignoniaceae					
<i>Tabebuia cassinoides</i> (Lam.) DC.	ane	-	jul-jan	out-mar	12, L1
Burseraceae					
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	zoo	mel, nesp	ago-out	nov-dez	1, 4, 6, 8, 17, L1
Chrysobalanaceae					
<i>Licania tomentosa</i> (Benth.) Fritsch	zoo	mel	jun-ago	jan-mar	18, L1
Euphorbiaceae					
<i>Mabea occidentalis</i> (Benth.) Müll.Arg	aut	-	-	-	1, 4
Fabaceae					
<i>Albizia pedicellaris</i> (DC.) L.Rico	aut	-	dez-fev	set-out	4, L2
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	ane, aut	mel	dez-fev	jan-jul	7, 11, 13, 19
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	ane	mel	set-jan	dez-mar	6, 7, L1
<i>Libidibia ferrea</i> (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz	aut	mel, nesp	nov-jan	fev-jun	2, 11, 19
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	aut, zoo	qui, orn	set-dez	jul-ago	13, 11, 19, L1
<i>Dialium guianense</i> (Aubl.) Sandw	zoo	-	nov-mai	fev-out	4, L2
<i>Inga edulis</i> Martius	zoo	mel	out-jan	jan-mar	7, 21, L2
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	zoo	mel	ago-dez	nov-fev	1, 11, L2
<i>Machaerium aculeatum</i> Raddi	ane	mel	nov-fev	abr-jul	3, 15, 18, L1
<i>Pterocarpus violaceus</i> Vogel	ane	mel, nesp	out-dez	mai-jul	4, 19, L1

FAMÍLIA/ESPÉCIE	SD	SP	FLOR	FRUT	REF
<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr.	aut	-	ago-dez	abr-jun	23
Humiriaceae					
<i>Sacoglottis guianensis</i> Benth	zoo	-	jul-set	dez-jan	L2
Melastomataceae					
<i>Miconia minutiflora</i> (DC.) Naudin	zoo	mel	mai-ago	jul-ago	1, 4, 7, 16
Rubiaceae					
<i>Genipa americana</i> L.	zoo	mel	dez-fev	fev-abr	2, 5, 6, 18, 19

Através de convênio com a UFRPE, o governo do estado de Pernambuco iniciou o processo de restauração florestal de um módulo de cinco hectares com a técnica de plantio de espécies arbóreas em linhas de diversidade, situados na margem esquerda do reservatório do Siriji, bacia do Rio Goiana, no município de Vicência, PE.

O acesso a lista de espécie plantadas foi possível através do estudo de Lira (2011), que avaliou a vegetação ciliar em recuperação na barragem do Rio Siriji. O referido estudo, realizado após três anos de implantação do plantio, além dos dados de monitoramento apresenta a lista de espécies que foram utilizadas inicialmente no plantio. Ao todo, haviam 22 espécies identificadas e estas foram classificadas quanto a síndrome de dispersão e polinização, época de floração e de frutificação (Tabela 1).

A análise da composição florística permite inferir que a restauração foi iniciada com 22 espécies, que estão distribuídas em 12 famílias, sendo a Fabaceae aquela com maior número de representantes. A grande maioria das espécies são nativas do Bioma Mata Atlântica, com mais de 50% com síndrome de dispersão zoocórica, seguida pela autocórica (23%) e pela anemocórica (18%), sendo identificado também que 9% das espécies apresentam mais de um tipo de dispersão.

A síndrome de polinização que mais predominou entre as espécies foi a melitofilia, configurando as abelhas como o principal polinizador. Espécies que tem a polinização feita exclusivamente por abelhas representaram 41% da comunidade, mas, cerca de 18% têm as abelhas como um dos seus polinizadores, junto com as moscas e outros pequenos insetos. Apesar da ampla pesquisa realizada, a síndrome de 32% das espécies não foi identificada.

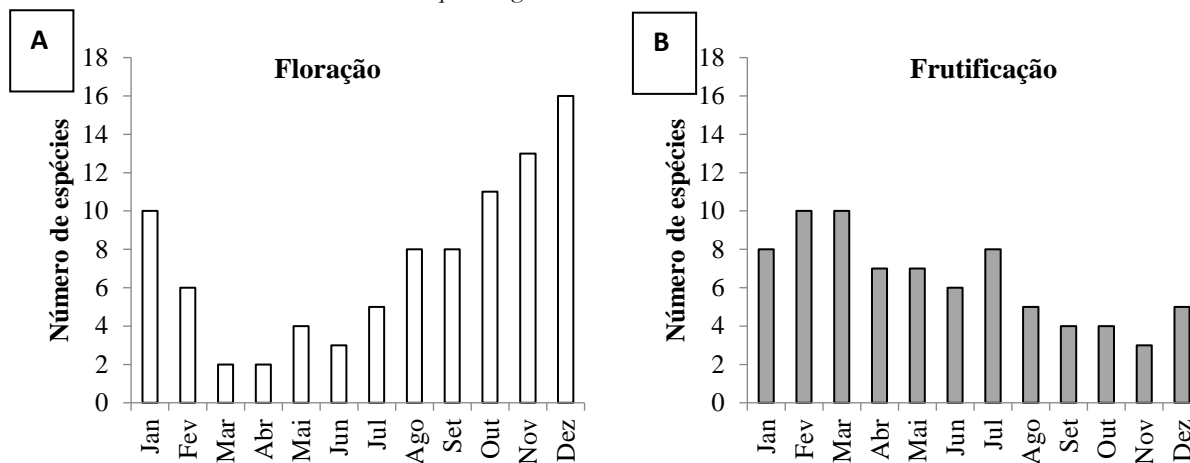


Figura 1. Meses de floração (a) e frutificação (b) das espécies utilizadas no projeto de restauração do reservatório de Siriji, em Vicência – Pernambuco. Fonte: os autores.

Em relação à floração, nota-se que seis espécies apresentam o mesmo período, três de agosto a dezembro e outras três de dezembro a fevereiro. Quando analisado mês a mês, observa-se que há possibilidade de todos os meses alguma espécie estar florescendo (Figura 1a), no entanto, em dezembro, por exemplo, 72% das espécies podem estar emitindo suas flores a atraindo seus polinizadores; já entre os meses de fevereiro a junho há uma quebra considerável, quando poucas espécies poderão estar florindo.

Quanto à época de frutificação, percebe-se que há maior distribuição das espécies ao longo do ano, sugerindo que pode haver frutos maduros por muitos meses (Figura 1b) e assim os animais e a dispersão das sementes são favorecidos. Observa-se que em nenhum mês mais de 50% das espécies estarão frutificando, mostrando um maior equilíbrio quando comparada a floração.

De modo geral, conclui-se que a seleção de espécies para a restauração da margem esquerda do reservatório do Siriji, no município de Vicência – Pernambuco pode ter favorecido o reestabelecimento da diversidade e dos processos ecológicos na área, visto que há disponibilidade de recursos na maior parte do ano, beneficiando a manutenção dos polinizadores, atração da fauna e assim a sustentabilidade da comunidade. Infere-se, contudo, que dependendo da resiliência local, o enriquecimento com espécies de floração prevista para os meses de fevereiro a junho poderia possibilitar maior produção de sementes e, conseqüentemente, favorecer a regeneração natural no ambiente.

Projeto 2: Restauração com plantio de espécies arbóreas em área ciliar de tributário do Rio Cruangi, Zona da Mata Norte de Pernambuco. Ano de implantação: 2011

Oliveira (2014) objetivou implantar e avaliar diferentes técnicas de restauração em áreas ciliares às margens de afluentes do Rio Cruangi. Entre elas, duas técnicas de plantio total foram utilizadas: plantio sucessional e o plantio homogêneo.

O plantio sucessional, conforme nomenclatura utilizada pelo autor, foi instalado em um hectare do Engenho Boa Vista, na Zona da Mata Norte do Estado. De acordo com o autor, foram selecionadas espécies pioneiras e não pioneiras, plantadas em espaçamento 3 x 3 m em maio de 2011. A seleção das espécies foi mediante a disponibilidade de aquisição de mudas e com base em estudos florísticos e fitossociológicos realizados na Região da Zona da Mata Norte do Estado de Pernambuco, em fragmentos de mata ciliar próximos da área do experimento.

Para possibilitar esta análise, foram consideradas as 18 espécies identificadas na lista presente na Tese, as quais foram classificadas e apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Lista de espécies implantadas no projeto de restauração de mata ciliar em tributário do rio Cruangi – Pernambuco (em que: SD: síndrome de dispersão, zoo: zoocórica, aut: autocórica, ane: anemocórica; SP: síndrome de polinização, ane: anemofilia, cant: cantarofilia, fal: falenofilia, mel: melitofilia, mio: miofilia, orn: ornitofilia, psi: psicofilia, qui: quiropterofilia, nesp: não especializadas; FLOR: época de floração; FRUT: época de frutificação; REF: referência bibliográfica). Fonte: os autores.

FAMÍLIA/ESPÉCIE	SD	SP	FLOR	FRUT	REF
Anacardiaceae					
<i>Tapirira guianenses</i> Aubl.	zoo	mel, mio	ago-dez	jan-mar	7, 10, 12, 16, L1
Annonaceae					
<i>Xylopia frutescens</i> Aubl.	zoo	nesp	out-dez	jul-set	4, 22, L2
Bignoniaceae					
<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex A.DC.)	ane	mel	ago-out	set-nov	3, 4, 9, 18, L1
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	ane	mel	mai-ago	set-nov	14, 18, L1
Burseraceae					
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	zoo	mel, nesp	ago-out	nov-dez	1, 4, 6, 8, 17, L1
Chrysobalanaceae					
<i>[Licania tomentosa</i> (Benth.) Fritsch	zoo	mel	jun-ago	jan-mar	18, L1
Erythroxylaceae					
<i>Erythroxylum squamatum</i> Sw.	zoo	-	-	-	1
Euphorbiaceae					
<i>Micrandra elata</i> Müll. Arg.	aut	-	jun-out	ago-set	L1
Fabaceae					
<i>Copaifera langsdorffii</i> L.	zoo	mel	jun-jul	set-nov	19, L1

FAMÍLIA/ESPÉCIE	SD	SP	FLOR	FRUT	REF
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	aut, zoo	qui, orn	set-dez	jul-ago	11, 13, 19, L1
<i>Inga bahiensis</i> Benth.	zoo	-	dez-jan	jan-mar	7
<i>Stryphnodendron pulcherrimum</i> (Willd.) Hochr.	aut	mel	out-jan	fev-jun	4, 7, L2
Lecythidaceae					
<i>Eschweilera ovata</i> (Cambess.) Miers	zoo	mel	set-dez	mar-jun	4, 5, L2
Malvaceae					
<i>Talipariti pernambucense</i> (Arruda) Bovini	aut	-	ago-jan	fev-abr	L1
Moraceae					
<i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber	zoo	-	set-dez	nov- dez	4, L2
Phyllanthaceae					
<i>Richeria grandis</i> Vahl.	zoo	-	jun-ago	nov- dez	23, L3
Rubiaceae					
<i>Genipa americana</i> L.	zoo	mel	dez-fev	fev-abr	2, 5, 6, 18, 19
Violaceae					
<i>Paypayrola blanchetiana</i> St. Hil.	ane	-	-	-	23

Das espécies plantadas, observa-se que mais de 60% têm síndrome de dispersão exclusivamente zoocórica, 17% são anemocóricas, bem como, o mesmo percentual é o de espécies autocóricas. De acordo com a síndrome de dispersão pode-se inferir que grande parte das espécies selecionadas dependem dos animais para serem dispersas.

Um percentual de 39% corresponde as espécies que possuem apenas abelhas como polinizadores, e o mesmo percentual equivale ao número de espécies que não foi possível obter classificação na literatura (39%). Os demais 22% distribuem-se para as espécies que tem mais de um grupo de polinizadores, seja abelhas e moscas (5%), abelhas e pequenos insetos (5%), pequenos insetos (6%) e morcegos e aves (6%). Nota-se, contudo, que há uma grande disparidade entre os percentuais, levando a inferir que no início do processo de plantio poderiam ter sido consideradas espécies polinizadas por mais de um grupo de animais.

Quanto à floração, três espécies apresentam o mesmo período: de setembro a dezembro. Ao analisar todas as espécies e seu comportamento ao longo do ano, nota-se que há meses (março e abril) em que nenhuma das espécies deverá produzir flores (Figura 2a), o que pode dificultar a manutenção do

polinizador na área e causar uma série de consequências na reprodução da comunidade. Por outro lado, observa-se meses como outubro e dezembro que tem 50% das espécies podendo florescer.

A frutificação das espécies utilizadas pode ocorrer ao longo de todo ano (Figura 2b), diferente da floração. Contudo a frutificação deve ser mais intensa nos primeiros meses, principalmente em março, enquanto nos meses de maio a julho, apenas 11% das espécies pode estar produzindo seus frutos.

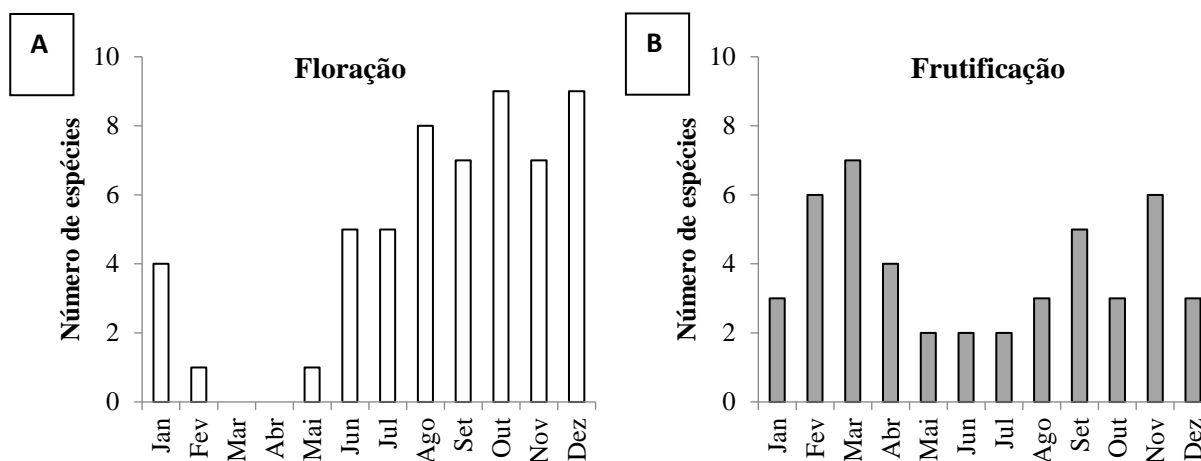


Figura 2. Meses de floração (a) e frutificação (b) das espécies utilizadas no projeto de restauração de mata ciliar em tributário do rio Cruangi – Pernambuco. Fonte: os autores.

Com base em todas as características apresentadas infere-se que seria importante considerar a seleção de mais espécies que pudessem produzir flores entre os meses de fevereiro e maio, onde se observou um grande declínio na possibilidade de floração. No entanto, de modo geral, as espécies utilizadas no plantio sucessional visando a restauração da área ciliar do tributário do Rio Cruangi podem contribuir para o processo inicial de restauração, uma vez que, podem frutificar ao longo do ano, favorecendo a atração da fauna e favoráveis a reprodução ao longo do ano. Apesar disso, quando focado no objetivo da restauração, ressalta-se que o número de espécies implantadas poderia ter sido maior, visando favorecer o resgate da biodiversidade. Na ocasião, contemplar as outras síndromes de dispersão na seleção das espécies seria muito importante.

Brancalion et al. (2010) defendem que a restauração com elevado número de espécies arbóreas pode levar à criação de diferentes micro-habitats e nichos, os quais facilitarão a auto sustentação da floresta. Por sua vez, Durigan et al. (2010) afirmam que a busca por elevado número de espécies, quando não bem planejada, pode trazer danos como identificações equivocadas, contaminação genética e até extinção de populações localmente raras pela falta de cuidado na coleta das sementes. Acredita-se, contudo, que o uso de alta riqueza de espécies por si só, de fato, não garante que haverá sucesso na restauração, porém, se o objetivo da restauração é restabelecer a biodiversidade de espécies nativas nas áreas, fazer uso de maior número de espécies já na implantação seria um ganho efetivo.

No mesmo projeto e ainda dentro da mesma propriedade, Oliveira (2014) realizou o plantio homogêneo em um hectare, utilizando em espaçamento 3 x 3m uma única espécie: *Tapirira guianenses* (zoocórica, melitofílica/miofílica, floração: agosto-dezembro, frutificação: janeiro-março). Com base na discussão anterior e analisando a técnica empregada, infere-se que há muito risco em implantar apenas uma espécie em uma área onde se deseja reestabelecer a biodiversidade e os processos ecológicos. Assim, não se pensa em sucesso e eficiência na instalação de tal técnica para favorecer a sustentabilidade da área.

Projeto 3: Restauração com plantio total de espécies arbóreas em áreas ciliares no Rio Tracunhaém – Pernambuco. Ano de implantação: 2011

Através do projeto de tese de Couto (2014), foram feitas ações de restauração de áreas ciliares no Rio Tracunhaém, em Pernambuco. Em abril de 2011 foram instalados módulos de um hectare com técnicas de restauração, sendo o plantio total trabalhado de duas maneiras: com várias espécies (modelo sucessional) e com uma única espécie (modelo homogêneo), utilizando o espaçamento 3 x 3 m.

A técnica do plantio total com espécies arbóreas pioneiras e não pioneiras, chamada de modelo sucessional pela autora, contou com um total de 24 espécies que foram selecionadas de acordo com estudos florísticos e fitossociológicos da mata ciliar na bacia do Rio Goiana como um todo. As espécies, que estão distribuídas em 15 famílias, foram classificadas quanto à síndrome de dispersão, síndrome de polinização e época de floração e frutificação (Tabela 3).

Tabela 3. Lista de espécies implantadas no projeto de restauração de mata ciliar no Rio Tracunhaém, Goiana – PE (em que: SD: síndrome de dispersão, zoo: zoocórica, aut: autocórica, ane: anemocórica; SP: síndrome de polinização, ane: anemofilia, cant: cantarofilia, fal: falenofilia, mel: melitofilia, mio: miofilia, orn: ornitofilia, psi: psicofilia, qui: quiropterofilia, nesp: não especializadas; FLOR: época de floração; FRUT: época de frutificação; REF: referência bibliográfica). Fonte: os autores.

FAMÍLIA/ESPÉCIE	SD	SP	FLOR	FRUT	REF
Anacardiaceae					
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	zoo	mel	set-jan	jan-jul	10, 11, 13, 18, L1
<i>Tapirira guianenses</i> Aubl.	zoo	mel, mio	ago-dez	jan-mar	7, 10, 12, 16, L1
<i>Thyrsodium spruceanum</i> Benth.	zoo	-	out-jan	fev-mar	4, L2
Annonaceae					
<i>Xylopia frutescens</i> Aubl.	zoo	nesp	out-dez	jul-set	4, 22, L2
Bignoniaceae					
<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex A.DC.)	ane	mel	ago-out	set-nov	3, 4, 9, 18, L1
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	ane	mel	mai-ago	set-nov	14, 18, L1
Burseraceae					
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	zoo	mel, nesp	ago-out	nov-dez	1, 4, 6, 8, 17, L1

FAMÍLIA/ESPÉCIE	SD	SP	FLOR	FRUT	REF
Chrysobalanaceae					
<i>Licania tomentosa</i> (Benth.) Fritsch	zoo	mel	jun-ago	jan-mar	18, L1
Erythroxyloaceae					
<i>Erythroxyllum squamatum</i> Sw.	zoo	-	-	-	1
Euphorbiaceae					
<i>Micrandra elata</i> Müll. Arg.	aut	-	jun-out	ago-set	L1
Fabaceae					
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	ane	mel	set-jan	dez-mar	6, 7, L1
<i>Caesalpinia echinata</i> Lam.	aut	mel, nesp	dez-mai	out-jan	19
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	aut, zoo	qui, orn	set-dez	jul-ago	11, 13, 19, L1
<i>Inga babiensis</i> Benth.	zoo	-	dez-jan	jan-mar	7
<i>Inga sessilis</i> (Vell.) Mart.	zoo	qui, orn	set-fev	ago-jan	19, L2
<i>Libidibia ferrea</i> (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz*	aut	mel, nesp	nov-jan	fev-jun	2, 11, 19
<i>Stryphnodendron pulcherrimum</i> (Willd.) Hochr.	aut	mel	out-jan	fev-jun	4, 7, L2
Lecythidaceae					
<i>Eschweilera ovata</i> (Cambess.) Miers	zoo	mel	set-dez	mar-jun	4, 5, L2
Malvaceae					
<i>Talipariti pernambucense</i> (Arruda) Bovini	aut	-	ago-jan	fev-abr	L1
Moraceae					
<i>Brosimum guianense</i> (Aubl.) Huber	zoo	-	set-dez	nov-dez	4, L2
Phyllanthaceae					
<i>Richea grandis</i> Vahl.	zoo	-	jun-ago	nov-dez	23, L3
Rubiaceae					
<i>Genipa americana</i> L.	zoo	mel	dez-fev	fev-abr	2, 5, 6, 18, 19
Sapotaceae					
<i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk	zoo	mel	ago-out	jan-fev	1, 15, 17, L1
Violaceae					
<i>Paypayrola blanchetiana</i> St. Hil.	ane	-	-	-	23

A síndrome de dispersão que predominou foi a zoocórica (58% das espécies), seguida pela autocórica (21%), pela anemocórica (17%) e uma espécie ainda apresentou duas formas de dispersão dos diásporos. Assim, infere-se que mais da metade das espécies depende dos animais para serem dispersas.

Em relação à síndrome de polinização, não foi possível classificar 33% das espécies pela ausência de dados na literatura. Ao total, 38% das espécies demonstram as abelhas como o único polinizador, sendo as demais polinizadas por mais de um grupo: 13% por abelhas e pequenos insetos, 8% por aves e morcegos, 4% por abelhas e moscas e também por pequenos insetos. Contudo, pode-se notar que apesar de predomínio da melitofilia, outras síndromes estão inclusas, favorecendo a atração de outros animais para a área.

Quanto à época de floração, é possível notar que seis espécies têm o mesmo período de floração, sendo três de agosto a outubro e outras três de setembro a dezembro. Quando observado mês a mês, nota-se que grande parte das espécies podem florir entre agosto e dezembro, havendo queda brusca de fevereiro a maio, com apenas uma espécie podendo florescer em março e abril (Figura 3a). Assim, nesses em que esta fenofase depende de apenas uma ou poucas espécies infere-se que há escassez de recursos para os polinizadores, logo, dificilmente haverá favorecimento para reprodução e manutenção da comunidade.

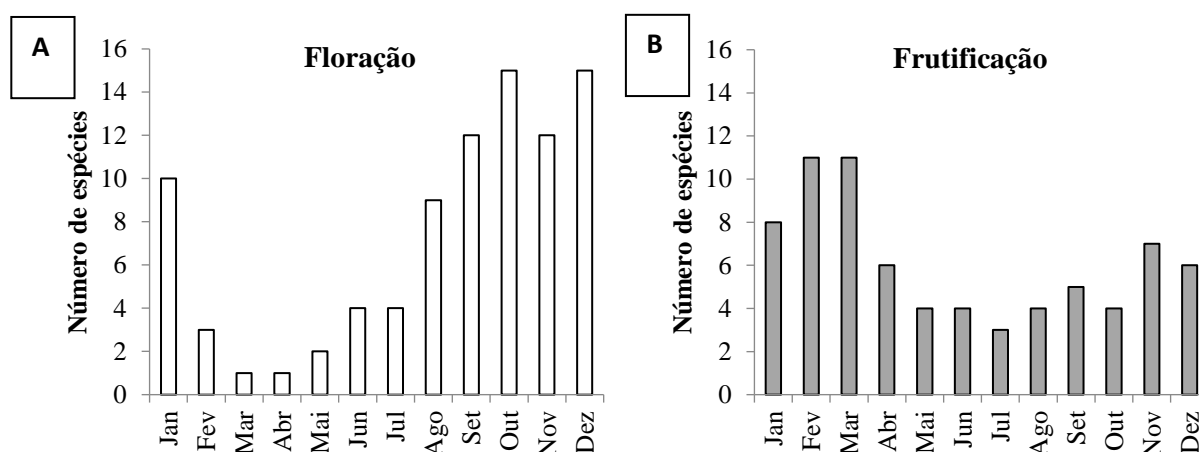


Figura 3. Meses de floração (a) e frutificação (b) das espécies utilizadas no projeto de restauração de mata ciliar no Rio Tracunhaém, Goiana – PE. Fonte: os autores.

Em relação à época de frutificação observa-se uma maior distribuição das espécies ao longo do ano (Figura 3b), sendo nos meses de fevereiro e março que 46% delas podem estar maturando seus frutos. Considerar que a frutificação pode ocorrer ao longo do ano é um aspecto importante para a área em restauração, visto que terá oferta de alimento disponível a fauna.

De modo geral, pode-se inferir que as espécies adotadas para dar início a recuperação da mata ciliar do Rio Tracunhaém podem contribuir para o sucesso do processo de restauração, no entanto, ressalta-se que estas poderiam ser mais diversificadas em relação a floração, ou seja, seria importante incluir espécies que pudessem estar em floração de fevereiro a maio, para garantir reprodução ao longo do ano e assim sustentabilidade daquela comunidade a longo prazo. Deve-se salientar que no projeto em

análise as espécies estavam apenas classificadas em relação ao grupo sucessional (pioneiras e não pioneiras), levando a perceber que os aspectos aqui discutidos possivelmente não foram considerados na seleção das espécies.

A outra técnica utilizada por Couto (2014) para recuperar um hectare de faixa ciliar do Rio Tracunhaém foi utilizando apenas a espécie *Ceiba speciosa* (A.St.-Hil.) Ravenna, chamado pela autora de modelo homogêneo. Na pesquisa bibliográfica viu-se que a referida espécie tem dispersão anemocórica, florescendo entre dezembro e abril e frutificando entre junho e setembro. Contudo, baseado nos pressupostos e objetivos da restauração florestal, infere-se que esta técnica não deve favorecer o reestabelecimento local nem a chegada de novos propágulos e animais, visto que, há muita restrição de recursos com uma única espécie.

CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS ASPECTOS ANALISADOS

Ao analisar todos os projetos pode-se inferir que, apesar de implantado em diferentes épocas e locais, e serem geridos por diferentes equipes, há aspectos muito semelhantes. Observou-se, em todos eles, que pelo menos 50% das espécies são dispersas por animais (síndrome zoocórica), com percentuais variados para as outras síndromes. Em torno disso, há algumas considerações.

Tabarelli e Peres (2000) explicitam que espécies dispersas por animais requerem a presença deles no ambiente, e que em paisagens degradadas e fragmentadas alguns grupos de animais são escassos; assim, é importante considerar a introdução de espécies que sejam dispersas por fatores abióticos, garantindo que os diásporos sejam dispersos. Por outro lado, tem-se que espécies zoocóricas são importantes no plantio visando à recuperação de áreas degradadas, uma vez que, atraem animais para essas áreas e a presença deles pode aumentar a velocidade da sucessão florestal (Negrini et al., 2012). Acredita-se, contudo, que espécies zoocóricas, de fato, podem favorecer a chegada da fauna, mas inserir espécies com as outras síndromes é importante, conforme pôde-se observar na maioria dos projetos discutidos.

Em regiões tropicais, a dispersão de sementes por animais é mais frequente de que as outras formas de dispersão, sendo uma das principais estratégias das espécies arbóreas em florestas tropicais, ocorrendo em 70-100% das plantas lenhosas (Amaral et al., 2015; Hambuckers et al., 2017; Silva et al., 2018). As espécies zoocóricas são, geralmente, predominantes em florestas úmidas dos diferentes biomas brasileiros, sendo que a maior disponibilidade de água nestes ecossistemas, favorecerá melhores condições para o investimento em frutos carnosos, e estas espécies em “parceria” com a fauna local promoverá a ocorrência mais eficiente da dispersão dos propágulos reprodutivos (Santana et al., 2018, Martins-Oliveira et al., 2020). Estudos em áreas de florestas nativas em Pernambuco identificam a síndrome de dispersão zoocórica como principal (Silva et al., 2012; Lopes et al., 2018, Silva et al., 2018). Assim, com a evolução do processo sucessional, entende-se que naturalmente deve haver um aumento das espécies zoocóricas nas áreas em restauração.

A síndrome de polinização por animais, de modo geral, foi quem predominou nas espécies em todos os projetos. Em uma revisão sobre a importância da polinização por animais (Ollerton et al., 2011), observa-se que mais de 85% das espécies com flores conhecidas são polinizadas por animais. A melitofilia, por sua vez, representou, em média, 38% das espécies em todos os projetos. De acordo com Maia-Silva et al. (2012) as abelhas favorecem a manutenção da qualidade dos ecossistemas e, conseqüentemente, das espécies; sendo importante considerar espécies atrativas a estes polinizadores.

Observou-se ainda espécies com síndromes de polinização mais generalistas, com pequenos insetos como seus polinizadores e espécies polinizadas por abelhas e moscas. Na região tropical muitas espécies podem apresentar mais de uma síndrome de polinização, havendo flores polinizadas por abelhas sendo polinizadas também por mariposas e borboletas (Kinoshita et al., 2006), demonstrando que a interação planta-polinizador é uma relação flexível. Assim, entende-se que essa diversificação pode favorecer a polinização nos locais onde as espécies foram plantadas. Como se trata de início do processo de restauração, ter espécies generalistas pode favorecer a reprodução, visto que, mais de um grupo de polinizadores podem ser considerados, trazendo benefícios para os insetos e plantas.

Sobre a polinização cabe ressaltar que, diferente da dispersão, uma média de 32% das espécies de cada projeto não foram classificadas pelo fato de não haver explícito seus polinizadores em literaturas. Logo, infere-se que mais estudos precisam ser realizados para se ter mais informações sobre o processo de polinização, devido a sua importância para a manutenção dos ecossistemas florestais.

A fenologia remete aos eventos biológicos cíclicos, assim como ao período de crescimento e reprodução das plantas (floração e frutificação), os quais interferem na disponibilidade de recursos para animais polinizadores e dispersores (Cara et al., 2013), por isso, entende-se a importância de conhecer essas características quando se almeja selecionar espécies para iniciar a restauração florestal.

Os ritmos fenológicos seguiram o mesmo padrão nos três projetos aqui analisados, havendo meses onde a produção de flores e frutos pode ser elevada e outros em que há um declínio. No geral, viu-se que há possibilidade de haver floração e frutificação ao longo do ano, mesmo que com poucas espécies em alguns períodos. No entanto, deve-se ponderar que há fatores bióticos e abióticos que podem modificar drasticamente as fenofases de um ano para outro, logo, pode não haver frutificação nos meses em que apenas duas espécies estão previstas.

Afirma-se que selecionar as espécies pensando na sincronia da floração/frutificação é também importante, uma vez que, pode minimizar a competição entre os polinizadores, ampliar o período de recursos floral, bem como, a manutenção dos animais no local é favorecida. Assim, nota-se que conhecer as fenofases traz ganhos efetivos, uma vez que, há contribuição para a reprodução e regeneração das plantas, bem como, para ocorrência de polinizadores e dispersores. Logo, pensar em inserir outras espécies que pudessem manter elevada a produção de flores e frutos seria importante de ser considerado já na elaboração dos projetos.

Ressalta-se que a busca pelas características fenológicas das espécies foi intensa e que poucos estudos disponibilizam informações individuais para as espécies baseados em vários anos de observações, assim, algumas vezes, foram considerados estudos feitos em locais com condições ambientais que podem variar dos locais dos projetos. Entende-se que obter dados de estações fenológicas próximas as áreas de estudo é fundamental, quando isso for possível. Indica-se, contudo, que estudos de fenologia devem ser cada vez mais desenvolvidos e estimulados, e no cenário da restauração, eles podem acontecer junto com a etapa de monitoramento.

De modo geral, acredita-se que as espécies encontradas em cada projeto podem contribuir para o processo de restauração das áreas, mas, a prática do monitoramento é fundamental para entender a evolução e comportamento delas. Deve-se explicitar que, nos projetos, as espécies estavam classificadas apenas pelo grupo sucessional, logo, pode-se supor que ao serem escolhidas, as importantes características que aqui foram discutidas possivelmente não foram consideradas. Ao mesmo tempo, compreende-se que a aquisição de mudas depende de uma série de fatores, os quais podem limitar consideravelmente a seleção das espécies em um projeto de restauração florestal.

Evidencia-se a importância da etapa de monitoramento nesses projetos, uma vez que, nela é possível identificar fatores que não estejam favorecendo o reestabelecimento dos processos ecológicos e da biodiversidade e, neste momento, podem ser pensadas ações de manejo adaptativo que favoreçam a trajetória da restauração – entre elas, pensar em enriquecimento com outras espécies pode ser uma saída para trazer as características que estiverem ausentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, J., Santos, J. A., Miranda, W. O., Alberton, B. C., Morellato, L. P. C., & Torres, R. S. (2015). Deriving vegetation indices for phenology analysis using genetic programming. *Ecological Informatics*, 26, 61-69.
- Almeida, S. R., Watzlawick, L. F., Myszka, E., & Valerio, A. F. (2008). Florística e síndromes de dispersão de um remanescente de floresta ombrófila mista em sistema faxinal. *Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais*, 4(2), 289-297.
- Amaral, D. D., Jardim, M. A. G., Costa Neto, S. V., & Bastos, M. N. C. (2015). Síndromes de dispersão de propágulos e a influência da floresta amazônica na composição de espécies lenhosas de uma restinga no litoral norte brasileiro. *Biota Amazônia*, 5(3), 28-37.
- Bechara, F. C. et al. (2016). Neotropical rainforest restoration: comparing passive, plantation and nucleation approaches. *Biodiversity and Conservation*, 25, 2021-2034.
- Bencke, C. S. C. (2005). Estudo da fenologia de espécies arbóreas em uma floresta semidecídua no parque estadual de Itapuã, Viamão, RS. Tese (Doutorado em Ecologia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

- Brancalion, P. H. S. et al. (2010). Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais biodiversas. *Revista Árvore*, 34(3), 455-470.
- Brancalion, P. H. S., Gandolfi, S., & Rodrigues, R. R. (2015). *Restauração florestal*. São Paulo: Oficina de textos.
- Calmon, M. (2021). Restauração de florestas e paisagens em larga escala: o Brasil na liderança global. *Ciência e Cultura*, 73(1), 44-48.
- Cara, P. A. A., Tabarelli, M., & Machado, I. C. (2013). Efeito de borda e fenologia reprodutiva de assembléias de árvores em um remanescente de floresta Atlântica nordestina. In: Tabarelli, M. et al. (Orgs.). *Serra Grande: Uma floresta de idéias*. Recife: Editora universitária da UFPE.
- Couto, G. M. (2014). Modelos de recuperação florestal em áreas ciliares no Rio Tracunhaém-PE. Tese (Doutorado em Ciências Florestais), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.
- Durigan, G. et al. (2010). Normas jurídicas para a restauração ecológica: uma barreira a mais a dificultar o êxito das iniciativas? *Revista Árvore*, 34(3), 471-485.
- Faegri, K., & Pijl, L. V. D. (1979). *The principles of pollination ecology*. New York: Pergamon Press.
- Giehl, E. L. H., Athayde, E. A., Budke, J. C., Gessing, J. P. A., Einsiger, S. M., & Canto-Dorow, T. S. (2007). Espectro e distribuição vertical das estratégias de dispersão de diásporos do componente arbóreo em uma floresta estacional no sul do Brasil. *Acta Botanica Brasílica*, 21(1), 137-145.
- Hambuckers, J., Dauvrin, A., Trolliet, F., Evrard, Q., Forget, P. M., & Hambuckers, A. (2017). How can seed removal rates of zoochoric tree species be assessed quickly and accurately? *Forest Ecology and Management*, 403, 152–160.
- Homem, M. N. G. (2011). Padrões fenológicos em ecossistemas em processo de restauração e em fragmento florestal vizinho. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, Brasil.
- Jordano, P. M., Galetti, M., Pizo, M. A., & Silva, W. R. (2006). Ligando frugivoria e dispersão de sementes à biologia da conservação. In: ROCHA, C. F. D., Bergallo, H. G., Sluys, M. V., & Alves, M. A. S. (Orgs.). *Biologia da conservação: essências*. São Paulo: Editora Rima.
- Kinoshita, L. S., Torres, R. B., Forni-Martins, E. R., Spinelli, T., Ahn, Y. J., & Constâncio, S. S. (2006). Composição florística e síndromes de polinização e de dispersão da mata do Sítio São Francisco, Campinas, SP, Brasil. *Acta Botanica Brasílica*, 20(2), 313-327.
- Klippel, V. H., Pezzopane, J. E. M., Silva, G. F., Caldeira, M. V. W., Pimenta, L. R., & Toledo, J. V. (2015). Avaliação de métodos de restauração florestal de Mata de Tabuleiros-ES. *Revista Árvore*, 39(1), 69-79.
- Kutt, L., Löhmu, K., Rammi, I. J., Paal, T., Paal, J., & Liira, J. (2016). The quality of flower-based ecosystem services in field margins and road verges from human and insect pollinator perspectives. *Ecological Indicators*, 70, 409-419.

- Leal Filho, N., Santos, G. R., Ferreira, R. L. (2013). Comparando técnicas de nucleação utilizadas na restauração de áreas degradadas na Amazônia Brasileira. *Revista Árvore*, 37(4), 587-597.
- Lira, D. F. S. (2011). Comparação entre dois modelos de recuperação florestal na área de preservação permanente da barragem do Rio Siriji, Vicência – PE. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.
- Lopes, Y. et al. (2018). Dispersion syndrome, ecological succession and structure of the arbor component in an Atlantic Forest Fragment, Pernambuco. *Journal of Experimental Agriculture International*, 24, 1-13.
- Machado, I. C., & Lopes, A. V. (2004). Floral traits and pollination systems in the Caatinga, a Brazilian Tropical Dry forest. *Annals of Botany*, 94(3), 365-376.
- Maia-Silva, C., Silva, C. I., Hrcir, M., Queiroz, R. T., & Imperatriz-Fonseca, V. L. (2012). Guia de plantas: visitadas por abelhas na Caatinga. Fortaleza: Editora Fundação Brasil Cidadão.
- Mangueira, J. R. S. A., Holl, K. D., & Rodrigues, R. R. (2019). Enrichment planting to restore degraded tropical forest fragments in Brazil. *Ecosystems and People*, 15(1), 3-10.
- Mariot, A., Mantovani, A., & Reis, M.S. (2003). Uso e conservação de *Piper cernuum* Vell. (Piperaceae) na Mata Atlântica: I. Fenologia reprodutiva e dispersão de sementes. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 5(2), 1-10.
- Martins, S. V. (2014). Recuperação de matas ciliares: no contexto do novo código florestal. Viçosa: Aprenda Fácil.
- Martins-Oliveira, A. T., Canale, G. R., Nogueira, L. A. S., França, A. L., Santos, J. P., & Córdova, M. O. (2020). Estrutura e síndromes de dispersão da vegetação arbórea em floresta nativa e agrofloresta, na Amazônia Meridional. *Revista de Ciências Agrárias*, 43(3), 352-362.
- Morellato, L. P. C., Camargo, M. G. G., & Gressler, E. (2013). A Review of Plant Phenology in South and Central America. *Phenology: An Integrative Environmental Science*, 91-113.
- Negrini, M., Aguiar, M. D., Vieira, C. T., Silva, A. C., & Higuchi, P. (2012). Dispersão, distribuição espacial e estratificação vertical da comunidade arbórea em um fragmento florestal no planalto catarinense. *Revista Árvore*, 36(5), 919-929.
- Oliveira, E. B. (2014). Técnicas de recuperação de áreas ciliares em tributários do Rio Cruangi na zona da mata norte de Pernambuco. Tese (Doutorado em Ciências Florestais), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco.
- Ollerton, J., Winfree, R., & Tarrant, S. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120, 321-326.
- Pijl, L. V. D. (1982). Principles of dispersal in higher plants. Berlin: Springer-Verlag.
- Real, L. (1983). Pollination biology. Orlando: Academic Press.
- Reis, A., Nakazono, E., & Zambonim, R. (1999). Recuperação de áreas degradadas através das interações planta-animais. São Paulo: CETESB.

- Reis, S. M., Mohr, A., Gomes, L., Abreu, M. F., & Lenza, E. (2012). Síndromes de polinização e dispersão de espécies lenhosas em um fragmento de Cerrado sentido restrito na transição Cerrado - Floresta Amazônica. *Heringeriana*, 6(2), 28-41.
- Rodrigues, R. R., Brancalion, P. H. S., & Isernhagen, I. (2009). Pacto pela restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. São Paulo: LERF/ESALQ, Instituto BioAtlântica.
- Santana, J. P., Rocha, P. A., Oliveira, E. V. S., Prata, A. P. D. N., & Ribeiro, A. S. (2018). Phenological patterns of zoochoric shrub and tree species in two areas of ibura National Forest, northeastern Brazil. *Neotropical Biology and Conservation*, 13(3), 212–223.
- Silva, J. P. G., Marangon, L. C., Feliciano, A. L. P., & Ferreira, R. L. C. (2018). Chuva de sementes e estabelecimento de plântulas em Floresta Tropical na Região Nordeste do Brasil. *Ciência Florestal*, 28(4), 1478-1490.
- Silva, R. K. S., Feliciano, A. L. P., Marangon, L. C., Lima, R. B. A., & Santos, W. B. (2012). Estrutura e síndromes de dispersão de espécies arbóreas em um trecho de mata ciliar, Sirinhaém, Pernambuco, Brasil. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 32(69), 1-11.
- Staggemeier, V. G., & Morellato, L. P. C. (2011). Reproductive phenology of coastal plain Atlantic forest vegetation: comparisons from seashore to foothills. *International Journal of Biometeorology*, 55, 843-854.
- Tabarelli, M., & Peres, C. A. (2002). Abiotic and vertebrate seed dispersal in brazilian atlantic forest: implications for forest regeneration. *Biological Conservation*, 106(2), 165-176.

REFERÊNCIAS UTILIZADAS PARA CLASSIFICAÇÃO DAS ESPÉCIES

CÓDIGO	REFERÊNCIA
L1	Lorenzi, H. (2016). <i>Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil</i> . 7.ed. Nova Odessa: Editora Plantarum. vol.1
L2	Lorenzi, H. (2016). <i>Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil</i> . 5.ed. Nova Odessa: Editora Plantarum. vol.2
L3	Lorenzi, H. (2016). <i>Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil</i> . 2.ed. Nova Odessa: Editora Plantarum. vol.3
1	Pilon, N. A. L., Udulutsch, R. G., & Durigan, G. (2015). Padrões fenológicos de 111 espécies de Cerrado em condições de cultivo. <i>Hoehnea</i> , 42(3), 425-443.

CÓDIGO REFERÊNCIA

- 2 Santos-Filho, F. S., Soares, C. J. R. S., Silva, A. C. R., Queiroz, Y. D. S., Honório, S. S., & Silva, F. F. (2016). Síndromes de polinização e de dispersão das espécies lenhosas nos parques ambientais em Teresina, Piauí, Brasil. *Revista Equador*, 5(3), 360-374.
- 3 Yamamoto, L. F., Kinoshita, L. S., & Martins, F. R. (2007). Síndromes de polinização e de dispersão em fragmentos da Floresta Estacional Semidecídua Montana, SP, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 21(3), 553-573.
- 4 CARA, P. A. A. (2006). *Efeito de borda sobre a fenologia, as síndromes de polinização e dispersão de sementes de uma comunidade arbórea na Floresta Atlântica ao norte do Rio São Francisco*. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco.
- 5 BAWA, K. (1985). Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. II. Pollination Systems. *American Journal of Botany*, 72(3), 346-356.
- 6 Campos Filho, E. M. (2015). *Guia de identificação de espécies-chave para a restauração florestal na região de Alto Teles Pires, Mato Grosso*. São Paulo: The Nature Conservancy.
- 7 Locatelli, E. & Machado, I. C. (2004). Fenologia das Espécies Arbóreas de uma Mata Serrana (Brejo de Altitude) em Pernambuco, Nordeste do Brasil. In: Pôrto, K., Tabarelli, M., & Machado, I. C. (Orgs.). *Brejos de Altitude: História Natural, Ecologia e Conservação*. Brasília: MMA/PROBIO/CNPq.
- 8 Morellato, L. P. C. (1991). *Estudo da fenologia de árvores, arbustos e lianas de uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil*. Tese (Doutorado em Biologia), Universidade Federal de Campinas, Campinas, São Paulo.
- 9 Pereira, S. G. & Amaral, A. F. (2008). Fenologia das espécies arbóreas do bosquedo Parque Municipal do Mocambo, Patos de Minas – MG. *Perquirere (UNIPAM)*, 5, 1-13.
- 10 Spina, A. P., Ferreira, W. M., & Leitão Filho, H. F. (2001). Floração, frutificação e síndromes de dispersão de uma comunidade de floresta de brejo na região de Campinas. *Acta Botanica Brasilica*, 15(3), 349-368.
- 11 Santana, C. A. A., Silva, V. G., & Silva, A. T. *Manual de identificação de mudas de espécies florestais*. 2ed. Disponível em <<http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/4975980/4130120/ManualdeMudas2internet.pdf>>, acesso: 23 jul. 2019.
- 12 Pereira, T. S., Costa, M. L. M. N., Moraes, L. F. D., & Luchiari, C. (2008). Fenologia de espécies arbóreas em Floresta Atlântica da Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. *Iheringia Série Botânica*, 63(2), 329-339.

CÓDIGO REFERÊNCIA

- 13 Homem, M. N. G. (2011). *Padrões fenológicos em ecossistemas em processo de restauração e em fragmento florestal vizinho*. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista, Botucatu, São Paulo, Brasil.
- 14 Maia-Silva, C., Silva, C. I., Hrcir, M., Queiroz, R. T., Imperatriz-Fonseca, V. L. (2012). *Guia de plantas: visitadas por abelhas na Caatinga*. Fortaleza: Editora Fundação Brasil Cidadão.
- 15 Reis, S. M., Mohr, A., Gomes, L., Abreu, M. F., & Lenza, E. (2012). Síndromes de polinização e dispersão de espécies lenhosas em um fragmento de Cerrado sentido restrito na transição Cerrado - Floresta Amazônica. *Heringeriana*, 6(2), 28-41.
- 16 Kinoshita, L. S., Torres, R. B., Forni-Martins, E. R., Spinelli, T., Ahn, Y. J., & Constâncio, S. S. (2006). Composição florística e síndromes de polinização e de dispersão da mata do Sítio São Francisco, Campinas, SP, Brasil. *Acta Botanica Brasílica*, 20(2), 313-327.
- 17 SMA/SP (Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente de São Paulo). (2018). *Lista orientada de espécies arbóreas e arbustivas de ocorrência regional, calendário de florescimento e recursos para a melissfauna*. São Paulo: SMA.
- 18 Silva, C. I. (Org). (2014). *Catálogo polínico das plantas usadas por abelhas no campus da USP de Ribeirão Preto*. Ribeirão Preto, SP: Holos.
- 19 Carvalho, P. E. R. (2008). *Espécies arbóreas brasileiras*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas.
- 20 Carvalho, P. E. R. (2006). *Espécies arbóreas brasileiras*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas.
- 21 Gonçalves, C. B. S., Silva, C. B., & Candido, A. C. S. (2010). Visitantes florais de *Inga edulis* (Fabaceae- Mimosoideae), na região do Pantanal- Passo do Lontra. *Visão Acadêmica*, 11(1), 14-22.
- 22 Pinangé, D. S. B. (2009). *Análise da diversidade genética populacional nas espécies *Chamaesyce hirta* (L.) Millsp., *Chamaesyce thymifolia* (L.) Millsp. (Euphorbiaceae) *Xylopia frutescens* Aubl. (Annonaceae) através de Fingerpriting de DNA em fragmentos de Floresta Atlântica de Pernambuco*. Dissertação (Mestrado em Genética e Biologia Molecular), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.
- 23 Pôrto, K., Almeida-Cortez, J. S., & Tabarelli, M. (2005). *Diversidade Biológica e Conservação da Floresta Atlântica ao Norte do Rio São Francisco*. Brasília: MMA.
-

Índice Remissivo

A

abelhas, 95, 96, 97, 98, 99
abelhas sem ferrão, 96, 97

B

Barragem, 12

C

carbon-nitrogen, 104
complete randomized blocks, 104
conservação do solo, 23, 24, 30, 31
controle biológico, 29
coriander, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110
coriander productivity, 104, 108, 109

D

Dengue, 39, 45, 47
dry mass of coriander, 110

E

Essential oil production, 120
estressores, 77, 78, 79, 81, 83, 84
Estrutura, 57
experimental design, 104, 115

G

green manure, 103, 104, 110

H

height of the coriander, 107

I

insetos, 95, 96, 97, 98, 99

J

jitirana, 104, 105, 107, 113, 114, 115, 117, 118, 119, 120, 121
Jitirana, 114
jitirana (*Merremia aegyptia* L.), 104, 105
jitirana (*Merremia aegyptia* L.), 105, 107, 108, 109, 110, 117, 118, 120

Jitirana (*Merremia aegyptia* L.), 116

M

mata-pasto, 104, 105, 107
mata-pasto (*Senna uniflora* L.), 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 114, 116, 118
mata-pasto (*Senna uniflora* L.), 117, 118, 120
meliponídeos, 81
Mentha, 113, 115, 117, 119, 120
Mentha piperita, 113, 115, 117, 119
Merremia aegyptia L., 113, 114, 116, 117, 118, 119, 120, 121
mint, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121
mint biomass, 117, 118, 119
mint crop, 116
Mint dry mass, 119
Mint plant height, 117

N

Number of bunches, 118
number of coriander bunches, 109
number of stems of coriander, 108

P

palhada, 32
Peppermint essential oil, 120
plantio direto, 27
polinizadores, 95, 96, 97, 98, 99
Production of mint, 118

Q

Qualidade, 6, 9
quiabo, 94, 97, 98

R

research group, 103, 110
Restauração florestal, 127, 144

S

semiarid region, 103, 104, 105, 106, 107, 110
Senna uniflora L., 113, 114, 116, 117, 118, 119, 120
Statistical analysis, 117

sustentabilidade, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28,
31, 32, 35

Sobre os organizadores



  **Alan Mario Zuffo**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (2010) na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Mestre (2013) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal do Piauí (UFPI). Doutor (2016) em Agronomia - Fitotecnia (Produção Vegetal) na Universidade Federal de Lavras (UFLA). Pós - Doutorado (2018) em Agronomia na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). Atualmente, possui 165 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 127 resumos simples/expandidos, 66 organizações de e-

books, 45 capítulos de e-books. É editor chefe da Pantanal editora e revisor de 18 revistas nacionais e internacionais. Professor adjunto na UEMA em Balsas. Contato: alan_zuffo@hotmail.com.



  **Jorge González Aguilera**

Engenheiro Agrônomo, graduado em Agronomia (1996) na Universidad de Granma (UG), Bayamo, Cuba. Especialista em Biotecnologia (2002) pela Universidad de Oriente (UO), Santiago de Cuba, Cuba. Mestre (2007) em Fitotecnia na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Doutor (2011) em Genética e Melhoramento de Plantas na Universidade Federal do Viçosa (UFV), Minas Gerais, Brasil. Pós - Doutorado (2016) em Genética e Melhoramento de Plantas na EMBRAPA Trigo, Rio Grande do Sul, Brasil. Professor Visitante (2018-2022) na Universidade Federal de Mato

Grosso do Sul (UFMS) no campus Chapadão do Sul (CPCS), MS, Brasil. Professor substituto (2023-Atual) na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), Cassilândia, MS, Brasil. Atualmente, possui 88 artigos publicados/aceitos em revistas nacionais e internacionais, 29 resumos simples/expandidos, 54 organizações de e-books, 39 capítulos de e-books. É editor da Pantanal Editora e da Revista Agrária Acadêmica, e revisor de 19 revistas nacionais e internacionais. Contato: j51173@yahoo.com, jorge.aguilera@ufms.br.



Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000

Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil

Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp)

<https://www.editorapantanal.com.br>

contato@editorapantanal.com.br