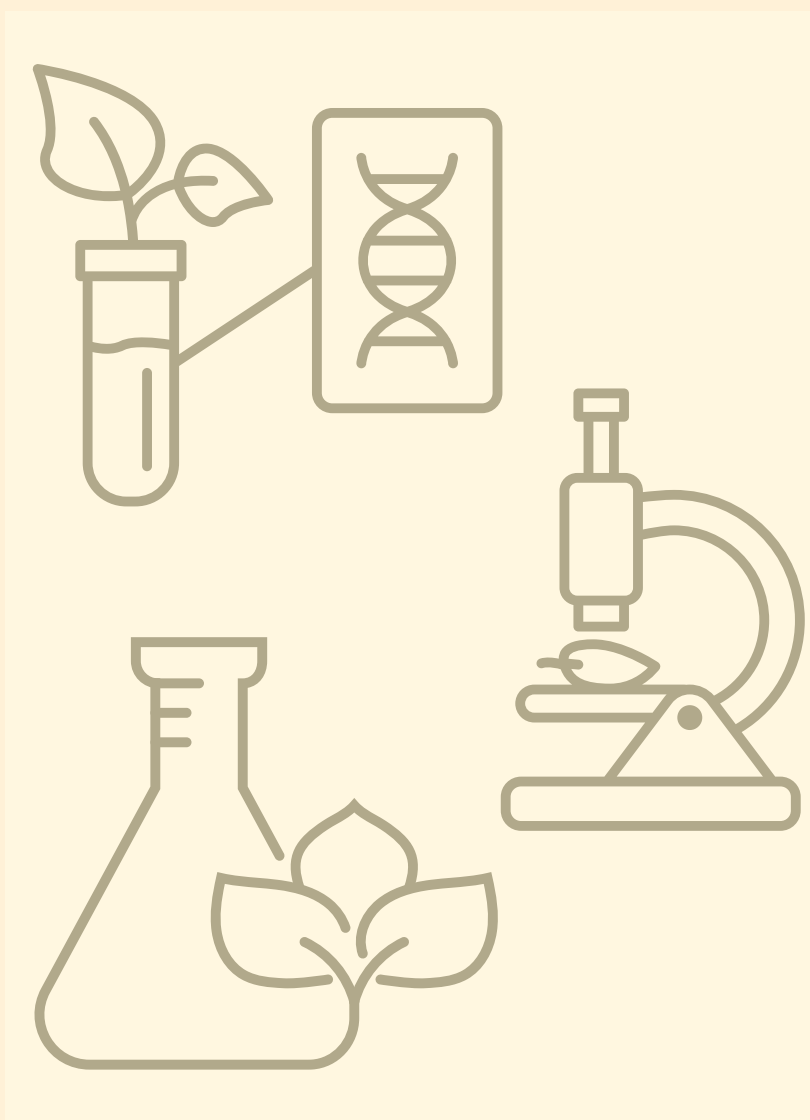


# PLANTAS: ÁREAS DE PESQUISA



*Vanessa de Andrade Royo*

# Ficha catalográfica

R892 Royo, Vanessa de Andrade, 1975 –  
Plantas: Áreas de Pesquisa/ Vanessa Royo -1. ed. – Montes  
Claros, Edição Independente, 2021.  
1320 KB PDF.  
Inclui Bibliografia.  
ISBN: 978-65-00-18367-2  
1. Plantas Medicinais na produção de medicamentos. 2. Plantas  
transgênicas: imunização e biofábricas. 3. Inseticidas botânicos.  
I. Título

CDD 600  
CDU 60

**Coordenação, Edição e editoração**  
**Vanessa de Andrade Royo**  
**Editor utilizado: Canva**

**Apoio:**





## **Apresentação**

Este livro foi idealizado como parte da Disciplina de Fitoquímica e os capítulos foram escritos pelos estudantes dos Programas de Pós-graduação em Biotecnologia (PPGB) e Pós-graduação em Botânica Aplicada (PPGBot) da Universidade Estadual de Montes Claros.

Os capítulos são tópicos sobre o uso de plantas. Tem como objetivo divulgar possibilidades de áreas de estudo e aplicação das plantas. A contribuição no estudo das plantas para o desenvolvimento de produtos.

Conteúdo de fácil entendimento com oportunidade de divulgação para todos que tenham interesse em aprender um pouco mais sobre algumas áreas de aplicação de produtos oriundos de plantas.

Agradeço aos estudantes que aceitaram o desafio e se envolveram no projeto.

Vanessa de Andrade Royo





Gladyane Mendes Belém: Graduada em Licenciatura em Ciências Biológicas pelo Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (2017). Mestranda em Botânica Aplicada (PPGBot - Unimontes).

Sthefanie Brito Oliva Mota: Graduada em Licenciatura em Ciências Biológicas pelo Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais (IFNMG). Mestranda em Botânica Aplicada (PPGBot - Unimontes).

João Carlos Gomes Figueiredo: Bacharel em Ciências Biológicas - ênfase Biotecnologia pela Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes). Mestre em Biotecnologia pelo Programa de Pós graduação em Biotecnologia (PPGB-Unimontes). Doutorando em Biotecnologia no PPGB-Unimontes.

Flávia Gomes Silva: Bacharel em Farmácia Generalista - Unitri-MG. Pós graduação em Farmacologia do SNC - UFLA. Mestranda em Botânica Aplicada PPGBot - Unimontes

Fernando Fialho Pires: Técnico em química, bacharel em ciências biológicas com ênfase em biotecnologia pela Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes). Mestrando em Botânica Aplicada (PPGBot - Unimontes).

Denilson Paranhos Costa: Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Montes Claros e Enfermagem pela Universidade Estadual de Montes Claros. Mestrando em Botânica Aplicada (PPGBot-Unimontes).

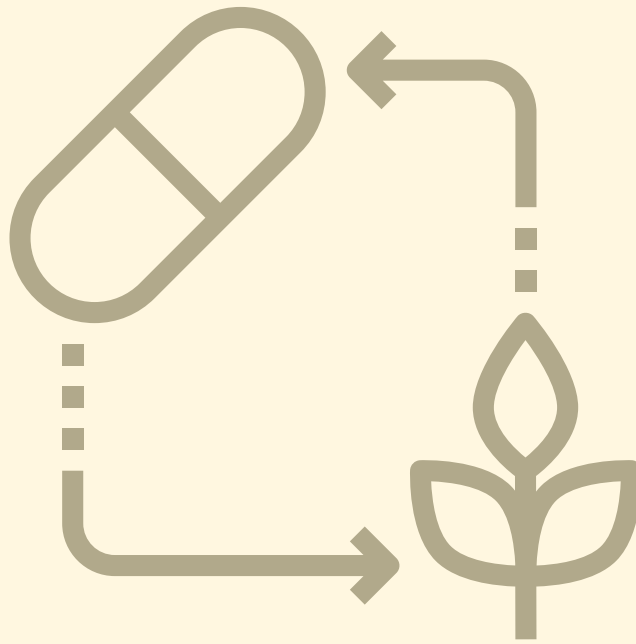


## Sumário



<b>Capítulo 1. Plantas medicinais na produção de medicamentos.....</b>	<b>6</b>
<b>Capítulo 2. Plantas transgênicas: Imunização e biofábricas.....</b>	<b>16</b>
<b>Capítulo 3. Inseticidas botânicos.....</b>	<b>26</b>
<b>Capítulo 4. Plantas na produção herbicidas.....</b>	<b>49</b>
<b>Capítulo 5. Plantas na produção de biodiesel.....</b>	<b>59</b>
<b>Capítulo 6. Plantas nas industria têxtil.....</b>	<b>71</b>

# Capítulo 1



## PLANTAS MEDICINAIS NA PRODUÇÃO DE MEDICAMENTOS

*Gladyane Mendes Belém*

## **Etnobotânica**

O Brasil foi batizado com o nome de uma importante árvore do período colonial a *Paubrasilia echinata*, uma das muitas espécies que compõe uma das maiores floras do mundo, além de abrigar povos com um valioso conhecimento tradicional sobre o uso e aplicação das plantas medicinais. Antes mesmo da chegada dos portugueses em 1500, encontravam aqui os povos indígenas, que de forma indutiva e tradicional cuidavam de seus males através do uso de plantas medicinais, que as utilizavam para o tratamento e a cura das enfermidades de suas tribos bem como nos seus rituais sagrados (BRANDÃO et al., 2018).

Somando aos povos indígenas, o Brasil recebeu os povos africanos que foram trazidos de uma forma não amistosa para o país, entretanto trouxe consigo os costumes e as riquezas étnicas, além de aplicar as plantas medicinais como remédio, bem como em seus rituais. Através da mistura de etnias deu-se o hibridismo cultural, que foi somando aos costumes dos povos europeus, sendo esses, os primeiros a descrever e explorar sobre as riquezas da flora brasileira (LORENZI e MATOS, 2008).

## **Triaga brasílica**

A triaga brasílica originado do latim *theriaca* foi o primeiro remédio produzido e vendido em grandes quantidades no Brasil, o termo se referia a todo antídoto capaz de tratar envenenamentos. A primeira fórmula foi criada pelo rei Mitrídate VI do Ponto (132 a.c. – 63 a.c.), que teve a receita desse poderoso antídoto apropriada após uma conquista territorial pelo general romano Pompeio Magno, que logo mandou traduzi-la, enviando para os médicos romanos. Um século mais tarde o médico de Nero, Andrômaco o velho, utilizou a antiga fórmula do mitridático para compor um novo antídoto. Esse que outrora possuíam 54 ingredientes, entre plantas, minerais e animais, passou conter 62 elementos, a nova fórmula ganhou notoriedade pelo grande poder curativo (LIMA e MORETTO, 2020).



Figura 1. Coleção de Receitas do Colégio dos Jesuítas da Bahia. LIMA e MORETTO, 2020.

Sendo popularizada através do renomado médico grego, Claudio Galeno (129–199 d.C.) que fez a tradução do poderoso antídoto, que foi comercializado por altos preços nas boticas europeias. No entanto o humanista Johan Winter, questionava a tradução galênica, afirmando que a fórmula estava corrompida da original a Theriaca Andromaci Senioris, que ele conheceu na Alemanha, deste modo a partir do século XVI passaram a aceitar somente a fórmula do Andrômaco o velho. No entanto a antiga fórmula continha ingredientes de difícil acesso, abrindo grandes discussões a respeito da receita original, entre os médicos e apoticários (boticários) nas principais boticas Italianas no século XVIII (SANTOS, 2009).

Em um período renascentista e com as influencias dos médicos humanistas, dava-se início a uma grande reformulação da Triaga Magna com ingredientes europeus, para a Triaga Brasílica, com ingredientes nativos do Brasil, essa nova receita surgiu com os padres jesuítas do colégio jesuíta da Bahia, que debateram exaustivamente os novos componentes da nova triaga. A necessidade da reformulação do antídoto, surgiu pela grande dificuldade de se obter os ingredientes europeus em terras brasileiras. Sendo assim os padres jesuítas reuniram seu prévio conhecimento sobre as ervas que manipulavam em suas boticas, e mais as informações sobre as ervas da terra de Santa Cruz (LEITE, 2013).

Isso só foi possível porque os padres foram os precursores na descrição sobre o conhecimento dos índios no período colonial, em seus escritos relatavam sobre a enorme flora brasileira, além disso viram que os ameríndios tinham a floresta como sua grande “farmácia”, com isso elaboraram uma nova fórmula baseada na antiga, porém com a predominância de espécies nativas do Brasil, então estava criada a triaga brasílica, receita que os apoticários a julgavam tão boa ou melhor que a fórmula andromacal (SILVA, 2016).

### **Plantas medicinais e sua utilização ao longo da história do Brasil**

Nas antigas boticas as plantas medicinais faziam parte das variadas fórmulas utilizadas, não existiam os medicamentos sintéticos nos quais temos hoje. As plantas eram o principal componente dos compostos receitados. Os médicos e boticários eram pessoas dedicadas a conhecer a diversidade da flora, saber seus efeitos bem como dominar suas preparações, eram pessoas que dedicavam a vida a estudar sobre as ervas, com o objetivo de restaurar a saúde das pessoas, seus compostos eram vendidos para quem podia pagar e fornecido gratuitamente pelos padres jesuítas (LIMA e MORETTO, 2020).

Através da história percebemos o protagonismo que a flora brasileira possuiu, os europeus logo identificaram esse grandioso potencial, reconheceram a sabedoria nata dos índios que encontraram nas plantas seu alimento, remédio, ornamento e proteção. Vislumbraram na floresta um meio de riqueza a ser explorada porém muitas vezes de forma predatória, a ipecacuanha (*Carapichea ipecacuanha*) foi uma planta amplamente explorada tornando-se rara devido a sua coleta sem controle, foi bastante difundida por toda Europa graças ao potencial emético e antidiarreico (ROCHA et al., 2015).



Figura 2. Ipecacuanha (*Carapichea ipecacuanha*) planta bastante utilizada no período colonial (PPMAC, 2014).

Ao longo da história as plantas medicinais ora esteve em evidência ou em apogeu, no período colonial era utilizada de forma predominante, após a industrialização ocorreu seu declínio devido ao interesse de produção em grande escala, com isso os medicamentos sintéticos começaram a ser empregados, atendendo a uma demanda do mercado. Além disso o estudo sobre as plantas não acompanharam as evoluções científicas, pouco se estudava sobre o assunto, tornando-se o conhecimento obscuro aos olhos da ciência (LORENZI e MATOS, 2008).

Atualmente existe um novo cenário, os estudos em relação as plantas medicinais estão em ascensão, no entanto muito aquém do ideal, estima-se que apenas 1% da flora foi estudada, embora o Brasil represente o maior potencial em biodiversidade do mundo com aproximadamente 43.020 mil espécies, muito pouco dessa flora foi pesquisada (SANTOS, 2009; MMA, 2015).

### **Boas práticas na produção de biofármacos**

Os vegetais apresentam três classes de metabólitos secundários importantes a primeira são os terpenos tendo como os principais representantes os monoterpenos (óleos essenciais) os triterpenos (saponinas) e tetraterpenos (carotenos), a

segunda classe são os compostos fenólicos sendo os flavonoides como as flavonas, ligninas e taninos dentre outros, e por fim os compostos nitrogenados entre eles destacamos a cafeína, morfina, nicotina e outras variedades, essas classes de compostos é que conferem as plantas seus princípios terapêuticos e podem sofrer variações em suas concentrações.

Os compostos secundários desenvolvem variadas funções no corpo da planta como atração, proteção, polinização e ataques de microrganismos, desta forma esses compostos sofrem muitas variações, percebe-se que as plantas silvestres são mais adaptadas as perturbações sofridas no ambiente, desta forma ela acaba produzindo mais compostos do que uma planta cultivada (SIMÕES, 2016; VIZZOTO et al., 2010).

No entanto para a produção de fitofármacos e fitoterápicos é importante que tais metabólitos possam ser padronizados, com o objetivo de se manter a qualidade do produto, sem tantas variações nos biocomponentes ativos, portanto devem ser observados vários fatores sendo; as condições climáticas, edáficas, melhor forma de colheita, tratamento do material vegetal empregado, secagem suficiente, a estabilização para frear as atividades enzimáticas na planta, cuidados com o material fragmentado, embalagens adequadas ao material para não haver reações químicas e nunca ultrapassar o tempo de vida do material que normalmente é de um ano. Atentando a esses e outros protocolos são garantidos a padronização e qualidade da droga vegetal a ser empregada nos fitofármacos e fitomedicamentos (SIMÕES, 2016).

Os medicamentos fitoterápicos possuem menores chances de causarem efeitos colaterais graves, visto que os seus princípios ativos não se encontram isolados, sendo encontrados em menores concentrações no medicamento, outra vantagem está no efeito sinérgico apresentado em um composto, visto que ocorre a associação de diversos mecanismos de ação, além dessas vantagens o custo é um fator importante, tendo em vista que o desenvolvimento de um fármaco convencional envolve altos investimentos em pesquisas.

Na tabela a seguir veremos as etapas de manipulação da droga vegetal para a produção de um fitofármaco e um fitoterápico, são etapas indispensáveis na obtenção e liberação de um novo fármaco de alto padrão para o mercado (YUNES, 2001).

ETAPA	IMPORTÂNCIA
Autenticação botânica da espécie empregada	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identifica gênero, espécie e família da espécie vegetal.</li> <li>Estabelece características botânicas comparativas.</li> </ul>
Partes da planta utilizada	<ul style="list-style-type: none"> <li>Define o perfil fitoquímico, biológico e/ou farmacológico.</li> </ul>
Fatores ambientais	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alteram a qualidade do material vegetal: clima, altitude, fertilidade do solo, emprego de defensivos agrícolas e outras variáveis.</li> </ul>
Fase II	
Condição da colheita e armazenamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>Afeta o perfil fitoquímico.</li> </ul>
Contaminação por outros materiais	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verifica se o material está livre de insetos, fungos, excreta de animais, bactérias, endotoxinas, microtoxinas, defensivos agrícolas e metais pesados, como manganês, urânio, cádmio, mercúrio e arsênico.</li> </ul>
Boas práticas de fabricação	<ul style="list-style-type: none"> <li>Assegura a qualidade do insumo, intermediário e produto final.</li> <li>Acompanha toda a produção de fitoterápicos desde a escolha da semente até a sua dispensação.</li> </ul>
Padronização dos extratos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Quantifica os marcadores químicos e/ou farmacológicos.</li> <li>Identifica a droga vegetal ou pó da planta.</li> </ul>
Controle <u>farmacognóstico</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verifica a presença de outros contaminantes.</li> </ul>
Controle físico-químico	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identifica e quantifica os marcadores.</li> <li>Verifica se há contaminação por defensivos agrícolas e metais pesados.</li> </ul>
Controle microbiológico	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verifica se há contaminação da matéria-prima, produto intermediário e produto acabado por fungos, bactérias e outros microrganismos.</li> </ul>

Fonte: BRANDÃO (1998); BASSANI et al., (2005); BRASIL (2010) IN FIOCRUZ, 2020.

Existem políticas públicas nacionais voltadas para a utilização de fitoterápicos e plantas medicinais, a (PNPMF) Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos (2006), que foi criada com o objetivo de garantir a população o uso seguro e racional das plantas medicinais bem como dos fitoterápicos e ainda assegurar o uso sustentável da biodiversidade. O Plano Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos (2008) se fundamentou no PNPMF, trazendo uma ampliação de serviços ligados a fitoterapia no Sistema Único de Saúde, reconhecendo as práticas na utilização de plantas medicinais e a manipulação de remédios caseiros, além de inserir a agricultura familiar na linha de produção de plantas medicinais regulamentando essas e outras ações voltadas ao setor. Essas e outra políticas buscam normatizar e incentivar a utilização e a produção de medicamentos de origem vegetal (BRASIL, 2006; BRASIL, 2008).

Laboratório/marca	PLANTA MEDICINAL	NOME CIENTÍFICO
Acheflan®	Erva -baleeira	<i>Cordia curassavica</i>
Imunomax®	Unha-de-gato	<i>Uncaria tomentosa</i>
HERBARIUM®	Guaco	<i>Mikania glomerata</i>
HERBARIUM®	Espinheira-santa	<i>Maytenus ilicifolia</i>
BIONUTRI®	Mulungu	<i>Erythrina verna</i>

Figura 3. Medicamentos fitoterápicos de plantas nativas brasileiras. Fonte: Adaptado pelo autor

O Brasil apresenta-se como um país rico culturalmente, tendo as plantas medicinais como terapia ancestral, conta com o conhecimento tradicional dos índios, africanos e portugueses e têm avançado em políticas públicas voltadas as práticas integrativas. Embora o Brasil apresente um enorme potencial na produção de bioprodutos, dada a sua excepcional diversidade. As empresas farmacêuticas precisam avançar muito no setor, ainda não se mostram competitivas comparadas a empresas do resto do mundo (ZUANAZZI e MAYORGA, 2010; BRANDÃO, 2018).

O país investe pouco em mão-de-obra qualificadas para produzir tecnologias, ficando dependentes de empresas estrangeiras. Uma forma de minimizar essa defasagem seria a fusão entre empresas, além de investir em novas tecnologias de produção, outra alternativa seria ampliar as parcerias entre as instituições públicas de pesquisas, com isso haveria a redução nos custos de produção. As instituições de ensino e pesquisas podem contribuir ainda mais com as etapas de produção dos medicamentos, através de suas pesquisas sobre a flora brasileira, além de produzir tecnologias, evidenciando ainda mais a importâncias das instituições de ensino superior e pesquisa no país (YUNES, 2001).

## Referências

- Lima, AA de S, Moretto, LD. As formulas farmaceuticas: Da Theriaca à Triaga Brasília e às farmacopeias. Revista Upfarma. Volume 187, 2020. Paginas 39-41.
- MGL Brandão, Letícia MR, BM Dias, FLB Mugge, VV Leite. Evidence of traditionality of Brazilian medicinal plants: The case studies of *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (barbatimão) barks and *Copaifera* spp. (copaíba) oleoresin in wound healing. Journal of Ethnopharmacology, Volume 219, 2018, Pages 319-336. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378874117310954>. Acesso em 14 de out, 2020.
- Santos, FS dos. As plantas brasileiras, os jesuítas e os indígenas do Brasil: história e ciência na Triaga Brasília (séc.XVII-XVIII). Casa do Novo Autor Editora .São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.dominipublico.gov.br/download/texto/ea000465.pdf> Acesso em 14 out. 2020.
- Leite, BMB. Verdes que em vosso tempo se mostrou. Das boticas jesuíticas da Província do Brasil; Séculos XVII-XVIII. Usos e circulação de plantas no Brasil, séculos XVI-XIX. Rio de Janeiro, Andrea Jakobsson Estúdio, p. 52-93, 2013.
- Yunes, RA, Pedrosa, RC, Cechinel Filho, V. Fármacos e fitoterápicos: a necessidade do desenvolvimento da indústria de fitoterápicos e fitofármacos no Brasil. Química nova, v. 24, n. 1, p. 147-152, 2001.
- Silva, M de L. da. Biografia de um livro raro: manuscrito jesuítico na Biblioteca de Oswaldo Cruz. 2016. Tese de Doutorado.
- Simões, CMO, Schenkel, EP, de Mello, JCP, Mentz, LA, e Petrovick, PR (2016). Farmacognosia: do produto natural ao medicamento. Artmed Editora.
- Rocha, FAG. da et al. O uso terapeutico da flora na história mundial, [S.l.], v. 1, p. 49-61, mar. 2015. ISSN 1807-1600. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/2492>>. Acesso em: 15 nov. 2020.
- CNCFlora. Carapichea ipecacuanha in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Carapichea ipecacuanha](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Carapichea_ipecacuanha)>. Acesso em 15 nov. 2020.
- Vizzoto, M., Krolow, AC., Weber, GEB. Metabólitos secundários encontrados em plantas e sua importância. Documento: Embrapa Clima Temperado, Pelotas, n.316, 2010. p.7-15.
- Abers, R.N.; Oliveira, M. S. de. Nomeações políticas no Ministério do Meio Ambiente (2003-2013): interconexões entre ONGs, partidos e governos. 2015.
- Zuanazzi, JAS., Mayorga, P. Fitoprodutos e desenvolvimento econômico. Química Nova, v. 33, n. 6, p. 1421-1428, 2010.
- MGL. Brandão, Letícia M. Ricardo, J. de P. Souza, A. Andrade. Plants from the Brazilian Traditional Medicine: species from the books of the Polish physician Piotr Czerniewicz (Pedro Luiz Napoleão Chernoviz, 1812-1881). Revista Brasileira de Farmacognosia, Volume 27, Issue 3. 2017, Pages 388-400. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0102695X16303684> Acesso em 15 de out. 2020.

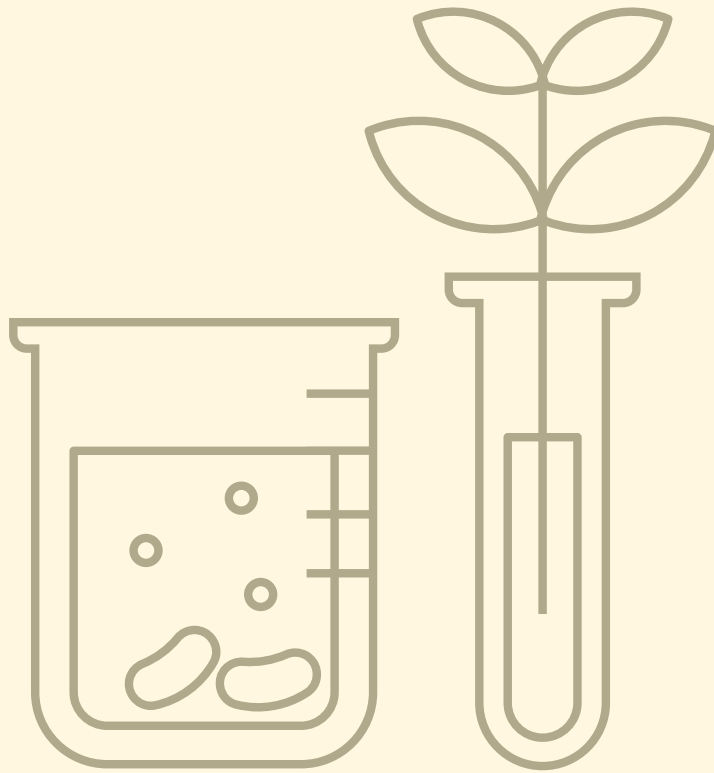
BRASIL. Portaria Nº 971, de 3 de maio de 2006. Aprova a Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares (PNPIC) no Sistema Único de Saúde. Brasília, 2006. Disponível em: [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2006/prt0971\\_03\\_05\\_2006.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2006/prt0971_03_05_2006.html)>. Acesso em 16 out. 2020.

BRASIL. Ministério da saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC nº 14, de 31 de março de 2010. Dispõe sobre o registro de medicamentos fitoterápicos. Diário Oficial da União, Seção I, nº 61, de 31 de março de 2014. Brasília, DF, 2010a. Disponível em: <http://www.crfma.org.br/site/arquivos/legislacao/resolucoes/instrucoes/normativas/danvisa/RDC%2014%202010.pdf>>. Acesso em: 14 out. 2020.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC nº 10, de 9 de março de 2010. Dispõe sobre a notificação de drogas vegetais junto à Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 2010b. Seção 1, p.52-59.

PPMAC, 2014. Plantas Medicinais – Aromáticas – Condimentares. Disponível em: <https://www.ppmac.org/content/ipeca>; Acesso em 05 de dezembro de 2020.

## Capítulo 2



# PLANTAS TRANSGÊNICAS: IMUNIZAÇÃO E BIOFÁBRICAS

*Sthefanie Brito Oliva Mota*

Os seres humanos sempre dependeram das plantas para a sua subsistência, descobertas arqueológicas indicam que a humanidade faz o uso das plantas para se alimentar e tratar enfermidades desde a pré-história (Callaway, 2017). Além disso, os primeiros registros escritos que relatam a utilização e o preparo das plantas medicinais são datados de 40 séculos a.C.(DUARTE, 2006).

Por meio de seu metabolismo complexo, as plantas são capazes de produzir duas classes de moléculas essenciais para a manutenção da vida na Terra. São eles os produtos do metabolismo primário e secundário, também denominados princípios imediatos e ativos.O primeiro grupo de moléculas não possui ação direta sobre o organismo animal, contudo são responsáveis pelos processos fisiológicos de sobrevivência da planta. Já o segundo grupo de moléculas sintetizadas a partir das plantas é capaz de exercer efeitos farmacológicos sobre outros organismos vivos (MUNHOZ DE BUSTAME, 1996). E apesar de não desempenharem funções metabólicas ou fisiológicas na planta, geralmente representam mecanismos adaptativos ao meio em que a plantas e encontra e atuam por diversas vezes como um sistema de defesa produzindo compostos com ação contra predadores, pragas e patógenos, além de criar meios que contornam alguns estresses vivenciados (SAKAMOTO, 2018).

Muito antes do surgimento de meios que propiciaram o desenvolvimento do conhecimento sobre o metabolismo vegetal, o homem aprendeu métodos de cultivo e manipulação das plantas, que somado ao desenvolvimento de novas tecnologias e como passar dos anos tornou possível primeiramente a seleção de caracteres genéticos almejados. Desta forma novos métodos e tecnologias foram sendo incorporados aos meios de produção dando origem à biotecnologia vegetal (CANHOTO, 2010).

De forma geral, a biotecnologia consiste em um conjunto de práticas tecnológicas desenvolvidas a partir da utilização dos

seres vivos existentes e matérias provenientes de suas ações visando o desenvolvimento ou melhoramento de produtos, com aplicações que abrangem desde o dia a dia a atividades pertinentes aos setores industriais (ARAGÃO, 2003).

O desenvolvimento desta área representou para o segmento farmacêutico a descoberta de novos medicamentos (CHÁVEZ et al., 2015). Atualmente milhares de compostos naturais já foram identificados, e aproximadamente 25% dos compostos produzidos pelas plantas são bioativos, sendo que 60% são oriundos de plantas medicinais.

Tais descobertas se fazem relevantes, pois exercem impacto direto sobre a saúde humana, uma vez que princípios ativos extraídos de plantas geralmente são eficientes no tratamento de diversas enfermidades e os efeitos adversos limitados ou inexistentes. Tais características além de tornar as plantas a fonte mais visada para a produção de novos fármacos com ação terapêutica, também propiciou a utilização em setores da indústria para o desenvolvimento de cosméticos, fragrâncias, corantes naturais, agroquímicos, entre outros (SWAMY et al., 2016).

Devido a estas e outras inovações, o campo da biotecnologia se expandiu, possibilitando o desenvolvimento da Engenharia genética. Os marcos precursores da engenharia genética se deram no final da década de 60, a partir do isolamento da enzima DNA Ligase no ano de 1967. Mais tarde, em 1970 foi isolada então a primeira enzima de restrição. A descoberta dessas duas moléculas foi de suma importância, pois possibilitou a realização de cortes no material genético e também a união de um fragmento recortado a outro fragmento, seja ele de um mesmo organismo ou de organismos diferentes. O ato de combinar o material genético de dois ou mais indivíduos por meio da utilização dessas enzimas é denominado tecnologia do DNA recombinante (NICHOLL, 2008).

Estas descobertas deram início a uma nova era. A era dos organismos geneticamente modificados. O primeiro organismo geneticamente modificado utilizado para fins comerciais foi a bactéria *Scherichia coli* que passou a produzir insulina humana após a inserção de genes humanos em seu material DNA (FALEIRO e ANDRADE, 2009).

Apesar de todas as controvérsias que envolvem a utilização de organismos transgênicos, as pesquisas continuaram se desenvolvendo, e tornando-se grande aliada dos setores industriais uma vez que através do melhoramento genético as plantas podem se tornar mais eficientes em seu propósito (CARNEIRO et al., 2009).

O desenvolvimento de plantas transgênicas pode ser classificado em quatro ondas: A primeira refere-se ao fim da década de 1980 onde o objetivo era desenvolver plantas resistentes a insetos, como o milho Bt e a soja RR. As plantas da segunda onda foram criadas para apresentarem maior eficiência nutricional como é o caso do “golden rice”, que possui vitamina A em altas concentrações. A terceira onda tem por objetivo a produção de vegetais para a imunização das pessoas de forma oral, em substituição às vacinas atualmente existentes.

E por fim, a quarta onda denominada biofábricas, que visa a utilização das plantas em substituição aos microrganismos para a produção de compostos medicamentosos. Dessa maneira a indústria farmacêutica é capaz de produzir substâncias a princípio não sintetizadas pela planta em seu interior como já ocorre com o tabaco, milho, batata, entre outros (BARROS, 2004; NAPONUCENO, 2020). A substituição dos mecanismos de produção significa baratear os custos, pois, as plantas são capazes de elaborar os mesmos produtos em uma maior quantidade e com menor necessidade de investimento se comparadas aos microrganismos (FALEIRO E ANDRADE, 2009).

Pode-se tomar como exemplo a fabricação de drogas proteicas. Moléculas como hormônios e enzimas são responsáveis por regular múltiplas funções pertinentes às células, fazendo com que sejam viáveis no tratamento e prevenção de patologias. Por isso tem se tornado cada vez mais frequente o seu uso no tratamento de câncer, doenças degenerativas, metabólicas e infecções, por se tratarem de moléculas altamente seletivas, promovem a diminuição de efeitos adversos e menor grau de toxidez para as células. Contudo os meios para a produção destes componentes é alto custo (KWON e DANIELL, 2016; CRAIK, 2013).

O alto valor na produção de drogas proteicas está relacionado a forma como são sintetizadas. Os meios utilizados geralmente consistem em culturas celulares de mamíferos, fungos ou bactérias, o que exige purificação das proteínas extraídas, além de ambiente com temperatura controlada e dos riscos que envolvem a manipulação de organismos muitas vezes patogênicos. Sem contar o método de aplicação injetável que exige a assistência de profissionais da saúde uma vez que a administração oral de tais substâncias promove a degradação dos princípios ativos antes que entrem na corrente sanguínea devido aos compostos ácidos do estômago (KWON e DANIELL, 2015).

Além disso, a produção de anticorpos antidrogas decorrentes da administração intravenosa de substâncias é um problema enfrentado atualmente por pessoas com diversas doenças relacionadas à síntese de hormônios ou proteínas, a exemplo dos pacientes hemofílicos (LESSINGER, 2016). Aproximadamente 30% das pessoas com hemofilia do tipo A e entre 2 e 5% do tipo B podem apresentar a produção de anticorpos. A hemofilia é uma condição genética congênita onde o indivíduo produz de forma insatisfatória os fatores VIII e XI, responsáveis pela coagulação sanguínea que leva o indivíduo a apresentar hemorragias com diferentes graus de intensidade (MAHLANGU, 2018; NOGAMI e SHIMA, 2019).

Quando se inicia o processo de produção desses anticorpos o corpo do indivíduo sofre uma série de complicações, podendo evoluir inclusive para o choque anafilático. A única alternativa é a indução da tolerância imunológica, estratégia esta arriscada pois os protocolos de tratamento são iniciados apenas depois que os anticorpos neutralizantes começam a se formar podendo levar o paciente a óbito (KWON e DANIELL, 2016).

Pessoas com deficiência na produção de IGF-1, fator de crescimento enfrentam situação semelhante. O fator supracitado é uma proteína que exerce atividade regeneradora de músculos esqueléticos e ossos. Em sua ausência, caso ocorram lesões musculares ou ósseas o indivíduo apresenta complicações no reestabelecimento de sua saúde. O tratamento para a doença atualmente consiste na reposição da proteína por meio da administração de injeções. Apesar de já ser um grande avanço tecnológico a possibilidade de tratamento para essa e outras doenças do gênero eles ainda apresentam altos custos em sua produção, tornando inacessível a uma parte da população (YANG et al., 2020).

O valor elevado para a obtenção desses produtos está relacionado a demandam por instalações propícias para o seu desenvolvimento, técnicas de purificação das substâncias sintetizadas pelos microrganismos, refrigeração constante em temperatura específica, validade curta, possíveis reações alérgicas entre outros fatores (HERZORG et al., 2017).

Em detrimento a essas técnicas que apresentam tantas problemáticas, a produção de antígenos por plantas que têm seu genoma alterado surge como uma alternativa viável. E pesar de alguns estudos a princípio não terem obtido êxito quando feita a administração oral dos produtos devido ação enzimática do estômago, que representava um grande problema a ser resolvido. A busca de novos métodos como a inserção dos genes nos cloroplastos tem apresentado eficácia em transportar as

substâncias até o intestino onde a absorção ocorre, pois as enzimas estomacais não são capazes de digerir a parede de peptidioglicano dos vegetais. Fazendo com que as substâncias consigam chegar ao intestino delgado onde são liberadas no lúmen devido a ação de bactérias comensais e atravessam o epitélio intestinal por meio da ação de carreadores chegando à corrente sanguínea (SACKET et al., 2015).

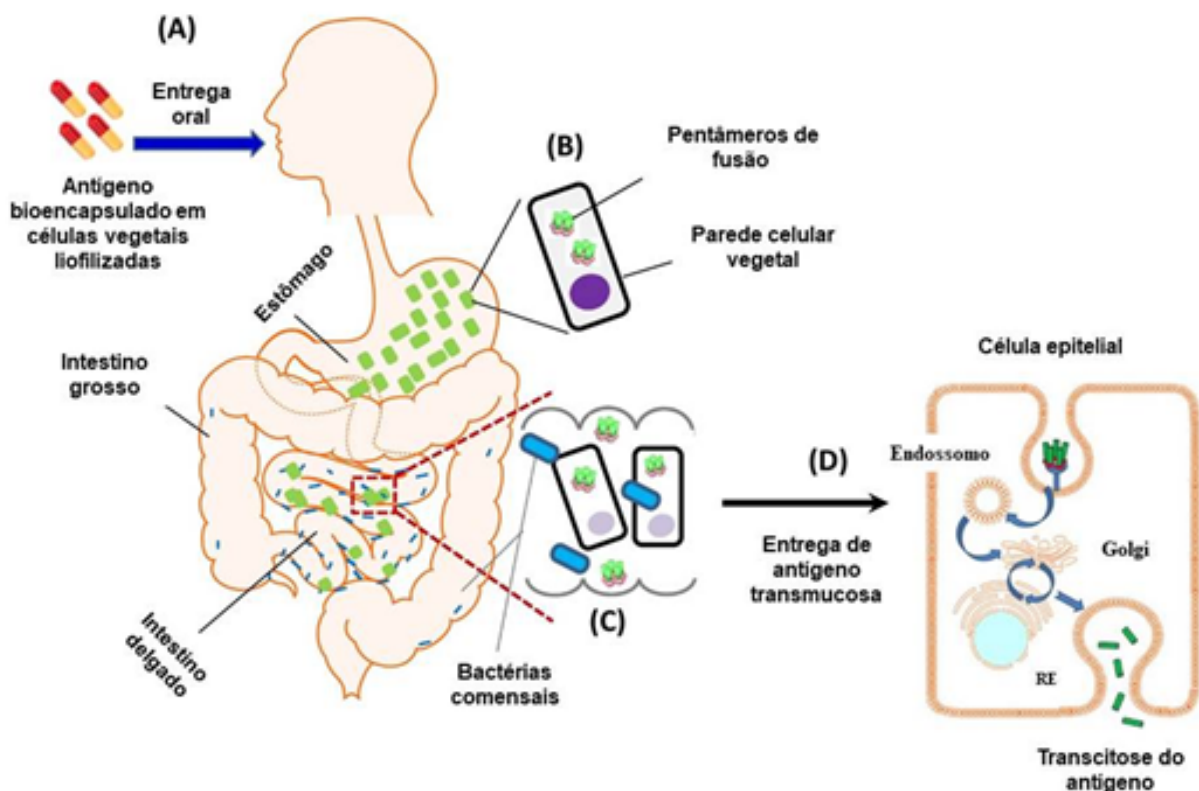


Figura 1. Demonstração de administração oral de antígeno bioencapsulado a fim de prevenir resposta imunológica acentuada. A. Células vegetais portadoras do antígeno sendo administradas oralmente podendo se apresentar na forma de cápsula, ou misturada a um alimento. B. Antígeno bioencapsulado pela parede celular protegendo desta maneira da ação enzimática estomacal. C. Antígenos sendo liberados no lúmen intestinal onde sofrerá ação da microbiota. D. Entrega via mucosa do antígeno. Adaptado de DANIELL et al., 2019.

Os cloroplastos transplastômicos também possuem a característica de conseguirem alcançar altos níveis de expressão, atingindo até 72% de eficiência na síntese de algumas pequenas proteínas (RUHLMANW, 2010) e de até 100 vezes em proteínas maiores além de a característica genética responsável pela produção dos compostos é preservada em sua prole (KWON, 2016).

Os produtos sintetizados pelas plantas, não necessitam ser purificados e após serem liofilizados também apresentam a vantagem de não necessitarem de refrigeração necessidades que tendem a elevar os custos de produção de forma acentuada. A durabilidade também é um diferencial a ser apresentado pois os produtos provenientes das biofábricas podem apresentar durabilidade de até 30 meses em temperatura ambiente (SU et al., 2015; HERZOG et al., 2017).

A evolução da utilização de plantas transgênicas produtoras de fármacos apresenta inúmeros benefícios, o que tem estimulado além da produção de pesquisas no segmento, a aprovação de sua utilização. A maioria dos países atualmente já possui leis que regulamentam o uso dos transgênicos, e apesar de a maioria regulamentarem questões relativas ao setor agrícola em alguns países a produção de drogas proteicas por esse meio já é uma realidade (SU et al., 2016).

Esses estudos demonstram que a evolução da atividade biotecnológica culminou em novos horizontes para a sociedade configurando um passo de essencial importância para o progresso da humanidade (JÚNIOR et al., 2017). E ainda que seja uma ciência nova em que muitos testes estão em estágio preliminar de execução hoje já é possível administração de substâncias proteicas, como forma de substituição aos métodos intravenosos, ou a utilização de cloroplastos modificados para a produção de proteínas. Alternativas estas eficazes no tratamento e prevenção de diversas perturbações que assolam a humanidade (HERZOG et al., 2017).

## Referências

- Barros WP. Estudos tópicos sobre os organismos geneticamente modificados Porto Alegre: Departamento de Artes Gráficas do Tribunal de Justiça do Rio Grande do Sul, 2004. 288 p. Disponível em: [https://tjrs.jus.br/export/poder\\_judiciario/tribunal\\_de\\_justica/centro\\_de\\_estudos/publicacoes/doc/Estudos\\_Topicos\\_sobre\\_Organismos\\_Geneticamente\\_Modificados.pdf](https://tjrs.jus.br/export/poder_judiciario/tribunal_de_justica/centro_de_estudos/publicacoes/doc/Estudos_Topicos_sobre_Organismos_Geneticamente_Modificados.pdf) Acesso em: 14/11/2020.
- Bustamante MFL. de Plantas medicinales y aromaticas: estudio, cultivo y processado. Madrid: Mundi-Prensa, 1993.
- Callaway E. Neanderthal tooth plaque hints at meals- and kisses. Nature, 2017. Disponível em: <https://www.nature.com/news/neanderthal-tooth-plaque-hints-at-meals-and-kisses-1.21593>. Acesso em: 10 /11/ 2020.
- Chavez R, Fierro F, Garcia-Rico RO, Vaca IFilamentous fungi from extreme environments as a promising source of novel bioactive secondary metabolites. Front Microbiol. 2015; 6:903.
- Craik DJ, Fairlie DP, Liras S, Price D. The future of peptide-based drugs. Chemicalbiology&drug design.2013;81(1): 136-147.
- Daniell H, Kulis M, Herzog WR. Plant cell-made protein antigens for induction of Oral tolerance, Biotechnology Advances Volume. 2019;37 (7).
- Faleiro, FG., Andrade, SRM. (Org.) Biotecnologia, Transgênicos e Biossegurança. Planaltina: EMBRAPA, 2009. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/571813/1/faleiro02.pdf> .Acesso em: 16/11/2020.
- Herzog RW, Nichols TC Su, J Zhang B, Sherman A, Merricks EP, Daniell H.Oral tolerance induction in hemophilia B dogs fed with transplastomiclettuce. Molecular Therapy.2017; 25( 2):512-522.
- Júnior HCS, Tabosa CJF, Oliveira JVTF, Almeida DMPF. Avaliação do conhecimento e aplicabilidade dos organismos geneticamente modificados (OGM's): revisão de literatura. Revista Interdisciplinar Ciências e Saude-RICS 2017; 4(2).
- Kumari U, Singh R, Ray T, Rana S, Saha P, Malhotra K,Daniell, H. Validation of leafenzymes in the detergent and textile industries: launching of a new platform technology. Plant biotechnology jornal. 2019; 17(6) :1167-1182.
- Kwon KC, Daniell H. Henry. Oral delivery of protein drugs bioencapsulated in plant cells. Molecular Therapy 2016; 24(8): 1342-1350.
- Leissinger, CA. Advances in the clinical management of inhibitors in hemophilia A and B. In: Seminars in hematology. WB Saunders, 2016. p. 20-27.
- Su J, Zhu L, Sherman A, Wang X, Lin S, Kamesh, A,Daniell, H. Lowcost industrial production of coagulation factor IX bioencapsulated in lettuce cells for oral tolerance induction in hemophilia B. Biomaterials 2015;70 :84-93.
- Mahlangu J N, Bispecific antibody emicizumab for haemophilia A: a break through for patients with inhibitors. BioDrugs.2018; 32(6):561-570.
- Naponuceno AL. Transgênicos: próximas ondas. Disponível em: [https://www.embrapa.br/documents/1355202/1529289/Transg%C3%AAnicos\\_Amea%C3%A7as\\_e\\_Opor\\_tunidades.pdf/51714cf3-0aef-434a-9f67-42360e9a9b2d](https://www.embrapa.br/documents/1355202/1529289/Transg%C3%AAnicos_Amea%C3%A7as_e_Opor_tunidades.pdf/51714cf3-0aef-434a-9f67-42360e9a9b2d). Acesso em: 15/11/2020.
- Nicholl, Desmond ST.An Introduction to Genetic Engineering. Cambridge University Press, 2008.
- Nogami K, Shima M. New therapies using non factor products for patients with hemophilia and inhibitors. Blood. 2019; 133(5): 399-406.
- Ruhlman, T., Verma, D., Samson, N., & Daniell, H. The role ofheterologouschloroplastsequenceelements in transgeneintegrationand expression. Plant physiology.2010; 152(4) 2088-2104.

Sack, M, Hofbauer, A, Fischer, R, e Stoger, E. The increasing value of plant-made proteins. *Current opinion in biotechnology*. 2015; 32: 163–170.

Sakamoto S, Putalun W, Vimolmangkang S, Phoolcharoen W, Shoyama Y, Tanaka H, Morimoto S. Enzyme-linked immunosorbent assay for the quantitative/qualitative analysis of plant secondary metabolites. *J Nat Med*. 2008, 72:32–42.

Su, J, Zhu, L, Sherman, A, Wang, X, Lin, S, Kamesh, A, & Daniell, H Swamy MK, Sinniah UR, Akhtar MS. Antimicrobial properties of plant essential oils against human pathogens and their mode of action: an updated review. *Evid-Based Complement Alternat Med*. 2016;3012462. <https://doi.org/10.1155/2016/3012462>

# Capítulo 3



## I N S E T I C I D A S B O T Â N I C O S

*João Carlos Gomes Figueiredo*

A agricultura em todo o mundo está enfrentando inúmeros desafios, incluindo mudanças climáticas, perda de biodiversidade e aumento da demanda por produção de alimentos (DEUTSCH et al., 2018; ROCKSTROM et al., 2009; TILMAMN et al., 2011). Frente ao aquecimento, provavelmente as espécies de pragas irão mudar suas respostas, mudando geograficamente os impactos das pragas entre as culturas (DEUTSCH et al., 2018). O papel dos inseticidas frente a sociedade como um todo, é de grande importância, visto que, não estamos tratando apenas de produção agrícola, com intuito de eliminar os malefícios ocasionados pelos insetos, mas também devemos levar em conta a saúde humana e à saúde de animais domésticos, no qual as substâncias inseticidas são usadas para reduzir sua densidade populacional (PAVALA, 2016).

Os inseticidas são produtos sintéticos, naturais ou de origem biológica, são tóxicos, mas não são toxinas propriamente ditas, ou seja, são substâncias tóxicas de células ou organismos vivos, liberados deliberadamente no ambiente (TURCHEN et al., 2020).

O inseticida é comumente definido como alguma substância que ocasiona a morte de insetos, no entanto, este conceito entra em desacordo com a definição técnica desses compostos usados dentro da estrutura científica regulamentada, como "qualquer substância ou mistura de substâncias destinadas a matar, atrair, repelir ou prevenir ações destrutivas dos insetos. A descoberta, isolamento, síntese, avaliação toxicológica e impacto ambiental de inseticidas se tornaram em escala global, através da ciência da biotecnologia, objeto de pesquisas nas últimas décadas (GUEDES et al., 2016; GUEDES et al., 2017; WARE e WHITACRE, 2012).

Por ser indispensáveis nas práticas agrícolas, os inseticidas de diferentes classes toxicológicas são uma ferramenta primordial no controle de pragas, de modo que a perpetuação dos altos índices na produção agrícola, não seriam alcançados sem o uso dos inseticidas sintéticos (HASSAN e PRIJONO, 2011; SANTOS et al., 2007).

Mesmo com a enorme contribuição que os inseticidas químicos sintéticos tem em relação ao aumento da performance agrícola, muitos problemas nos sistemas de produção, estão acontecendo devido a utilização intensiva, errônea e por vezes indiscriminadas por um longo período de tempo (YADAV et al., 2015).

Neste cenário, o paradoxo dos inseticidas merece mais atenção, visto que, as preocupações humanas e ambientais com esses compostos permanecem um contraponto ao seu uso crescente em todo o mundo (COOPER e DOBSON, 2007; GHIMIRE e WOODWARD, 2013).

O problema mais recorrente é o envenenamento agudo e crônico de aplicadores, trabalhadores agrícolas e até mesmo consumidores, a mortandade de peixes, pássaros e alguns outros animais selvagens, a interrupção do controle biológico natural e da polinização ao eliminar insetos benéficos, causando dessa forma um aumento demográfico de insetos-pragas, a vasta contaminação de águas subterrâneas, que ameaça de diversas maneiras a saúde humana e ambiental (SENTHIL-NATHAN, 2020). Além disso, a perda de eficácia devido a seleção natural de ordem genética de insetos resistentes aos compostos químicos utilizados, que ocorre quando determinada substância deixa de ser tóxica frente ao organismo, também se torna um grande problema (CURL et al., 2020; SENTHIL-NATHAN, 2020; HASSANE e PRIJONO, 2011; KIM et al., 2010; VIEGAS JÚNIOR, 2003; CORRÊA e EL-WAKEIL, 2013).

Assim, em alguns países o uso de determinados tipos de inseticidas não é mais liberado, o que motiva a busca por novas moléculas para controle de pragas de interesse para a agricultura (SANTOS et al., 2007; PINGALI, 2012). Entre eles, destacam-se os produtos advindos do metabolismo secundário de plantas, que desempenham um papel importantíssimo ao garantir a adaptação flexível às demandas do ambiente que estão em constante mudança (ISMAN, 2006).

Os inseticidas botânicos são geralmente definidos como inseticidas a base de produtos naturais ou derivados da natureza (HADDI et al., 2020; COPPING e MENN 2000; BELMAIN et al., 2012; VILLAYERDE et al., 2014). A utilização de plantas com propriedades bioinseticidas possui vantagens inerentes a sua utilização, como a redução do risco ambiental para mamíferos, maior especificidade e segurança para organismos não-alvo, menor risco de desenvolvimento de resistência e menor persistência ambiental (GLARE et al., 2012; ROSELI et al., 2008, SEIBER et al., 2018). Entretanto, generalizar as percepções acerca dessas moléculas, compostos ou grupos de compostos, podem ser enganosos (HADDI et al., 2020; REGNAULT – ROGER et al., 2012; ISMAN et al., 2020a). Deste modo, não se pode generalizar a premissa de que todos são benéficos (GUEDES et al., 2016; COATS, 1994, BAHLOI et al., 2010; BARBOSA et al., 2015; TOMÉ et al., 2015). Ainda assim, estes bioinseticidas representam uma ampla categoria de compostos (Tabela 1) que são de grande interesse como instrumento de pesquisa para os cientistas desenvolverem inseticidas úteis no controle de pragas (CAMPOS et al., 2019; MIRESMAILLI e ISMAN, 2014).

Os bioinseticidas ou inseticidas botânicos são comumente associados a vantagens percebidas provavelmente associadas ao sufixo “bio”, sendo promovidos como alternativas adequadas aos inseticidas sintéticos em alguns programas de manejo e controle integrado de pragas (HADDI et al., 2020).

O interesse pelos inseticidas botânicos surge então da necessidade de buscar novas substâncias no controle de pragas, que não acarretem danos ao ambiente, resíduos em alimentos, efeitos nocivos sobre organismos não-alvo, que não cause ou retarde o surgimento de resistência, aspectos facilmente observados nos agrotóxicos (GUEDES et al., 2016). Diversas pesquisas vêm demonstrando a ação inseticida de produtos naturais, e essa revisão tem por objetivo detalhar os principais inseticidas botânicos, ao retratar o histórico, sua composição, mecanismos de ação e algumas aplicações.

Tabela 1. Principais compostos secundários e grupos funcionais encontrados em inseticidas botânicos comerciais. Fonte: Adaptado de Velasques et al., 2017.

Família Botânica	Espécie	Parte vegetal	Grupo funcional	Composto ativo	Ação
Amaranthaceae	<u>Anabasisaphylla</u>	Folhas	Alcaloide	Anabasina	Contato
Asteraceae	<u>Chrysanthemumcinerariaefolium</u> , C. <u>roseus</u> e <u>C.carreum</u>	Flores	<u>Piretrina</u>	<u>Piretrina I e II</u>	Contato
Fabaceae	<u>Deris leptica</u>	Raízes	Rotenoide	<u>Rotenona</u>	Contato
Meliaceae	<u>Azadirachta indica</u>	Sementes	<u>Limonoide</u>	<u>Azadiractina</u>	Contato, repelente, antialimentar
Piperaceae	<u>Piper nigrum</u>	Sementes	Alcaloide	Piperina	Veneno estomacal
Salicaceae	<u>Ryania speciosa</u>	Casca	Alcaloide	Rianodina	Contato
Solanaceae	<u>Nicotiana tabaco</u>	Folhas	Alcaloide	Nicotina	Veneno estomacal

## Histórico do uso de plantas como inseticidas

Mesmo com poucos registros históricos, sabe-se que plantas com compostos inseticidas já foram usados na Europa há mais de 3000 anos e a associação percebida entre a agricultura e o uso de inseticidas botânicos provavelmente ocorreu após cerca de 4000 anos (VELASQUES et al., 2017). Essas plantas também foram utilizadas como agentes protetores em colheitas ou nas práticas de armazenamento de alimentos frente as pragas (ISMAN, 2006; GRZYWACZ et al., 2014). Além disso, algumas partes aromáticas e extratos de determinadas plantas foram usadas como repelentes de insetos (BENELLI et al., 2015).

Desde os anos de 1800, o controle inseticida era feito preliminarmente por medidas físicas e culturais, logo em seguida os poucos químicos existentes eram feitos por compostos inorgânicos tais como os arseniciais e fluorados, entre outros (FARIA, 2009). Os primeiros registros históricos indicam que a utilização de bioinseticidas aromáticos derivados de plantas, como repelentes de insetos era um cenário predominante doméstico do que agrícola (PAVELA, 2016).

Como exemplo mais conhecido, destaca-se o uso do pó obtido através da maceração das flores da espécie *Chrysanthemum cinerariae folium* (crisântemo), que se destacou por ser importante no controle de piolhos e pulgas (ABD EL GHANY, 2012). Na Roma antiga, as pessoas comprovaram os efeitos repelentes das substâncias aromáticas das plantas ao fumigar os celeiros com várias plantas aromáticas, como alecrim, mirram e zimbro, além de pendurar próximo as suas entradas (DUBEY, 2011; EL-WAKEIL, 2013).

Devido ao desenvolvimento da produção agrícola intensiva, passaram-se a utilizar as plantas no controle de pragas fitófagas. O primeiro inseticida natural comercial, foi usado no século 17, quando descobriram que a nicotina, obtida das folhas do tabaco, era responsável pela mortalidade do besouro ameixa. Em seguida, por volta de 1850, a rotenona foi elencada como outro inseticida a base de plantas, extraído a partir das raízes do timbó (*Derris spp.*) (ABD EL GHANY, 2012).

Em meados do século XX, tais substâncias foram muito importantes no Brasil, principalmente pelo país ser um grande produtor e exportador de inseticidas botânicos como o piretro, rotenona e nicotina (CASIDA e QUISTAD, 1998; FARIA, 2009).

Os estudos com inseticidas botânicos propriamente ditos iniciaram-se em meados da década de 1940, mas cresceram exponencialmente após a década de 1990, tendência que persiste atualmente (Figura 1 A) (TURCEHN, COSME e GUEDES, 2020). Há um grande número de espécies de diferentes famílias botânicas sendo exploradas, cerca de 190, mas apenas 13 delas possuem maior destaque (Figura 1 B). Segundo Turchen, Cosme e Guedes (2020), a maioria dos estudos são com óleos essenciais, extratos brutos e compostos isolados como fonte de atividade inseticida com uma pequena proporção usando pó vegetal (2,00%) (Figura 1 C).

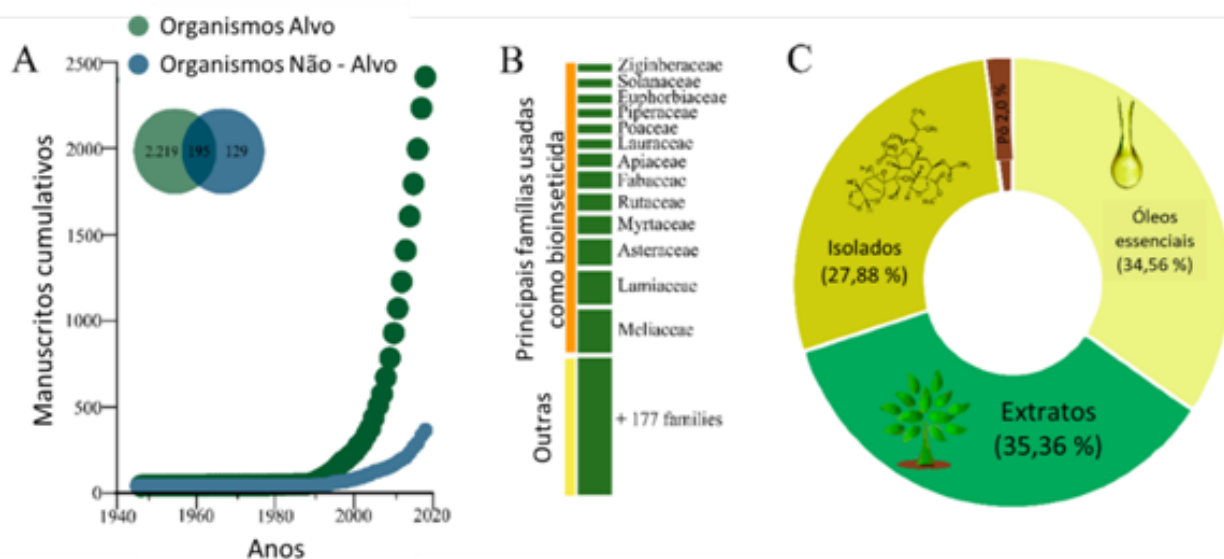


Figura 1. (A) Gráfico do número cumulativo de manuscritos com inseticidas botânicos publicados entre 1945–2019; (B) Principais famílias de plantas exploradas em busca de inseticidas botânicos; (C) e tipo de formulação ou composição usada em estudos com inseticidas botânicos. Fonte: Adaptado de: TURCHEN, COSME e GUEDES (2020).

A busca por técnicas de controle de pragas eficazes e ambientalmente seguras tem se intensificado, tendo como principais estratégias o controle biológico por meio de inimigos naturais presentes no campo, bem como o uso de produtos naturais como os derivados de plantas, assim inseticidas botânicos oferecem uma boa alternativa aos produtos químicos tradicionais para uso em sistemas de proteção de culturas (CAMPOS et al., 2018). Evidências crescentes indicam que uma intensificação sustentável da agricultura pode ser alcançada ao se fazer uso de combinações entre o conhecimento científico e do agricultor para desenvolver práticas ecológicas e agronomicamente compatíveis (PRETTY et al., 2018).

## Principais grupos de inseticidas botânicos

### Óleos essenciais

Óleos essenciais de plantas tem sido utilizado desde os primórdios, mas seu primeiro uso descrito data do século XII por Ibn – Baitar na cidade de Andaluzia (Espanha) (BAUER et al., 2001), logo depois eles foram incluídos nas farmacopeias de países europeus (BURT, 2004). Esses óleos são usualmente odoríferos e por vezes líquidos, constituídos em suma, por moléculas de natureza terpênica, dessa forma, apresentam odor agradável (SAITO e SCRAMIN, 2000; SIMÕES e SPITZER, 1999).

Consistem em misturas complexas de compostos voláteis e lipofílicos, constituídos, aproximadamente de 20 a 60 substâncias, das quais dois ou três são considerados compostos principais em maiores concentrações, enquanto as outras substâncias estão presentes em níveis residuais (BAKKALI et al., 2008).

De acordo com suas vias de síntese metabólica, os constituintes encontrados nos óleos essenciais podem ser classificados em dois grupos químicos: fenilpropanoides, caracteristicamente com baixo peso molecular e terpenoides (sesquiterpenos e monoterpenos) que são os principais constituintes dos óleos essenciais (Figura 2).

Os óleos essenciais de plantas aromáticas são os mais eficazes inseticidas de origem vegetal, devido ao fato de que, na maioria das vezes eles são constituintes da fração ativa dos extratos (COSIMI et al., 2009; RENAULT-ROGER, 1997).

Estes óleos essenciais em consonância com as substâncias ativas, demonstram uma excelente atividade biológica, fornecendo efeitos inseticidas, nematicidas, ovicidas, fúngicos e bactericidas contra patógenos e pragas que são fatores importantes no cultivo agrícola (REGNAULT-ROGER et al., 2012).

The diagram illustrates the process of identifying essential oils from plant diversity. It begins with a central green circle labeled "Diversidade Plantas" (Plant Diversity), surrounded by five smaller green circles, each containing an illustration of a different plant: a herb with small white flowers, a grass-like plant, a plant with small red flowers, a plant with red berries, and a corn cob. An orange arrow labeled "Extração" (Extraction) points from the plant diversity section to a laboratory setup. The laboratory setup includes a round-bottom flask on a stand, a condenser, and a collection flask, connected to a larger piece of equipment with multiple compartments and a digital display. An orange arrow labeled "Identificação Óleo Essencial" (Essential Oil Identification) points from the laboratory setup to a list of chemical structures. The list is organized into three categories, each with a red bracket on the left:

- Fenilpropanóide**: Two chemical structures are shown, including a phenylpropane derivative with a hydroxyl group and a cinnamaldehyde derivative.
- Monoterpeno**: Four chemical structures are shown, including a cyclic monoterpene with a hydroxyl group, a bicyclic monoterpene with a ketone group, and two other linear and cyclic monoterpene structures.
- Sesquiterpeno**: Two chemical structures are shown, including a linear sesquiterpene with a hydroxyl group and a cyclic sesquiterpene with a ketone group.

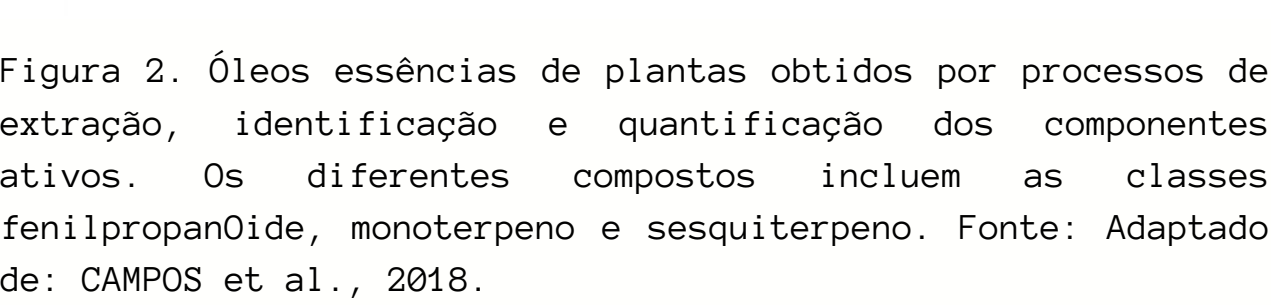


Figura 2. Óleos essenciais de plantas obtidos por processos de extração, identificação e quantificação dos componentes ativos. Os diferentes compostos incluem as classes fenilpropanóide, monoterpreno e sesquiterpreno. Fonte: Adaptado de: CAMPOS et al., 2018.

Os óleos são essenciais produzidos a partir dos metabólitos secundários nas plantas (CAMPOS et al., 2018), que desempenham um papel de grande importância nos ciclos de vida das plantas, atuando em vários mecanismos nas plantas, como defesas contra ataques de patógenos e herbívoros, ou atraindo polinizadores e disseminadores de sementes e também altamente promissores na atividade inseticida (ISMAN, 2006; PAVELA e BENELLI, 2016; REGNAULT-ROGER et al., 2012), além de ser os responsáveis pelos diferentes sabores e aromas das plantas aromáticas (NAGEGOWDA, 2010).

Alguns exemplos de óleos essenciais incluem o 1,8-cineol, o principal constituinte dos óleos de alecrim (*Rosmarinus officinale*) e do eucalipto (*Eucalyptus globus*), o eugenol de óleo de cravo (*Syzygium aromaticum*); o timol de tomilho de jardim (*Thymus vulgaris*) e o mentol de várias espécies de hortelã (espécie *Mentha*) (ISMAN, 1999; ISMAN et al., 2006). O óleo essencial produzido pelo *Chenopodium ambrosoides*, foi considerado um importante inseticida para o controle de pragas (CHIASSON, 2004). A partir desse óleo, foi desenvolvido o primeiro inseticida botânico formulado nos Estados Unidos (2008), comercializado pela Bayer Crop Science como Requiem, se tornando o botânico amplamente mais utilizado na proteção de lavouras na América do Norte (ISNAM, 2020).

### Piretro (Piretroides)

O piretro, popularmente conhecido como pó da Pérsia, é bem reconhecido de uma ampla variedade de inseticidas piretroides sintéticos. Este composto é extraído das flores de *Chrysanthemum cinerariaefolium*, compreendendo três conjuntos químicos relacionados aos produtos naturais: piretrina I (cinerin I, jasmolin I e piretrina I), piretrina II (cinerina II, jasmolina II e piretrina II) (CROMBIES ELLIOTT, 1966; MATSUO, 2019). As piretrinas fazem parte de uma pequena classe de metabólitos especializados, responsáveis por fornecer à planta defesa química endógena contra insetos herbívoros e patógenos fúngicos (GRDISA, 2013).

As propriedades inseticidas do piretro são conhecidas na Europa Ocidental e nos Estados Unidos desde a década de 1840, mas foram possivelmente descobertas na Europa Oriental já no final do século 17 (MC LAUGHLIN, 1973), foram usados primariamente como inseticidas domésticos no século 19 (LANGE e AKESSON, 1973). Já no início do século 20, se tornaram ferramentas importantes para a prevenção de doenças transmitidas por insetos (malária, febre amarela, etc) (ORENSTEIN, 1913) e como alternativas aos pesticidas agrícolas, uma vez que, os químicos são amplamente usados e possuem alta toxicidade para mamíferos (por exemplo, o arsênico e o cianeto) (FRYER et al., 1913).

Dentre os seus mais diversos modos de aplicabilidade, ao usá-los como um spray ou pó, tanto as piretrinas naturais quanto seus derivados piretroides sintéticos causam “knockdown” e morte de insetos ao se ligar a canais de sódio dependentes de voltagem no sistema nervoso do inseto, resultando em atividade persistente do canal (MATSUO, 2019). Passados 100 anos desde a primeira identificação, os pesquisados estão explorando novamente as piretrinas naturais como inseticidas (CHEN et al., 2018; SIAL et al., 2019; KORUNIC, 2020).

Com intuito de resolver o problema da piretrina em relação a sua fotodegradação, os piretroides foram desenvolvidos como solução para este problema (DEMOUTE, 1989), visto que as piretrinas naturais apresentam meias-vidas de 2 h a 2 dias em ambientes agrícolas (FENG et al., 2018). Já os piretroides sintéticos exibem meias-vidas de semanas a meses (KATAGI, 1991). No entanto, ascensão das longas meias-vidas dos piretroides sintéticos, provocaram persistência ambiental, danos ecológicos (HARTZ et al., 2019).

e desenvolvimento de resistência frente as pragas de insetos agrícolas e vetores de doenças (SERRANO et al., 2019; BARBOSA et al., 2019). Como alento a essas questões acima, as piretrinas naturais se mostram eficazes contra uma gama de insetos que, por ventura, desenvolveram resistência aos piretroides sintéticos (SCOTT et al., 2013).

Deste modo, com o advento das pesquisas de engenharia genética, a promessa de aumentar a produção comercial de piretrina através de hospedeiros heterólogos ou plantas de cultivo, proporcionaram o início de uma nova era para o uso destes compostos como inseticidas agrícolas (XU et al., 2018; 2018; LYBRAND et al., 2020).

### Rotenona (Rotenoides)

As rotenonas estão entre as variadas isoflavonas sintetizadas nas raízes ou rizomas de leguminosas tropicais, sendo compostos secundários extremamente tóxicos capazes de inibir o apetite dos insetos, e portanto consideradas como veneno estomacal, pois é necessário ingerir para ser mais eficaz e induzir a morte, que pode ser em horas ou dias (VELASQUES, 2017).

Foram isoladas primariamente das raízes ou rizomas de *Derris spp.* na Ásia tropical, em espécies de *Lonchocarpus spp* (aproximadamente 13%) e 5% produzidos em espécies nativas do hemisfério ocidental (ZHANG et al., 2020).

Também são encontradas nas espécies do gênero *Tephrosia* (Leguminosae) como nas vargens de *Tephrosiavogelii* (OLIVEIRA et al., 2012). Elas também são abundantes em aproximadamente 67 espécies pertencentes a família Fabaceae e produzem um inseticida não sistêmico de amplo espectro utilizado no controle de pulgões e insetos sugadores de seiva (XUE HUANG, 2001).

A degradação das rotenonas, é rápida, no entanto, são mais persistentes ao se comparar com as piretrinas, sendo que, podem durar de 3 a 4 dias em contato com o ar e a luz solar (YANG et al., 2008). É considerado como o mais tóxico dos rotenoides (LING, 2002), sendo que sua ação envolve a inibição do transporte de elétrons no nível mitocondrial, bloqueando a fosforilação do ADP (adenosina di-fosfato) em ATP (adenosina trifosfato), inibindo assim o metabolismo do inseto (LING, 2002).

É um inseticida seletivo, não sistêmico, com ação de contato e estômago e atividade acaricida secundária (GUPTA, 2002). Tem sido usado como um inseticida para controlar uma ampla gama de pragas de artrópodes, incluindo besouro do pepino, besouro de pulga, inseto arlequin, cigarrinhas, escamas, cigarrinhas, percevejos, tripes e algumas minhocas da fruta (KEREBBA, et al., 2019).

Folhas secas de *T. vogelii* foram usadas para proteger as sementes de leguminosas armazenadas dos danos causados pelos bruquídeos (KOONAEDORN, 2005). Comercialmente, a rotenona é comumente extraída das raízes de plantas cúbicas (*Lonchocarpus utilis*), barbasco (*Lonchocarpus urucu*), derris (*Derris elliptica*) (ZHANG et al., 2020) e também de *Tephrosia spp* e *Dalbergia paniculata* (LING, 2002).

## Nicotina

A nicotina é encontrada em mais de 15 espécies do gênero *Nicotiana*. Em representantes de família Solanaceae, a presença deste composto também é expressiva, mas são encontradas, majoritariamente em *Nicotiana tabacum* e *Nicotiana rustica*, dentre outras espécies relacionadas, e possuem uma longa história como inseticida (VELASQUES et al., 2017). Na literatura, as espécies desse gênero são ditas como tóxicas, ornamentais e promissoras como fonte de substâncias inseticidas (KEERIO et al., 2017).

A nicotina, juntamente com a nornicotina e a anabasina, dois alcaloides intimamente relacionados, são venenos sinápticos que atuam no sistema nervoso central, ou seja, é neurotóxica, sendo considerada uma substância semelhante à acetilcolina, que é o neurotransmissor excitatório nos insetos (ZENG et al., 2020). Ela limita a acetilcolina e ativa o receptor nicotínico, causando um influxo de íons sódio para inundar o receptor (ELDEFRAWI e ELDEFRAWI, 1990).

Tais substâncias são ativadas por contato e são absorvidos pelo tegumento do inseto, e também agem como agente fumigante em estufas, possui volatilização relativamente baixa, sendo, deste modo, pouco tóxica às plantas (ILEKE et al., 2015; UDIN et al., 2019).

A espécie *Nicotina tabacum*, vem desempenhando atividade inseticida importante, como no uso de seus extratos no controle da mariposa ocidental (*Grapholia molesta*), conhecida como praga dos frutos, que acarreta inúmeros prejuízos, sendo que a nicotina é o principal composto presente na espécie (SARKER E LIM, 2020). Essa mesma planta também reduziu 93% da população de *Plutellaxy lostella* em um campo de repolho (AMOABENG et al., 2013). Seu potencial como inseticida contra insetos hemípteros também foi descrito (KEERIO et al., 2017; UDIN et al., 2019), incluindo espécies de cochonilha, como *Pheacoccusso lenopsis* (RIZVI et al., 2015).

## Azadiractina

Azadirachta indica conhecida popularmente como neen, é uma árvore amplamente utilizada na medicina tradicional por mais de 2.000 anos (BANELLI et al., 2017; SALEEM et al., 2018). Esta árvore é originária da Índia e do sudeste da Ásia, no entanto, nos dias atuais sua presença é disseminada em todo o mundo, especialmente em regiões tropicais e subtropicais, como no Brasil (BANDYOPADHYAY e BINDU, 2011; ARIBI et al., 2020). Possui como característica, o crescimento acelerado (ARIBI et al., 2020), capacidade de sobreviver frente as intemperes da natureza, como altas temperaturas, baixa precipitação anual e solos pobres e degradados (ARIBI et al., 2020). Por apresentar ampla capacidade de exploração, essa espécie de árvore se tornou um alvo desejável para pesquisadores, principalmente pela possibilidade de obtenção de seus compostos ativos através de todas as suas partes vegetais (FERNANDES et al., 2019; MAITY et al., 2009).

Devido à complexidade química dessa espécie, pouco mais de 300 compostos já foram isolados (KUMAR et al., 2010; SALEEM et al., 2018), com destaque aos limonoides, protolimonoides do grupo gedunina, flavonoides e outros constituintes, como os taninos (MAITY et al., 2009; CHEDIRA e GOETZ, 2014; GUPTA et al., 2017). Apesar da variação na concentração dos constituintes entre as diferentes partes botânicas da planta, a azadiractina, produzida como metabólito secundário é o principal constituinte ativo da espécie (BEZZAR – BENDJAZIA et al., 2017), com maiores concentrações encontradas nas sementes (ALVES et al., 2009). Este composto há muito tempo desperta o interesse de cientistas, pela diversidade de suas propriedades farmacológicas, mas também por sua atividade pesticida (FERNANDES et al., 2019).

O interesse crescente em azadiractina se dá ao fato de que atividades particulares deste composto, incluem um amplo espectro de atividade e possui nenhuma ou baixa toxicidade para mamíferos (FERNANDES et al., 2019).

Este composto é um tetranortriterpenoide da classe dos limonoides e, a sensibilidade ao ácido, base e a luz faz com que seja incorporado um filtro UV, a fim de reduzir os riscos a alterações em sua formulação de modo a não comprometer a sua eficácia (ARIBI, 2020).

Em espécies alvo, a azadiractina ocasiona efeitos notavelmente inibitórios de alimentação, esterilizantes, reguladores do desenvolvimento (BENELLI et al., 2017; CHAUDHARY et al., 2017), citotoxicidade, apoptose de células, efeitos antimitóticos e crescimento anormal (MORDUE et al., 2010). Também são capazes de induzir uma gama de alterações em vários processos reprodutivos, como fertilidade, oviposição, viabilidade do ovo, oogênese, vitelogênese, espermiogênese e desenvolvimento das gônadas (MORDUE et al., 2010; CHAUDHARY et al., 2017; ARIBI et al., 2017).

A azadiractina causa impactos na quimiorrecepção, danos a vários tecidos, como músculos (supressão do peristaltismo), corpo adiposo ou células intestinais (CHAUDHARY et al., 2017; SHU et al., 2018), além de causar também a perturbação dos processos digestivos fisiológicos e bioquímicos (CHAUDHARY et al., 2017).

A azadiractina também atua no sistema nervoso central (SNC), inibindo a transmissão colinérgica excitatória através dos canais de cálcio (QIAO et al., 2014). No entanto, apesar do interesse que esta molécula tem despertado nas últimas quatro décadas, ainda há lacunas sobre seus mecanismos de ação e a origem de seu efeito inseticida (CHAUDHARY et al., 2017; BENELLI et al., 2017), deste modo compreender a definição da inter-relação entre a estrutura da molécula e sua atividade parece crucial para que compreender as interações moleculares realmente responsáveis pelas diferentes bioatividades da azadiractina (FERNANDES et al., 2019).

## **Considerações Finais**

Apesar de haver amplo conhecimento sobre os inseticidas botânicos, percebe-se que essa é uma linha de pesquisa que ainda necessita ser mais estudada. O Brasil possui uma gama de espécies que podem ter potencial para produção de compostos secundários que por sua vez podem vir a ser utilizados como inseticidas botânicos. Entretanto, a pesquisa com substâncias ativas derivadas de plantas no país ainda não é suficientemente desenvolvida (MARANGONI et al., 2013). Há registros, por exemplo, da eficiência de extratos de plantas do cerrado em combater *Rhodnius milesi* e *Aedes aegypti* (COELHO et al., 2006; RODRIGUES et al., 2006). Além disso, inseticidas botânicos caseiros são muito utilizados por agricultores de subsistência em países de baixa renda, utilizando espécies tais como erva-daninha (*Chromolaena odorata*), mãe do cacau (*Gliricidia sepium*) e moringa (*Moringa oleifera*) (DOUGOUND et al., 2019).

Nesse sentido, pesquisas que investiguem esses compostos poderiam contribuir com esse campo e também com uma agricultura mais sustentável.

Por outro lado, existe uma dificuldade na aprovação para uso e comercialização de compostos secundários de plantas, e muitas vezes seu uso permanece restrito principalmente à agricultura orgânica (TURCHEN, COSME e GUEDES, 2020). Um conjunto de falhas técnicas e algumas das características inerentes aos fitoquímicos (ação lenta, eficácia variável e baixa persistência) são as principais razões pela baixa entrada desses compostos no mercado agrícola (TURCHEN, COSME e GUEDES, 2020). Portanto, essas também são barreiras que devem ser ultrapassadas.

De qualquer forma, o uso milenar desses compostos, a grande diversidade vegetal e os grandes problemas que os inseticidas sintéticos tem causado associado com o desequilíbrio ambiental causado pelo homem indicam que utilizar os metabólitos secundários das plantas é o melhor caminho para enfrentar os desafios da produção de alimentos dos próximos anos.

## Referências

- Abd El Ghany, AM. (2012). Plant extracts as effective compounds pest control. Saarbrücken, LAP Lambert Academic Publishing AG e Co KG.
- Alves, PD, Brandão, MG, Nunan, EA, e Vianna-Soares, CD. (2009). Chromatographic evaluation and antimicrobial activity of Neem (*Azadirachta indica* A. Juss., Meliaceae) leaves hydroalcoholic extracts. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 19(2B), 510–515.
- Amoabeng, BW., Gurr, GN., Gitau, CW., Nicol, HL., Munyakazi, L., e Stevenson, PC. (2013). Tri-trophic insecticidal effects of African plants against cabbage pest. *Plos one*, 8(10), e78651.
- Aribi, N., Denis, B., Kilani-Morakchi, S., e Joly, D. (2020). L'azadirachtine, un pesticide naturel aux effets multiples. *Médecine/sciences*, 36(1), 44–49
- Aribi, N., Oulhaci, M. C., Kilani-Morakchi, S., Sandoz, J. C., Kaiser, L., Denis, B., e Joly, D. (2017). Azadirachtin impact on mate choice, female sexual receptivity and male activity in *Drosophila melanogaster* (Diptera: Drosophilidae). *Pesticide biochemistry and physiology*, 143, 95–101.
- Bahlai, CA., Xue, Y., McCreary, CM., Schaafsma, AW., e Hallett, RH. (2010). Choosing organic pesticides over synthetic pesticides may not effectively mitigate environmental risk in soybeans. *PloS one*, 5(6), e11250.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., e Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils—a review. *Food and chemical toxicology*, 46(2), 446–475.
- Bandyopadhyay, U., e Bindu, S. (2011). Beneficial effect of neem on human health. Akhlaq A. Farooqui et al., P.(ed.) *Phytochemicals and Human Health*. Nova Science Publishers, Inc.
- Barbosa, WF., Tomé, HVV., Bernardes, RC., Siqueira, MAL., Smagghe, G., e Guedes, RNC. (2015). Biopesticide-induced behavioral and morphological alterations in the stingless bee *Melipona quadrifasciata*. *Environmental toxicology and chemistry*, 34(9), 2149–2158.
- Belmain, S. R., Amoah, B. A., Nyirenda, S. P., Kamanula, J. F., e Stevenson, P. C. (2012). Highly variable insect control efficacy of *Tephrosia vogelii* chemotypes. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(40), 10055–10063.
- Benelli, G. (2015). Research in mosquito control: current challenges for a brighter future. *Parasitology research*, 114(8), 2801–2805.
- Benelli, G., Canale, A., Toniolo, C., Higuchi, A., Murugan, K., Pavela, R., e Nicoletti, M. (2017). Neem (*Azadirachta indica*): towards the ideal insecticide? *Natural product research*, 31(4), 369–386.
- Bezzar-Bendjazia, R., Kilani-Morakchi, S., Maroua, F., e Aribi, N. (2017). Azadirachtin induced larval avoidance and antifeeding by disruption of food intake and digestive enzymes in *Drosophila melanogaster* (Diptera: Drosophilidae). *Pesticide biochemistry and physiology*, 143, 135–140.
- Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International journal of food microbiology*, 94(3), 223–253.
- Campos, EV., Proença, PL., Oliveira, JL., Bakshi, M., Abhilash, PC., e Fraceto, LF. (2019). Use of botanical insecticides for sustainable agriculture: Future perspectives. *Ecological Indicators*, 105, 483–495.
- Casida, JE., e Quistad, GB. (1995). *Pyrethrum flowers: production, chemistry, toxicology, and uses*. In *International Symposium on Pyrethrum Flowers: Production, Chemistry, Toxicology and Uses*, Honolulu, Hawaii (USA), 1992. Oxford University Press.
- Chaudhary, S., Kanwar, RK., Sehgal, A., Cahill, DM., Barrow, CJ., Sehgal, R., e Kanwar, JR. (2017). Progress on *Azadirachta indica* based biopesticides in replacing synthetic toxic pesticides. *Frontiers in plant science*, 8, 610.

Chen, M., Du, Y., Zhu, G., Takamatsu, G., Ihara, M., Matsuda, K., e Dong, K. (2018). Action of six pyrethrins purified from the botanical insecticide pyrethrum on cockroach sodium channels expressed in *Xenopus* oocytes. *Pesticide biochemistry and physiology*, 151, 82–89.

Chiasson, H., Vincent, C., e Bostanian, NJ. (2004). Insecticidal properties of a *Chenopodium*-based botanical. *Journal of economic entomology*, 97(4), 1378–1383.

Coats, J. R. (1994). Risks from natural versus synthetic insecticides. *Annual review of entomology*, 39(1), 489–515.

Coelho, AA., Paula, JED., e Espíndola, LS. (2006). Insecticidal activity of cerrado plant extracts on *Rhodnius milesi* Carcavallo, Rocha, Galvão e Jurberg (Hemiptera: Reduviidae), under laboratory conditions. *Neotropical Entomology*, 35(1), 133–138.

Cooper, J., e Dobson, H. (2007). The benefits of pesticides to mankind and the environment. *Crop Protection*, 26(9), 1337–1348.

Copping, LG., e Menn, JJ. (2000). Biopesticides: a review of their action, applications and efficacy. *Pest Management Science: Formerly Pesticide Science*, 56(8), 651–676.

Corrêa, JCR., e Salgado, HRN. (2011). Atividade inseticida das plantas e aplicações: revisão. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, 13(4), 500–506.

Cosimi, S., Rossi, E., Cioni, PL., e Canale, A. (2009). Bioactivity and qualitative analysis of some essential oils from Mediterranean plants against stored-product pests: Evaluation of repellency against *Sitophilus zeamais* Motschulsky, *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) and *Tenebrio molitor* (L.). *Journal of Stored Products Research*, 45(2), 125–132.

Crombie, L., e Elliott, M. (1961). Chemistry of the natural pyrethrins. In *Fortschritte der Chemi e Organischer Naturstoffe/Progress in the Chemistry of Organic Natural Products/Progrès dans la Chimie des Substances Organiques Naturelles* (pp. 120–164). Springer, Vienna.

Curl, CL., Spivak, M., Phinney, R., e Montrose, L. (2020). Synthetic Pesticides and Health in Vulnerable Populations: Agricultural Workers. *Current Environmental Health Reports*, 7(1), 13–29.

de Castro Faria, ÁB. (2009). Revisão sobre alguns grupos de inseticidas utilizados no manejo integrado de pragas florestais A review of some insecticide groups used in forest pest integrated management. *Ambiência*, 5(2), 345–358.

Demoute, JP. (1989). A brief review of the environmental fate and metabolism of pyrethroids. *Pesticide science*, 27(4), 375–385.

Deutsch, CA., Tewksbury, JJ., Tigchelaar, M., Battisti, DS., Merrill, SC., Huey, RB., e Naylor, R. L. (2018). Increase in crop losses to insect pests in a warming climate. *Science*, 361(6405), 916–919.

Dougoud, J., Toepfer, S., Bateman, M., e Jenner, WH. (2019). Efficacy of homemade botanical insecticides based on traditional knowledge. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 39(4), 37.

Dubey, NK. (Ed.). (2011). *Natural products in plant pest management*. CABI.

Eldefrawi ME, Eldefrawi AT. (1990) Nervous-system-based insecticides, pp. 155–207. Em Hodgson E. e Kuhr RJ (Eds.), *Safer Insecticides: Development and Use*, Marcel Dekker, New York.

El-Wakeil NE. (2013) Botanical pesticides and their mode of action. *Gesunde Pflanzen*, 65: 25–149.

Faria, ÁBDC. (2009). Revisão sobre alguns grupos de inseticidas utilizados no manejo integrado de pragas florestais A review of some insecticide groups used in forest pest integrated management. *Ambiência*, 5(2), 345–358.

Feng, X., Pan, L., Wang, C., e Zhang, H. (2018). Residue analysis and risk assessment of pyrethrins in open field and greenhouse turnips. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(1), 877–886.

Fernandes, SR., Barreiros, L., Oliveira, RF., Cruz, A., Prudêncio, C., Oliveira, A.I., Pinho, C., Santos, N., Morgado, J. (2019). Chemistry, bioactivities, extraction and analysis of azadirachtin: State-of-the-art. *Fitoterapia*, 134, 141–150.

Fryer, JCF., Tattersfield, F., e Gimingham, CT. (1928). English-Grown Pyrethrum as an Insecticide. I. Annals of Applied Biology, 15, 423-45.

Ghedira K, Goetz P. (2014) *Azadirachta indica* A. Juss. Neem, Meliaceae. *Phytothérapie*; 12 : 252-7.

Ghimire, N., e Woodward, RT. (2013). Under-and over-use of pesticides: An international analysis. *Ecological Economics*, 89, 73-81.

Matthews, G. A. (2008). Glare, T., Caradus, J., Gelernter, W., Jackson, T., Keyhani, N., Köhl, J., e Stewart, A. (2012). Have biopesticides come of age? *Trends in biotechnology*, 30(5), 250-258.

Grdiša, M., Babić, S., Periša, M., Carović-Stanko, K., Kolak, I., Liber, Z., e Satovic, Z. (2013). Chemical diversity of the natural populations of Dalmatian Pyrethrum (*Tanacetum cinerariifolium* (TREVIR.) SCH. BIP.) in

Grzywacz, D., Stevenson, PC., Mushobozi, WL., Belmain, S., e Wilson, K. (2014). The use of indigenous ecological resources for pest control in Africa. *Food Security*, 6(1), 71-86.

Guedes, RNC., Smagghe, G., Stark, JD., e Desneux, N. (2016). Pesticide-induced stress in arthropod pests for optimized integrated pest management programs. *Annual review of entomology*, 61, 43-62.

Guedes, RNC., Walse, SS., e Throne, JE. (2017). Sublethal exposure, insecticide resistance, and community stress. *Current opinion in insect science*, 21, 47-53.

Gupta, RC. Rotenone. (2014) In *Encyclopedia of Toxicology*, 3rd ed.; Philip, W., Ed.; Academic Press; Elsevier: London, UK. pp. 185-187.

Gupta, SC., Prasad, S., Tyagi, AK., Kunnumakkara, AB., e Aggarwal, BB. (2017). Neem (*Azadirachta indica*): An indian traditional panacea with modern molecular basis. *Phytomedicine*, 34, 14-20.

Haddi, K., Turchen, LM., Viteri Jumbo, LO., Guedes, RN., Pereira, EJ., Aguiar, RW., e Oliveira, EE. (2020). Rethinking biorational insecticides for pest management: unintended effects and consequences. *Pest Management Science*.

Hartz, KEH., Nutile, SA., Fung, CY., Sinche, FL., Moran, PW., Van Metre, P. C., e Lydy, MJ. (2019).

Survey of bioaccessible pyrethroid insecticides and sediment toxicity in urban streams of the northeast United States. *Environmental Pollution*, 254, 112931.

Hassan, E., Priyono, D. (2011) Plants as a source of biopesticides for pest control: a new perspective. In: Gokcekus, H., Turker, U.; La Moreaux, JW. (Ed.). *Survival and sustainability: environmental concerns in the 21st century*. Dordrecht: Springer. p. 1491-1508.

Ileke, KD., Oyeniyi, EA., Ogungbite, OC., e Adesina, JM. (2015). *Nicotiana tabacum* a prospective mosquitocide in the management of *Anopheles gambiae* (Giles). *Int J Mosq Res*, 2(4), 19-23.

Isman, M. (1999). Pesticides based on plant essential oils—these oils and their terpenoidal constituents could have a role in pest and disease management. *Pesticide Outlook*, 10(2), 68-72.

Isman, MB. (2006). Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annu. Rev. Entomol.*, 51, 45-66.

Isman, M. B. (2020)a. Botanical insecticides in the twenty-first century—fulfilling their promise? *Annual Review of Entomology*, 65, 233-249.

Isman, MB. (2020)b. Commercial development of plant essential oils and their constituents as active ingredients in bioinsecticides. *Phytochemistry reviews*, 19(2), 235-241.

Katagi, T. (1991). Photodegradation of the pyrethroid insecticide esfenvalerate on soil, clay minerals, and humic acid surfaces. *Journal of agricultural and food chemistry*, 39(7), 1351-1356.

Keerio, AU., Khusk, GM., Lanjar, AG., Jatoi, GH., Lanjar, ZS., Chang, BH., e Khuhro, N A. (2017). Comparative efficacy of leaf extracts of tobacco varieties against cabbage aphid *Brevicorye brassicae* Linnaeus (Homoptera: Aphididae). *Science International (Lahore)*, 29(1), 271–274.

Kerebba, N., Oyedeji, AO., Byamukama, R., Kuria, SK., e Oyedeji, OO. (2019). Pesticidal activity of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray and *Tephrosia vogelii* (Hook f.); phytochemical isolation and characterization: A review. *South African Journal of Botany*, 121, 366–376.

Kim, SI., Yoon, JS., Jung, JW., Hong, KB., Ahn, YJ., e Kwon, HW. (2010). Toxicity and repellency of origanum essential oil and its components against *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) adults. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 13(4), 369–373.

Koona, P., e Dorn, S. (2005). Extracts from *Tephrosia vogelii* for the protection of stored legume seeds against damage by three bruchid species. *Annals of applied biology*, 147(1), 43–48.

Korunic, Z., Liška, A., Lucić, P., Hamel, D., e Rozman, V. (2020). Evaluation of diatomaceous earth formulations enhanced with natural products against stored product insects. *Journal of Stored Products Research*, 86, 101565.

Kumar, M., Shamsi, T. N., Parveen, R., e Fatima, S. (2017). Application of nanotechnology in enhancement of crop productivity and integrated pest management. In *Nanotechnology* (pp. 361–371). Springer, Singapore.

Lange, WH., e Akesson, NB. (1973). Pyrethrum for control of agricultural insects. In *Pyrethrum the Natural Insecticide* (pp. 261–279). Academic Press New York.

Ling, N. (2003). Rotenone a review of its toxicity and use for fisheries management.

Lybrand, DB., Xu, H., Last, RL., e Pichersky, E. (2020). How Plants Synthesize Pyrethrins: Safe and Biodegradable Insecticides. *Trends in Plant Science*.

Maity, P., Biswas, K., Chattopadhyay, I., Banerjee, RK., e Bandyopadhyay, U. (2009). The use of neem for controlling gastric hyperacidity and ulcer. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 23(6), 747–755.

Marangoni, C., de Moura, NF., e Garcia, FRM. (2013). Utilização de óleos essenciais e extratos de plantas no controle de insetos. *Revista de ciências ambientais*, 6(2), 92–112.

Matsuo, N. (2019). Discovery and development of pyrethroid insecticides. *Proceedings of the Japan Academy, Series B*, 95(7), 378–400.

Miresmailli, S., e Isman, MB. (2014). Botanical insecticides inspired by plant-herbivore chemical interactions. *Trends in Plant Science*, 19(1), 29–35.

Mordue, AJ., Morgan, ED., e Nisbet, AJ. (2010). Azadirachtin, a natural product in insect control. *Comprehensive Molecular Insect Science. Biochemistry and Molecular Biology*. 2005. Volume, 4.

Nagegowda, DA. (2010). Plant volatile terpenoid metabolism: biosynthetic genes, transcriptional regulation and subcellular compartmentation. *FEBS letters*, 584(14), 2965–2973.

Oliveira, LCPD., Pinto, JP., Castilho, BP., Medaglia, LR., e Andrei, CC. (2011). Isolating, structural characterization and identification of rotenoids, by GC-MS, of *Tephrosia Vogellii* Hook F; Isolamento, caracterizacao estrutural e identificacao de rotenoides, por CG-EM, de *Tephrosia Vogellii* Hook

F. Orenstein, AJ. (1913). Mosquito Catching in Dwellings in the Prophylaxis of Malaria. *American Journal of Public Health*, 3(2), 106–110.

Pavela, Roman. History, presence and perspective of using plant extracts as commercial botanical insecticides and farm products for protection against insects—a review (2016). *Plant Protection Science*, v. 52, n. 4, p. 229–241.

Pingali, PL. (2012). Green revolution: impacts, limits, and the path ahead. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(31), 12302–12308.

Pretty, J., e Bharucha, ZP. (2015). Integrated pest management for sustainable intensification of agriculture in Asia and Africa. *Insects*, 6(1), 152–182.

Qiao, J., Zou, X., Lai, D., Yan, Y., Wang, Q., Li, W., Deng, S., Xu, H., e Gu, H. (2014). Azadirachtin blocks the calcium channel and modulates the cholinergic miniature synaptic current in the central nervous system of *Drosophila*. *Pest management science*, 70(7), 1041–1047.

Regnault-Roger, C. (1997). The potential of botanical essential oils for insect pest control. *Integrated Pest Management Reviews*, 2(1), 25–34.

Regnault-Roger, C., Vincent, C., e Arnason, J. T. (2012). Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes world. *Annual review of entomology*, 57, 405–424.

Rizvi, SAH., Ikhtlaq, MN., Jaffar, S., e Hussain, S. (2015). Efficacy of some selected synthetic chemical insecticides and bio-pesticides against cotton mealybug, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Sternorrhyncha: Pseudococcidae) under agro ecological conditions of Peshawar. Pakistan. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 3(6), 223–231.

Rockstrom J, Stefen W, Noone K, Persson A, Chapin FS, Lambin E, Lenton TM, Schefer M, Folke C, Schellnhuber HJ, Nykvist B, de Wit CA, Hughes T, van der Leeuw S, Rodhe H, Sorlin S, Snyder PK, Costanza R, Svedin U, Falkenmark M, Karlberg L, Corell RW, Fabry VJ, Hansen J, Walker B, Liverman D, Richardson K, Crutzen P, Foley J (2009) (2009). Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and society*, 14(2).

Rodrigues, AMDS., De Paula, JE., Dégallier, N., Molez, JF., e Espindola, LS. (2006). Larvicidal activity of some Cerrado plant extracts against *Aedes aegypti*. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 22(2), 314–317.

Rosell, G., Quero, C., Coll, J., e Guerrero, A. (2008). Biorational insecticides in pest management. *Journal of Pesticide Science*, 33(2), 103–121.

Saito, ML.; Scramin, S. Plantas aromáticas e seu uso na agricultura. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 48 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 20).

Saleem, S., Muhammad, G., Hussain, MA., e Bukhari, SNA. (2018). A comprehensive review of phytochemical profile, bioactives for pharmaceuticals, and pharmacological attributes of *Azadirachta indica*. *Phytotherapy Research*, 32(7), 1241–1272.

Santos, MD., Areas, MA., e Reyes, FGR. (2008). Piretróides– uma visão geral. *Alimentos e Nutrição Araraquara*, 18(3), 339–349.

Sarker, S., e Lim, UT. (2018). Extract of *Nicotianatabacum* as a potential control agent of *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae). *PloS one*, 13(8), e0198302.

Scott, JG., Leichter, CA., Rinkevihc, FD., Harris, SA., Su, C., Aberegg, LC., e Byford, RL. (2013). Insecticide resistance in house flies from the United States: Resistance levels and frequency of pyrethroid resistance alleles. *Pesticide biochemistry and physiology*, 107(3), 377–384.

Seiber, JN., Coats, J., Duke, SO., e Gross, AD. (2018). Pest management with biopesticides. Senthil-Nathan, S. (2019). A Review of Resistance Mechanisms of Synthetic Insecticides and Botanicals, Phytochemicals, and Essential Oils as Alternative Larvicidal Agents Against Mosquitoes. *Frontiers in Physiology*, 10.

Shu, B., Zhang, J., Cui, G., Sun, R., Yi, X., e Zhong, G. (2018). Azadirachtin affects the growth of *Spodoptera litura* Fabricius by inducing apoptosis in larval midgut. *Frontiers in physiology*, 9, 137.

Sial, AA., Roubos, CR., Gautam, BK., Fanning, PD., Van Timmeren, S., Spies, J., e Curry, S. (2019). Evaluation of organic insecticides for management of spotted-wing drosophila (*Drosophila suzukii*) in berry crops. *Journal of Applied Entomology*, 143(6), 593–608.

Simões, C. (1999). Spitzer. V. Óleos voláteis. Simões, CMO et al. *Farmacognosia: da planta ao medicamento*. Porto Alegre: UFSC.

Tilman, D., Balzer, C., Hill, J., e Befort, B. L. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the national academy of sciences*, 108(50), 20260–20264.

Tomé, HVV., Barbosa, WF., Martins, GF., e Guedes, RNC. (2015). Spinosad in the native stingless bee *Melipona quadrifasciata*: regrettable non-target toxicity of a bioinsecticide. *Chemosphere*, 124, 103–109.

Turchen, LM., Cosme-Júnior, L., e Guedes, RNC. (2020). Plant-derived insecticides under meta-analyses: status, biases, and knowledge gaps. *Insects*, 11(8), 532.

Udin, AM., Chang, BH., Lanjar, AG., Magsi, FH., Bukero, A., Nizamani, IA., e Zhang, Z. (2019). Comparative Efficacy of Leaf Extracts of Different Tobacco Varieties Against Mustard Aphid (*Lipaphis erysimi* Kalt.). *Gesunde Pflanzen*, 71(4), 271–279.

Velasques, J., Cardoso, MH., Abrantes, G., Frihling, BE., Franco, OL., e Migliolo, L. (2017). The rescue of botanical insecticides: A bioinspiration for new niches and needs. *Pesticide biochemistry and physiology*, 143, 14–25.

Vendramim, JD., e Castiglioni, E. (2000). Aleloquímicos, resistência de plantas e plantas inseticidas. *Bases e técnicas do manejo de insetos*. Santa Maria: UFSM/CCR/DFS, 113–128.]

Viegas Júnior, C. (2003). Terpenos com atividade inseticida: uma alternativa para o controle químico de insetos. *Química Nova*, 26(3), 390–400.

Villaverde, JJ., Sevilla-Morán, B., Sandín-España, P., López-Goti, C., e Alonso-Prados, JL. (2014). Biopesticides in the framework of the European Pesticide Regulation (EC) No. 1107/2009. *Pest management science*, 70(1), 2–5.

Ware, GW., Whitacre, DM. *An introduction to insecticides*. (4th edition). In: WARE, G. W. (Ed.). *The pesticide book*. Willoughby: Meister, 2004.

Xu, HH., e Huang, JG. (2001). Advances in the research of rotenone. *Journal of Southwest Agricultural University*, 23(2), 140–143.

Xu, H., Lybrand, D., Bennewitz, S., Tissier, A., Last, RL., e Pichersky, E. (2018). Production of trans-chrysanthemic acid, the monoterpene acid moiety of natural pyrethrin insecticides, in tomato fruit. *Metabolic engineering*, 47, 271–278.

# Capítulo 4



## PLANTAS NA PRODUÇÃO DE HERBICIDAS

*Flávia Gomes Silva*

## Herbicidas no Brasil

Os herbicidas são definidos como agentes biológicos ou substâncias químicas que matam ou inibem o crescimento de espécies específicas. Os agentes biológicos são representados por fungos e outros microrganismos, já as substâncias químicas se dividem em orgânicas ou inorgânicas, a primeira representa a maioria dos herbicidas utilizados atualmente e a segunda representa os produtos utilizados para controle de plantas daninhas no passado, tem se como exemplo o NaCl e o H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (ROMAN et al., 2005).

Classificado como o maior produtor agropecuário do mundo, o Brasil necessita de meios para manter a quantidade dessa produção e assim utiliza de maneira intensa agroquímicos que são aplicados em pré e pós colheitas de lavouras como soja, milho, cana de açúcar, entre outras. Dentre esses produtos os herbicidas químicos são os mais utilizados para o controle de plantas daninha e representam 61,2% total dos agroquímicos empregados no Brasil (PIGNAT et al., 2017, BOMBARDI, 2017).

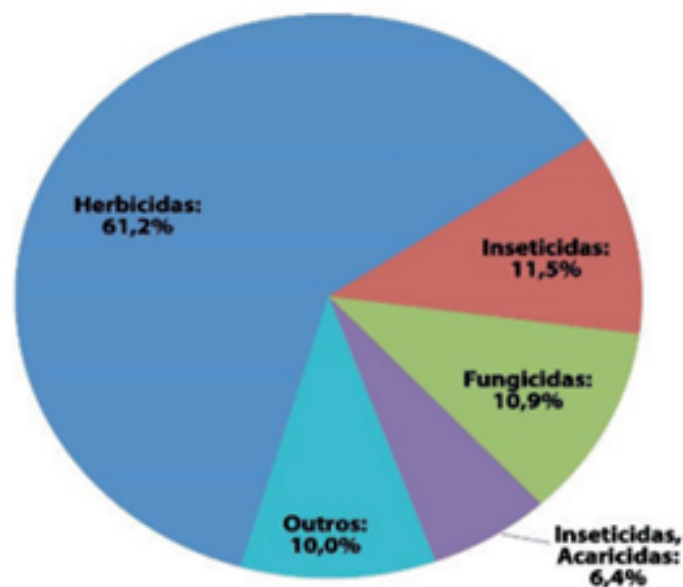


Figura 1. Uso de Agrotóxico por tipo no Brasil. Fonte: (BOMBARDI, 2017)

## **Impasses relativo ao uso de herbicidas químicos**

A problemática com a utilização tanto de herbicidas químicos engloba desde a aplicação até o destino final das embalagens dos produtos, por isso é necessário ter conhecimento das características dessas substâncias (OLIVEIRA et al., 2008).

Com essa grande representatividade, os componentes ativos de herbicidas químicos mais utilizados no Brasil são o glifosato, que representa 63% do uso, o 2,4-D com 11%, a atrazina com 10% e outras variedade de ativos herbicidas disponíveis totalizam 16% (OLIVERIA et al., 2013).

Ha aplicação excessiva desses produtos químicos tem como consequências desequilíbrios ecológicos, como por exemplo a contaminação das águas superficiais e subterrâneas, contaminação dos solos, e também contribui para redução da biodiversidade local da flora e fauna, fazendo com que instabilidades do ecossistema sejam recorrentes (SILVA et al., 2012; BELCHIOR et al., 2014). Além disso, os herbicidas também apresentam vários problemas sobre a saúde humana, já foi relatado que o uso indiscriminado em altas concentrações podem apresentar nas pessoas expostas índice mais elevado de câncer e também maior incidência de defeitos congênitos (OLIVEIRA et al., 2013).

Outro fator que se pode observar é que o emprego habitual de um mesmo herbicida ou de um conjunto de herbicidas com o mesmo mecanismo de ação tem aumentado o aparecimento de populações de plantas daninhas resistente, dessa maneira é interessante a busca por novos herbicidas para o controle dos biótipos resistentes aos herbicidas comerciais, por isso alternativas como compostos naturais na produção de herbicidas tem sido exploradas para diminuir as plantas resistentes e também os impactos ambientais (ROBERTO et al., 2019).

## Planta Daninha

A planta daninha é definida como qualquer vegetal que cresce onde não é desejado, dessa maneira, quando aparecem em culturas agrícolas podem interromper ou interferir nas plantações, pois passam a competir pelos mesmos elementos vitais (água, luz, CO<sub>2</sub> e nutrientes), além disso, comprometem indiretamente essas culturas agrícolas sendo hospedeiras de pragas e doenças antes mesmo da própria cultura apresentar essa infestação (LORENZI, 2014).

O controle de plantas daninhas deve ser uma prática importante nas culturas agrícolas, assim o conhecimento da população de plantas daninhas (fitossociologia de espécies infestantes) como as ferramentas de métodos de controle dessas plantas se torna fundamentais para sucesso do cultivo (OLIVEIRA et al., 2008; SILVA et al., 2018).

No método de controle deve-se avaliar o tipo de exploração agrícola, as espécies daninhas presentes no local do cultivo, o relevo, assim como a disponibilidade de mão de obra e equipamentos locais, além de aspectos ambientais e econômicos. Faz-se necessário também a associação de dois ou mais métodos para se atingir os níveis desejados, a integração de métodos de controle é importante, pois a diversificação das estratégias de manejo da comunidade infestante implica numa maior eficiência e economia no seu controle (SILVA et al., 2018).

Controle Preventivo: são práticas que tem o intuito de prevenir a introdução, disseminação de determinadas espécies em áreas ainda não infestadas. Essa prevenção pode ser dada em nível Estadual ou Municipal, como exemplo de intervenção Estadual pode-se citar legislações em relação a entrada de sementes no país e Municipal conscientização do próprio indivíduo ou grupo de pessoas que previne a disseminação de plantas daninhas (LORENZI, 2014).

Controle Cultural: são práticas comuns que o agricultor aplica em relação ao manejo do solo e da água, como por exemplo, rotação de cultura, variação de espaçamento de cultura e o uso de coberturas verdes (LORENZI, 2014).

Controle Mecânico: são práticas utilizadas através de efeito físico ou mecânico para eliminar as plantas daninhas, como: arranquio manual, capino manual, roçada, inundação, queima, cobertura morta e cultivo mecanizado (LORENZI, 2014). Controle Químico: são produtos químicos que são capazes de matar plantas específicas, são conhecidos como herbicidas (LORENZI, 2014).

Controle Biológico: envolve o uso de inimigos naturais como pragas e doenças para controle das plantas daninhas, a inibição através da alelopatia também é considerado um controle biológico (LORENZI, 2014).

Alelopatia é definida como o efeito capaz de inibir ou beneficiar, direta ou indiretamente, uma planta sobre outra, isso ocorre por produção de compostos químicos que são liberados no ambiente (SOUZA et al., 2006). Nesse sentido a alelopatia pode ser uma ferramenta muito importante para auxiliar a verificação de benefícios ou perdas em um sistema de cultivo, pois além de se apresentar como uma alternativa de manejo integrado de plantas daninhas, pesquisadores podem buscar por formulações naturais em extratos para interferir em processos de germinação de sementes, crescimento e desenvolvimento de mudas (PIRES et al., 2001; GALON et al., 2016).

### **Formulações Naturais de Herbicidas**

A literatura relatou métodos alternativos explorados por pesquisadores com testes em plantas que possuíam efeitos inibitório significativo de várias fitotoxinas liberadas por ervas daninhas na germinação e no crescimento de outras plantas daninhas (ABBAS et al., 2017b).

Tanveer 2019 relata em sua pesquisa a eficiência do extrato aquoso a 5% da planta daninha *Achyranthes áspera* (conhecida popularmente como folha ponto), esse extrato demonstrou potencial herbicida contra outras seis espécies de plantas daninhas em terras cultivadas, inclui *Ageratum conyzoides*, *Alternanthera*, *Philoxeroides*, *Alternanthera sessilis*, *Echinochloa crus-galli* e *Echinochloa colona*. Os resultados se mostraram tão positivos que os extratos de todas as partes da planta inibiram significativamente a porcentagem e velocidade de germinação de todas as plantas daninhas teste quando comparadas com o controle (água) (TANVEER et al., 2019).

Diante de estudos positivos como o apresentado, vários ensaios com extratos de plantas com potencial herbicidas para determinadas tipos de culturas têm sido explorados como apresentado abaixo:

Cultura de Milho: Formigheiri 2018 cita em seu trabalho a influência de exsudatos radiculares e extrato aquoso da parte aérea de losna-do-campo (*A. artemisiifolia*) na germinação e no crescimento inicial de plântulas de milho e soja. A cultura do milho apresentou maior sensibilidade a efeitos alelopáticos de exsudato radicular de *A. artemisiifolia* em comparação a cultura da soja.

Yar 2020 examinou o potencial alelopático de extratos aquosos de sorgo e pó de sorgo em sementes de milho e *Echinochloa colona*. Também avaliou o grau comparativo de impacto alelopático do extrato e pó de sorgo em sementes de milho e *Echinochloa colona* em diferentes germinações e crescimento. No resultado deste experimento foi observado que os extratos aquosos de sorgo, bem como o pó de sorgo, podem ser uma fonte eficiente de controle de diferentes ervas daninhas na cultura do milho, sem afetar a própria cultura em maior extensão (YAR et al., 2020).

Siqueira 2019 avaliou os efeitos do extrato aquoso de raiz de crambe sobre o desenvolvimento inicial da cultura do milho. Os autores tinham como hipótese inicial que o extrato do crambe aumenta a parte aérea e radicular no desenvolvimento inicial da cultura avaliada.

Como resultado, concluiu-se que extrato das raízes de crambe inibiu o desenvolvimento inicial do milho quanto ao comprimento aéreo, massa fresca e seca da parte aérea. (SIQUERIA et al., 2019).

Cultivo Soja: Mendes 2013 avaliou as interferências alelopáticas do extrato da casca de caule de *Persea venosa* em várias concentrações, na germinação e crescimento inicial de plântulas de diferentes espécies cultivadas, observou-se que o comprimento radicular da soja foi afetado de forma mais significativa com o aumento dos extratos, do que a parte aérea. Em relação ao percentual de redução do comprimento da parte aérea observou-se que foi semelhante ao encontrado para o milho, chegando próximo a 40% de inibição. Já o comprimento da raiz, para a maior concentração testada, resultou em aproximadamente 68% de inibição do comprimento (MENDES et al., 2013).

Corsato 2010 O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito alelopático exercido pelo extrato aquoso de folhas verdes de girassol sobre a germinação das sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de duas cultivares de soja, sobre uma de suas invasoras, o picão preto (*Bidens pilosa* L.) O girassol apresenta efeito inibidor sobre as sementes de picão preto, pois o extrato aquoso na concentração a partir de 40% inibiu a germinação desta espécie.

Cultivo de Algodão: Farooq 2018 avaliou o potencial herbicida do sorgo e brássica contra as ervas daninhas do algodão. Foi realizado o extrato aquoso do sorgo e brássica contra as plantas daninhas da cultura de algodão, posteriormente foi realizado o sinergismo do extrato aquoso dessas plantas

associado ao herbicida químico glifosato. Observou-se que s extratos aquoso sozinhos e sinergismo podem ser explorados não apenas para controlar as ervas daninhas do algodão, mas também para aumentar a produtividade do algodão em caroço (FAROOQ et al., 2018).

Além de extratos com eficiência em cultivos a literatura cita outros potenciais herbicida em outras plantas daninhas. Oliveira 2019 por exemplo avaliou o potencial alelopático dos extratos aquosos de braquiária, girassol e sorgo na germinação e crescimento inicial do carrapato mendigo ( *Bidens pilosa* ), os resultados do estudo demonstrou que a braquiária e o sorgo foram eficientes no controle do crescimento inicial de *Bidens pilosa* (OLIVEIRA et al., 2019).

Imatomi 2015 avaliou a atividade fitotóxica de extratos aquosos de folhas de *Blepharocalyx salicifolius*, *Myrcia multiflora*, *Myrcia splendens* e *Myrcia tomentosa* e seus efeitos na germinação e desenvolvimento de três espécies de plantas daninhas: *Echinochloa crus-galli*, *Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea grandifolia*.

O estudo mostrou como resultado que todos os extratos foliares aquosos estudados foram mais fitotóxicos às plantas daninhas que o herbicida, dessa maneira os extratos aquosos avaliados de folhas de Myrtaceae apresentam potencial para o isolamento de compostos ativos que podem ser utilizados para a produção de herbicidas naturais no futuro (IMATOMI et al., 2015).

### **Considerações finais**

Nota-se que vários são os estudos com resultados satisfatórios de plantas com potencial herbicida que podem ser inseridas no mercado, pois além de eficientes são biodegradáveis e raramente são tóxicas para o ser humano e meio ambiente, dessa maneira podem ser usados diretamente como herbicidas naturais ou podem fornecer estruturas principais para a descoberta de herbicidas.

## Referências

- Abbas, T. et al. Influência Allelopática De Ervas Aquáticas Em Agroecossistemas: Uma Revisão. *Planta daninha*, Viçosa, v. 35, 2017.
- Belchior, DCV., Saraiva, AS., Lopez, AMC., Scheidt, GN. Impactos de agrotóxicos sob e o meio ambiente e a saúde humana. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, Brasília. v. 34, n. 1, p. 135– 151, jan./abr. 2014.
- Bombardi, LM. Agrotóxicos e agronegócio: arcaico e moderno se fundem no campo brasileiro.
- Corsato, JM., et.al., Efeito alelopático do extrato aquoso de folhas de girassol sobre a germinação de soja e picão-preto, *Ciências Agrárias*, Londrina, v. 31, n. 2, p. 353–360, abr./jun. 2010.
- Formigheri, Felix B. et al. Alelopatia de *Ambrosia artemisiifolia* na germinação e no crescimento de plântulas de milho e soja. *Rev. de Ciências Agrárias*, Lisboa, v. 41, n. 3, p. 151–160, set. 2018.
- Farooq, O. et al. Potencial herbicida do sorgo e brássica contra as ervas daninhas do algodão. *Planta daninha*, Viçosa, v. 36, e018185592, 2018. Galon, L.; Mossi, A.; Reichert Junior, F.; Reik, G.; Treichel, H.; Forte, C. Manejo biológico de plantas daninhas – breve revisão. *Revista Brasileira de Herbicidas*, v.15, n.1, p.116–125, 2016.
- Garbiatti de Oliveira, Tamiris; Paula Alves Favareto, Ana; Alexandra Antunes, Patricia. Agrotóxicos: Levantamento Dos Mais Utilizados No Oeste Paulista E Seus Efeitos Como Desreguladores Endócrinos. *Periódico Eletrônico “Fórum Ambiental da Alta Paulista”*, [S.l.], v. 9, n. 11, nov. 2013.
- Imatomi, Maristela et al. Efeitos fitotóxicos de extratos aquosos de folhas de quatro espécies de Myrtaceae em três plantas daninhas. *Acta Sci., Agron.*, Maringá, v. 37, n. 2, pág. 241–248, junho de 2015.
- Lorenzi, H.; Manual de Identificação e Controle de Plantas Daninhas. *Plantio direto e convencional*, 7ª edição, p.15–20, 2014.
- Mendes, C.E. et al. Avaliação do potencial fitotóxico de *Persea venosa* Nees& Mart. (Lauraceae) sobre sementes e plântulas de diferentes espécies cultivadas. *Rev. bras. plantas med., Botucatu*, v. 15, n. 3, p. 337–346, 2013.
- Oliveira AR e Freitas SP (2008) Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em áreas de produção de cana-de-açúcar. *Planta Daninha*, 26:33–46.
- Oliveira, TG., Favareto, APA., Antunes, PA. Agrotóxicos: levantamento dos mais utilizados no oeste paulista e seus efeitos como desreguladores endócrinos. *Periódico Eletrônico; Fórum Ambiental da Alta Paulista*, 9(11) 2013.
- Oliveira, Jamile da Silva et al. Extratos aquosos de plantas no controle de *Bidens pilosa* L. *Arq. Inst. Biol.*, São Paulo, v. 86, e0532016, 2019.
- Pignati, Wanderlei Antonio et al. Distribuição espacial do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a Vigilância em Saúde. *Ciênc. saúde coletiva*, Rio de Janeiro, v. 22, n. 10, p. 3281–3293, Oct. 2017.
- Pires, NM., Prates, HT., Pereira Filho, I.A., Oliveira Júnior, RS de, Faria, TCL de. Atividade alelopática da leucena sobre espécies de plantas daninhas. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 61–65, jan./mar. 2001.
- Roman, ES., Como funcionam os herbicidas: da biologia à aplicação, *Passo Fundo: Gráfica Editora Berthier*, 2005.
- Roberto, CEO, Meio Ambiente Inovação com Sustentabilidade 2, Os Impasses Do Uso De Herbicidas Sintéticos E As Potencialidades Dos Bioherbicidas, *CAPÍTULO 8*, 2019.
- Silva, AF. et. al. Controle de Planta daninha – métodos físicos, mecânico, cultural, biológico e alelopático. *Métodos de Controle de Plantas daninhas*, Embrapa, Brasília DF, 2018.

Silva, LOC. et al. Action of Eleusine coracana in the remediation of soil contaminated with picloram. *Planta Daninha*, v. 30, n. 3, p. 627–632, 2012.

Siqueira, JAC, et al., Extrato Alelopático De Raiz De Crambe Sobre Sementes De Milho *Revista Técnico-Científica do CREA-PR* – ISSN 2358-5420, p.1–5, 2019.

Souza, LS. et al. Efeito alelopático de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) sobre o crescimento inicial de sete espécies de plantas cultivadas. *Planta daninha*, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 657–668, Dec. 2006.

Tanveer, A. et al. Explorando o potencial herbicida de *Achyranthes aspera* contra algumas ervas daninhas. *Planta daninha*, Viçosa, v. 37, e019188205, 2019. Yar, S. et al. Influência Alelopática de Extratos Aquosos de Sorgo e Sorgo em Pó sobre os Índices de Germinação e Vigor de Mudas de Milho Híbrido e Arroz Selvagem. *Planta daninha*, Viçosa, v. 38, e020192192, 2020.

Disponível em: <https://www.feedipedia.org/node/489>. Acesso em: 15/11/2020 Disponível em: [https://keyserver.lucidcentral.org/weeds/data/media/Html/cenchrus\\_echinatus.htm](https://keyserver.lucidcentral.org/weeds/data/media/Html/cenchrus_echinatus.htm)

Acesso em: 15/11/20

Disponível

em:

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cardiospermum\\_halicacabum\\_HRM.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cardiospermum_halicacabum_HRM.jpg)

Acesso em: 15/11/20

# Capítulo 5



## PLANTAS NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL

*Fernando Fialho Pires*

Em 1900, o inventor alemão Rudolph Diesel apresentou uma exposição internacional de Paris um motor com um sistema de funcionamento movido a óleo de amendoim, que tinha uma melhor eficiência em relação aos motores movidos a vapor da época. Mas o alto custo na produção de sementes oleagíneas foi um limitador para o uso do motor; a abundância do petróleo e o baixo custo do refino do mesmo, levou a substituição do óleo vegetal, para o óleo refinado do petróleo, sendo conhecido como “óleo diesel” Rudolph (MA E HANNA, 1999).

O uso de óleos vegetais em motores a diesel tem sido incentivado ao redor do mundo, as ideias de Rudolf Diesel voltaram à tona pois apresentam-se como uma proposta viável de energia renovável, para o uso em motores de combustão, devido à alta taxa de emissão de poluentes do mesmo causando malefícios ao meio ambiente e a saúde dos seres humanos.

#### Definição de óleos e gorduras

Óleos e gorduras são classificados como substâncias hidrofóbicas (não solúveis em água) pertencentes a classe dos lipídios, podendo ter origem vegetal, animal ou microbiana (MORETTO e FETT, 1989). Esses compostos podem ser encontrados na natureza em abundância na forma de ácidos graxos livres e seus derivados, exemplo: acilglicerídeos e fosfatídeos.

Esses ácidos são definidos através do tamanho da sua cadeia carbônica e a presença ou ausência de insaturações na sua cadeia hidrofóbica. Os ácidos graxos sem ligação dupla na sua cadeia são chamados de saturados são os que possuem são ácidos insaturados ou contendo mais de uma ligação dupla são os poli-insaturados, tais ligações ainda podem gerar isômeros cis ou trans. Logo óleos e gorduras são constituídos de vários elementos químicos sendo o mais importante os ácidos graxos e seus derivados, sendo esses dois elementos sendo divididos em dois grupos os glicerídeos( quando ligados a uma molécula de glicerol ( $C_3H_8O_3$ ) e os não glicerídeos a relação entre esses

grupos depende basicamente de sua origem (óleo sendo de origem vegetal e gordura tendo sua origem animal).

## **0 biodiesel na matriz energética brasileira**

No Brasil estudos relacionados a óleos vegetais virgens e seus derivados para a substituição do uso do petróleo começaram a ser desenvolvidos em meados do fim da primeira guerra mundial (RICO et al., 2015). Tais estudos estimularam a criação de um programa do governo federal conhecido como Pró-óleo que teve como objetivo fazer o registro das pesquisas realizadas, e testa a variabilidade desses óleos vegetais no uso em caminhões e máquinas agrícolas. Porém o uso desses óleos demonstrou algumas desvantagens como:

- A- Excesso de depósitos de carbono no motor
- B- Entupimento dos filtros de óleo e bicos injetores
- C- Diluição parcial do combustível no lubrificante
- D- Queda da vida útil do motor
- E- E aumento do custo de manutenção dos motores.

Mediante a tais desvantagens foram feitos testes preliminares utilizando ésteres metílicos de óleos vegetais, comprovando a vantagem da reação de transesterificação que resulta em produtos de menor viscosidade e melhores propriedades combustíveis. Várias outras experiências se seguiram, onde os resultados da mesma se encontram registradas no livro "Biodiesel, uma experiência tecnológica em um país engraçado" do Professor Expedito de Sá Parente (RAMOS et al., 2017). Mas a época o preço internacional do petróleo não contribuiu para implantação do uso dessa fonte renovável para o uso no transporte, que juntamente com o programa conhecido como Proálcool criando na mesma época do pro-óleo não progrediram como o esperado (RICO et al., 2015). Anos mais tarde a política energética nacional seguiu com novos testes, onde em 1998, na cidade de Curitiba- PR foram testados 80 mil litros de ésteres metílicos fabricados a partir da soja que foram cedidos pela empresa americana

American Soybean Association (EUA) e testados na forma da mistura B20 (20 % de biodiesel em diesel urbano). Os testes utilizaram uma frota de 20 ônibus de diferentes marcas durante um período de 3 meses. No final dos testes os resultados demonstraram uma redução de 35% da fumaça emitida pelos ônibus. Dada tamanha conquista a Prefeitura Municipal de Curitiba, juntamente com o Instituto de Tecnologia do Paraná (Tecpar) e o Governo do Estado promoveram juntamente com a National Biodiesel Board e da American Soybean Association, um congresso internacional intitulado: Congresso Internacional de Biocombustíveis líquidos.

Com o tema um verdadeiro marco histórico para registrar o início dos trabalhos de inserção do biodiesel na matriz energética nacional. Já em 2000 começou a ser testados ésteres etílicos de produção nacional por parte da Ecomat Ecológica Matogrossense Ltda., Cuiabá -MT onde os testes apresentaram resultados semelhantes em relação ao biodiesel (B20) americano (RAMOS et al., 2017).

Com resultados animadores o governo brasileiro resolveu melhorar o programa pró-óleo, passando a se chamar programa intitulado Programa Nacional de Biocombustíveis (PROBIODIESEL, Portaria 702 do MCT de 30 de outubro de 2002). Com isso foram criados vários programas estaduais de biodiesel, com o objetivo de direcionar o desenvolvimento do local, buscando o melhoramento da distribuição de renda local, apoio à agricultura familiar e projetos de sustentabilidade socioambientais. A projeção inicial da PROBIODIESEL era o uso de cerca de 5% de biodiesel misturados ao diesel de petróleo mistura conhecida como (B5) é o uso do biodiesel 100% (B100) para geradores de energia elétrica. Tendo a soja o principal mantenedor na produção de ésteres etílicos, até que novas rotas tecnológicas fossem descobertas e amadurecidas para o uso comercial. Mas meses após sua criação o programa teve seu conjunto de estudos e teste limitados, mediante uma troca no governo que gerou desconfortos políticos o que limitou a expansão do PROBIODIESEL.

Já em 2003 foi criada uma junta interministerial com a missão de dar continuidade nos estudos e teste a favor do uso dos combustíveis de fontes renováveis, dando início ao Programa Nacional de Produção e uso do biodiesel (PNPB) com lançamento oficial em 06 de dezembro de 2004, juntamente com a Rede Brasileira de tecnologia de Biodiesel (RBTB) que contou com 22 estados da federação que tinha como objetivo articular todos os estados que tinham o queriam ter uma rede estadual de biodiesel, de maneira a facilitar a implantação e estruturação dessas redes e melhorar a divulgação de resultados obtidos pelo programa. Com isso em janeiro de 2005 o uso da mistura B2 foi regulamentada e passou a ser obrigatória em janeiro de 2008.

Através da lei 13.033 de janeiro de 2014 obrigou que a mistura se passa a conter 6% de biodiesel (B6) a partir de 1 de julho, e 7% (B7) a partir de novembro do mesmo ano (BRASIL, 2014). E já em março de 2020 esse percentual subiu para 12% (B12) (ANP, 2020).

### **Principais matérias primas utilizadas para produção de biodiesel no Brasil**

Nosso país apresenta uma grande diversidade de produtos que podem e são usados na produção de biodiesel. Tem como carro chefe a soja *Glycinemax* (L.) Merrill, mas também usando óleos provenientes do girassol *Helianthus annuus* (L), mamona *Ricinus communis* (L), a canola *Brassica napus* (L), pinhão manso *Jatropha curcas* (L), buriti *Mauritia flexuosa* (L.f), o dendê *Elaeis guineensis* (Jacq), babaçu *Attalea speciosa* (Mart) e o amendoim *Arachis hypogaea*. O Brasil possui mais de 350 espécies vegetais com potencial para produção de biodiesel. Óleos provenientes de descarte, como os usados na fritura de alimentos são utilizados como matéria prima alternativa (EMBRAPA, 2014).

O Brasil possui mais de 350 espécies vegetais com potencial para produção de biodiesel, em geral ésteres alquílicos de

ácidos graxos podem ser produzidos através de qualquer matéria prima oleaginosa, mas nem toda matéria prima atende parâmetros internacionais para ser um biodiesel (ATABANI et al., 2012).

Duas instabilidades que um óleo vegetal não pode ter para ser transferido para o biodiesel são a baixa estabilidade de oxidação e viscosidade muito alta, porque pode comprometer o funcionamento dependendo do tipo de motor a ser usado. O óleo de mamona por exemplo possui uma viscosidade de ( $\sim 239 \text{ mm}^2/\text{s}$ ) e produz ésteres com viscosidade de ( $\sim 14 \text{ mm}^2/\text{s}$ ) que é superior a viscosidade recomenda para alguns tipos de motores (BERGMANN et al., 2013). A Tabela 1, adaptada de Bergman e colaboradores, reúne as principais oleaginosas com predisposição para a produção de biodiesel no Brasil.

Tabela 1. Oleaginosas cultivadas no Brasil com potencial para produção de biodiesel.

Cultivar	Óleo (%)	Cultivo	Rendimento de óleo Kg/Ha
Palma (fruto)	22	Perene	2000-8000
Pinhão manso	38	Perene	1200-1500
Babaçu	60	Perene	120
Mamona	8-59	Anual	470
Amendoim	40-60	Anual	788
Girassol	40-47	Anual	774
Soja	18-21	Anual	560
Algodão (caroço)	18-20	Anual	361

Ainda é importante citar que dos produtos citados na tabela muitos ainda se encontram em estágio de estudos passando por testes de:

- A- Teor de óleo vegetal e a complexidade exigida no processo de extração.
- B- Produtividade por unidade de área.
- C- Equilíbrio agrônômico.
- D- Sazonalidade.
- E- Impacto socioeconômico.

A soja continua sendo a principal matéria prima para produção do óleo B100 contendo as cinco grandes regiões de produção do país Tabela 2 equivalendo a 68,3% da produção total um aumento de 9% em relação a 2018. As outras fontes aqui já citadas possuem 16,5% tendo um aumento de 31,5 % em relação a 2018, seguido por gorduras animais com 14,1% um aumento de 1,1% em relação a 2018 Gráfico 1 (ANP, 2020).

Tabela 2. Produção de biodiesel B100 nas cinco grandes regiões do Brasil entre 2010-2019. Fonte: ANP/SDC 2020

GRANDES REGIÕES E UNIDADES DA FEDERAÇÃO	PRODUÇÃO DE BIODIESEL (B100) - (M³)										19/18 %
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
<b>BRASIL</b>	<b>2.386.399</b>	<b>2.672.760</b>	<b>2.717.483</b>	<b>2.917.488</b>	<b>3.419.838</b>	<b>3.937.269</b>	<b>3.801.339</b>	<b>4.291.294</b>	<b>5.350.036</b>	<b>5.901.104</b>	<b>10,30</b>
<b>Região Norte</b>	<b>95.106</b>	<b>103.446</b>	<b>78.654</b>	<b>62.239</b>	<b>84.581</b>	<b>66.225</b>	<b>38.958</b>	<b>7.821</b>	<b>101.339</b>	<b>108.280</b>	<b>6,85</b>
Rondônia	6.190	2.264	8.406	13.553	10.977	4.140	1.035	7.260	16.232	15.862	-2,28
Pará	2.345	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tocantins	86.570	101.182	70.247	48.687	73.604	62.085	37.923	561	85.107	92.418	8,59
<b>Região Nordeste</b>	<b>176.994</b>	<b>176.417</b>	<b>293.573</b>	<b>278.379</b>	<b>233.176</b>	<b>314.717</b>	<b>304.605</b>	<b>290.945</b>	<b>376.338</b>	<b>454.326</b>	<b>20,72</b>
Maranhão	18.705	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ceará	66.337	44.524	62.369	84.191	72.984	87.434	59.390	-	-	-	-
Rio Grande do Norte	-	-	-	-	-	1.799	-	-	-	-	-
Bahia	91.952	131.893	231.204	194.188	160.192	225.484	245.215	290.945	376.338	454.326	20,72
<b>Região Sudeste</b>	<b>420.328</b>	<b>379.410</b>	<b>255.733</b>	<b>261.373</b>	<b>270.891</b>	<b>295.436</b>	<b>254.259</b>	<b>334.058</b>	<b>457.702</b>	<b>499.875</b>	<b>9,21</b>
Minas Gerais	72.693	76.619	80.100	88.020	83.283	92.258	94.798	118.136	127.946	131.112	2,47
Rio de Janeiro	20.177	7.716	17.046	8.891	17.262	18.704	21.669	58.237	96.103	137.673	43,26
São Paulo	327.458	295.076	158.587	164.462	170.345	184.473	137.791	157.685	233.653	231.090	-1,10
<b>Região Sul</b>	<b>675.668</b>	<b>976.928</b>	<b>926.611</b>	<b>1.132.405</b>	<b>1.358.949</b>	<b>1.512.484</b>	<b>1.556.690</b>	<b>1.762.185</b>	<b>2.198.946</b>	<b>2.396.868</b>	<b>9,00</b>
Paraná	69.670	114.819	120.111	210.716	319.222	363.689	392.679	504.244	597.348	659.340	10,38
Santa Catarina	-	-	-	38.358	68.452	34.489	89.252	121.965	122.131	130.473	6,83
Rio Grande do Sul	605.998	862.110	806.500	883.331	971.275	1.114.307	1.074.759	1.135.976	1.479.467	1.607.054	8,62
<b>Região Centro-Oeste</b>	<b>1.018.303</b>	<b>1.036.559</b>	<b>1.162.913</b>	<b>1.183.092</b>	<b>1.472.242</b>	<b>1.748.407</b>	<b>1.646.828</b>	<b>1.896.284</b>	<b>2.215.712</b>	<b>2.441.756</b>	<b>10,20</b>
Mato Grosso do Sul	7.828	31.023	84.054	188.897	217.297	207.484	178.237	265.707	324.483	343.493	5,86
Mato Grosso	568.181	499.950	477.713	418.480	611.108	845.671	818.669	914.007	1.133.560	1.233.622	8,83
Goiás	442.293	505.586	601.146	575.715	643.837	695.252	649.922	716.570	757.669	864.641	14,12

Gráfico 1. Evolução da produção de biodiesel B100 2010–2019.  
Fonte: ANP/SPC 2020.



### Método utilizado para obtenção de Biodiesel

O método estabelecido pelo governo brasileiro é o de transesterificação (Figura 1) que descreve uma classe de reações orgânicas, onde o éster é transformado em álcool através da troca da alcoxila, (quando o éster reage com um álcool, processo denominado alcoolização) por tanto os triglicerídeos na presença de um álcool etílico ou metílico e de um catalizador (básico, ácido ou enzima) pois a reação de transesterificação é uma reação reversível (obtido como produtos; ésteres de cadeia longa (etílicos ou metílicos) o uso dos catalizadores e o álcool em excesso permite a separação homogênea do biodiesel e do glicerol formado (MME, 2016).

O biodiesel apresenta um menor ponto de neblina, viscosidade e densidade, em comparação ao óleo vegetal virgem, mas o poder calorífico de ambos é o mesmo (LÔBO et al., 2009).

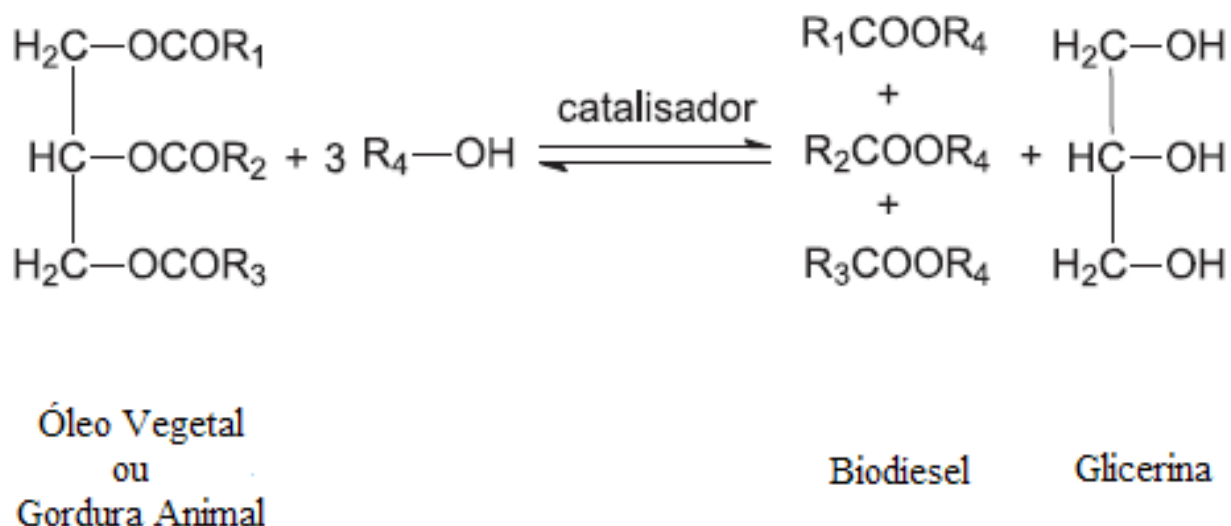


Figura 1. Reação de transesterificação. Fonte: Condições de pré-tratamento do glicerol proveniente da produção de biodiesel utilizando planejamento experimental de PlacettBurman.

### Tipos de catalizadores

Os catalizadores utilizados pode ser de ordem alcalina , acida ou enzimática , a escolha de tal vai depender do tipo e da qualidade de sua matéria prima, o seu teor de acidez e de ácidos graxos (DABOUD et al., 2009).

Um catalizador acido e bom por não apresentar restrições em quanto os ácidos da matéria prima, mas necessita de maior tempo para que a reação ocorra, sendo não indicados quando a matéria prima são óleos residuais, os ácidos mais utilizados são: ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), sulfônico ( $\text{H}-\text{S}(=\text{O})_2-\text{O}$ ), fosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) ou ácido clorídrico ( $\text{HCl}$ ). Já os alcalinos levam bastante em consideração o teor de ácidos graxos livres e de agua presentes na matéria prima, pois pode ocorrer uma saponificação aumentado a viscosidade do produto e dificultando a sua separação, os principais catalizadores alcalinos são os hidróxidos de sódio e potássio ( $\text{NaOH}$  e  $\text{KOH}$ ), carbonatos e os alcóxidos como metóxido de sódio ( $\text{CH}_3\text{ONa}$ ) e metóxido de potássio ( $\text{CH}_3\text{OK}$ ) (DABOUB et al., 2009).

Já o processo enzimático consiste no processo de modificação lipídica catalisada por lipases enzimáticas provenientes de leveduras, bactérias e fungos. Esse método é mais vantajoso que os anteriores pois não leva em consideração o teor de água ou ácidos graxos, e não corre o risco da formação de sabão e a reação de transesterificação pode ser recuperada com maior grau de pureza. Há desvantagem desse método e o alto custo de fabricação e instalação de um biocatalizador e o tempo de demora para que a reação tenha grandes taxas de conversão.

Os principais microrganismos utilizados são: *Burkholderia sp.*, *Rhizo mucormiehei*, *Aspergillus oryzae*, *Candida antarctica*, *Thermomyces lanuginosus*, *Burkholderia cepacia*, *Rhizo pusoryzae* (RAMOS et al., 2017).

### **Etapas de produção**

Em uma produção de produção de biodiesel são envolvidos vários processos unitários (COSTA, 2009) Além da transesterificação, temos os processos de reação e de purificação dos produtos finais. A figura 2 representa o fluxo grama de tais processos na escala industrial utilizando do etanol o metanol (Figura 2).

### **Considerações finais**

As atuais pesquisas visando encontrar métodos alternativos como fontes de energia renováveis são de grande importância, nesse sentido o biodiesel apresenta-se como uma promissora solução na diminuição do uso de combustíveis fósseis. E o Brasil se destaca na cena internacional da produção do Biodiesel, por tanto políticas públicas adequadas e incentivos de natureza econômica e financeira se fazem necessários para que este desenvolvimento se dê de forma coerente e sustentável.

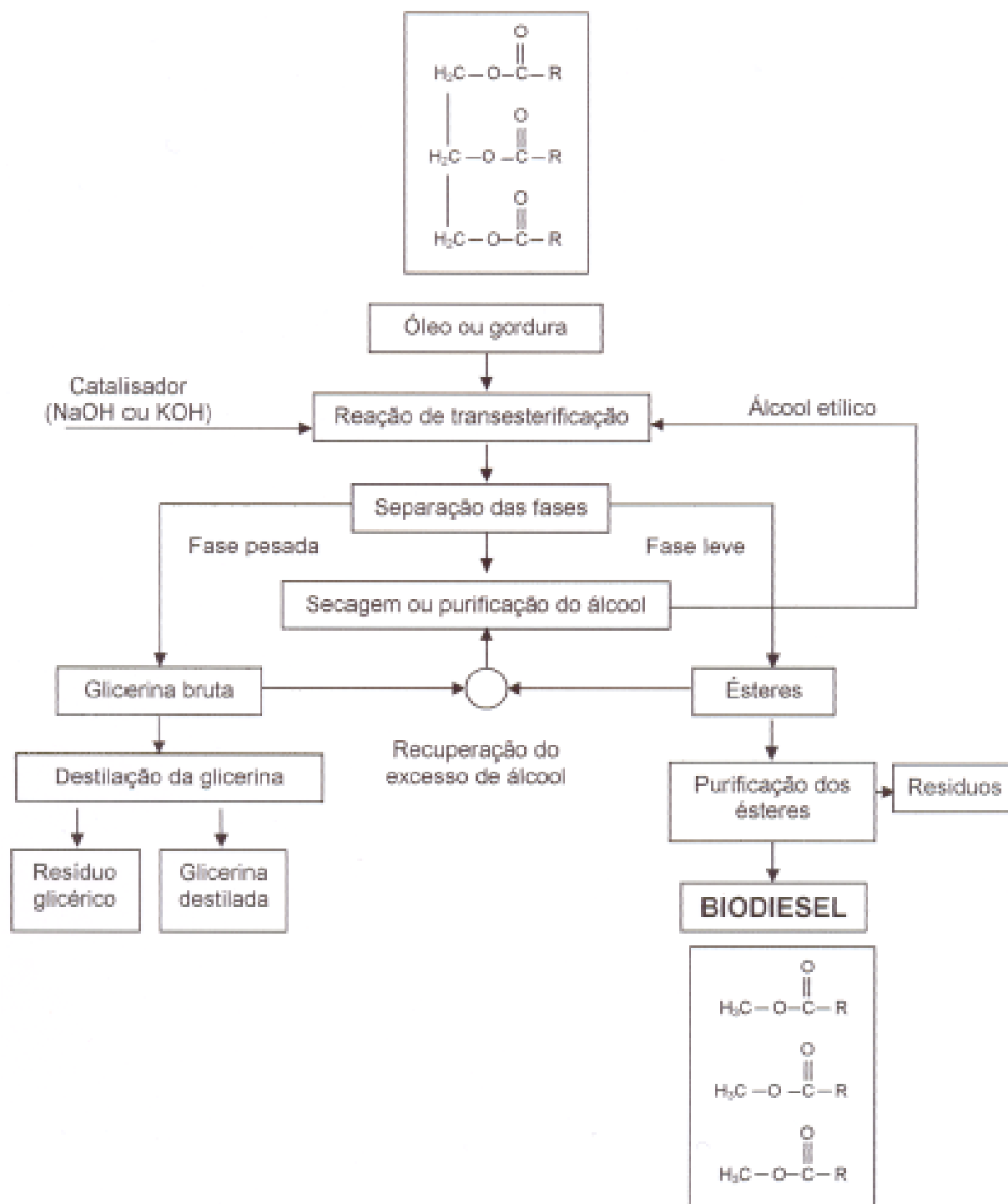
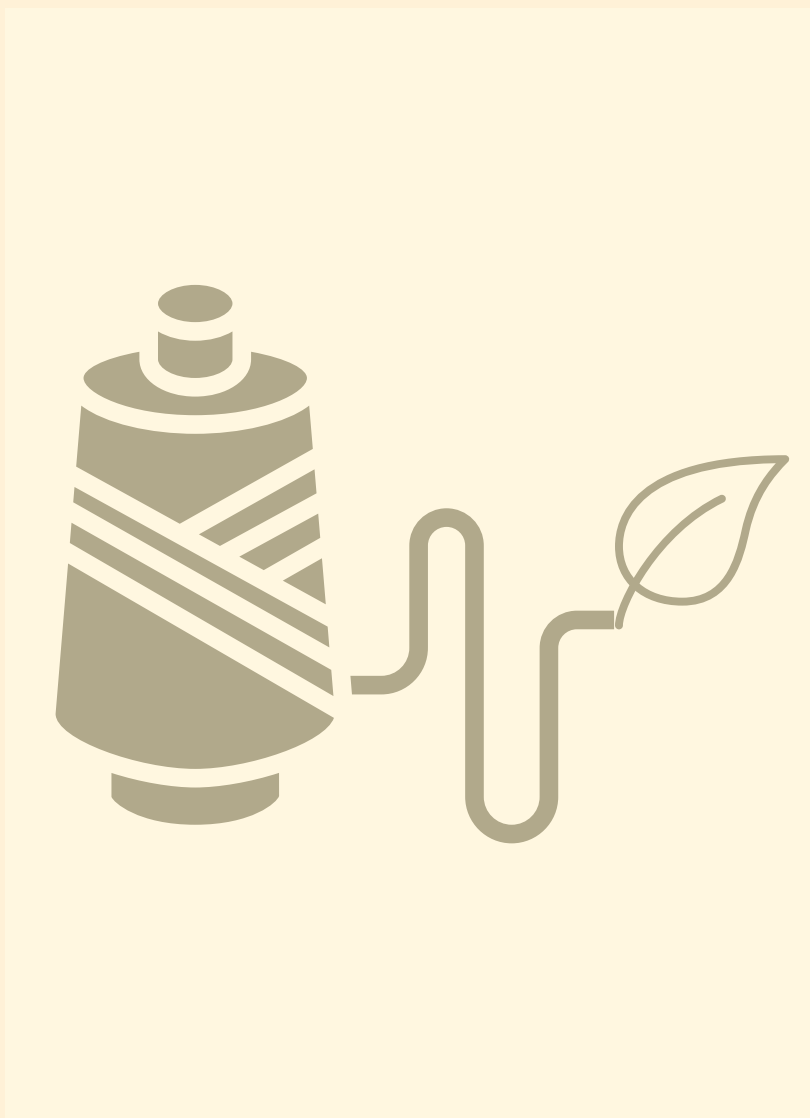


Figura 2. Reação alcalina da produção de biodiesel. Fonte: BRASIL 2005.

## Referências

- ANP/SPC mediante a resolução nº 729/2018 [www.anp.gov.br/arquivos/central-conteudos/anuario-estatistico/2020/anuario-2020.pdf](http://www.anp.gov.br/arquivos/central-conteudos/anuario-estatistico/2020/anuario-2020.pdf) acesso 11/11/2020
- Atabani, AE., Silitonga, AS., Badruddin, IA., Mahlia, TMI., Masjuki, HH., Bergmann, J C., Tupinambá, DD., Costa, OYA., Almeida, JRM., Barreto, CC., Quirino, BF. Biodiesel production in Brazil and alternative biomass feed stocks. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2013, 21, 411.
- Costas, RAB. Estudo das eficiências de Operações e consumo de Energia em Plantas de Biodiesel. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Escola Politécnica, Universidade São Paulo, São Paulo, 2009.
- Daboub MJ. et al. *Química Nova*, v. 32, p. 776–792, 2009.
- Felipe AF. Antunes, Stephanie CT. Tabuchi, Thais SS., Milessi, Daniel JLL. Pinheiro, Tayrone D. Esteves, Messias B. Silva, Silvio S. da Silva Condições de pré tratamento do glicerol proveniente da produção de biodiesel utilizando planejamento experimental de Plackett-Burman: Encontro Latino Americano de Pós-Graduação 2011.
- Nakagaki, S., Krieger, N., Wypych, F., Cordeiro, C. S. Biodiesel: Matérias-Primas, Tecnologias de Produção e Propriedades Combustíveis *Rev. Virtual Quím.*, 2017.
- Mekhilef, S. A comprehensive review on biodiesel as an alternative energy resource and its characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2012, 16, 2070.
- BRASIL. Ministério da ciência e tecnologia. Plano Nacional de Agroenergia. Brasília, 2005. 120p.
- Moretto, E., Fett, R. Tecnologia de óleos e gorduras vegetais. Rio de Janeiro: Varela, 1989.
- Ramos, LP. Kothe, V., César-Oliveira. MAF., Muniz-Wypych, AS., Rico, JAP., Sauer, IL. A review of Brazilian biodiesel experiences. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2015, 45, 513.
- Embrapa – Plano Nacional de Agroenergia 2015– 2016/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Produção e Agroenergia. 2. ed. rev. – Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2016, 110 p.
- Lôbo, IP. et al. *Química Nova*, v. 32, p. 1596– 1608, 2009.
- Ma, F., Hanna, MA. Biodiesel production: a review. *Bioresource Technology* 1999, 70, 1.
- Ministério Minas e Energia, Brasília. Disponível em [http://www.mme.gov.br/web/guest/paginainicial/outras-noticias/-/asset\\_publisher/32hLrOzMkWWb/content/cnpe-definiregras-para-as-misturas-de-biodiesel-b7-e-b8](http://www.mme.gov.br/web/guest/paginainicial/outras-noticias/-/asset_publisher/32hLrOzMkWWb/content/cnpe-definiregras-para-as-misturas-de-biodiesel-b7-e-b8). Acesso em 23 Set. 2016. Acesso 11/11/2020

# Capítulo 6



## P L A N T A S   N A I N D Ú S T R I A   T Ê X T I L

*Denilson Paranhos Costa*

As plantas são usadas como fonte de tecidos para a humanidade desde a antiguidade. O algodão e o linho são as mais antigas fibras naturais usadas pela humanidade, cerca de 3 mil anos antes de Cristo. E o algodão até os dias atuais se mantém como uma das principais fibras do mundo devido suas características relacionadas a conforto e sua maciez além de ser um tecido durável (PEZZOLO, 2019).

A indústria têxtil vem sendo pressionada pelas legislações ambientais para a redução do impacto ambiental provocado pela atividade, desta forma a utilização de produtos de origem natural podem reduzir este impacto e dentro das origens destes produtos naturais temos as plantas como insumos, sendo este mais biodegradáveis do que os produtos sintéticos usados em grande escala. Conforme Mayume e colaboradores a inserção do método de tingimento com matérias-primas de origem vegetal os resíduos são menos impactantes, pois em sua maioria, são de resíduos orgânicos, que podem ser assimilados de forma mais eficiente e menos nociva pelos sistemas ecológicos (MAYUMEET et al., 2020).

### **Fibras Vegetais na Indústria têxtil**

As fibras têxteis são elementos em forma de fio apresentando flexibilidade, pequena espessura e grande comprimento em relação a sua dimensão transversal máxima, tendo propriedades que lhe proporciona aplicações têxteis. São geralmente separadas em duas classes, as fibras naturais e as não naturais ou químicas (sintéticas). As fibras naturais são produzidas pela natureza aptas para o processamento têxtil, enquanto as não naturais são feitas a partir de polímeros utilizando fibras naturais modificadas quimicamente (fibras regeneradas ou artificiais) por meio industrial, ou por meio da produção de polímeros originados de síntese química (fibras sintéticas) (ARAÚJO e CASTRO, 1986).

A figura abaixo mostra a classificação das fibras têxteis naturais de Origem Vegetal, indicando a origem (ARAÚJO e CASTRO, 1986).

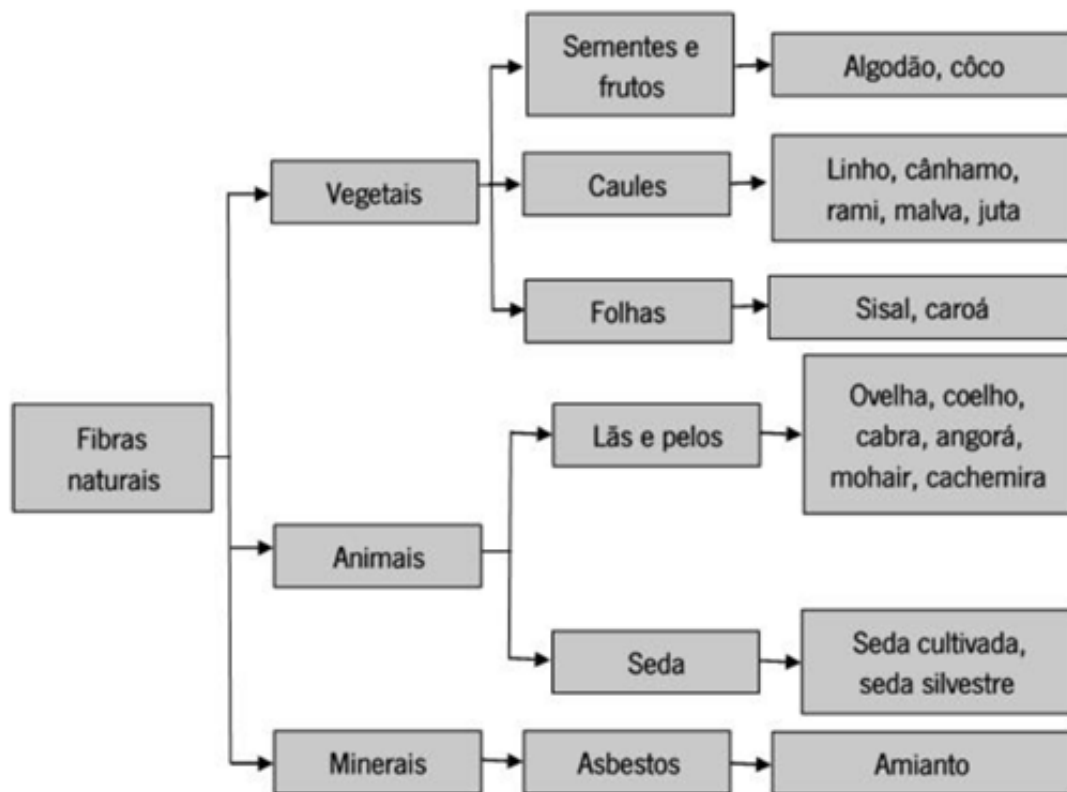


Figura 1. Fibras têxteis naturais (ARAÚJO e CASTRO, 1986).

### Principais Fibras de Origem Vegetal

Algodão, fibra originada de vegetal, de espessura fina, com comprimento entre 24–38 milímetros, é uma planta produzida amplamente pelo mundo devido a suas baixas exigências de solo e clima. Entretanto é uma planta que deve-se ter muito cuidado em sua cultura, pois é muito propensa a pragas, o que leva a grande utilização de herbicidas e fungicidas e desfolhantes.

Linho, fibra natural encontrada na entrecasca do caule da *Linum usitatissimum*, que por meio de um processo de maceração a fibra é separada do tecido lenhosos. A fibra não é tão pura em celulose quanto o algodão, porém é mais resistente a ácidos (SALEM, 2010).

Cânhamo, as fibras são extraídas do caule da planta da família canabidaceas, o caule fornece um fibra têxtil, por método que se assemelha ao utilizado para o linho. São fibras rústicas com propriedades similares a do linho (PEZZOLO, 2019).

Rami, fibra proveniente da espécie *Boehmeria nivea*, é uma planta de cultura permanente em que dura aproximadamente 20 anos, só que a produção dura cerca de nove anos, é uma fibra longa que apresenta em média, 150 a 200 milímetros de comprimento e possui alta resistência, sendo considerada 3 vezes mais resistente que o cânhamo e 8 vezes mais que o algodão (OLIVEIRA, 1997).

Juta, fibra proveniente da planta *Corchorus capsularis*, originária da Índia e de Bangladesh. Com outras espécies outras as espécies desenvolvidas na Tailândia e na China, podendo algumas delas ser plantadas. No Brasil, ela é encontrada em regiões alagadas da Amazônia, junto as populações ribeirinhas, sendo utilizada como uma cultura de subsistência, é uma planta que para cultivo necessita de grande quantidade de água e temperaturas altas (OLIVEIRA, 1997).

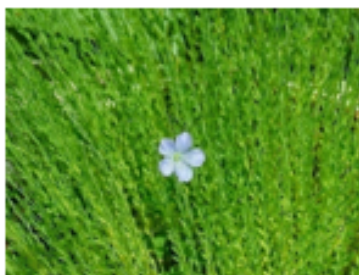
A fibra do coco apresenta características semelhantes às fibras do sisal. Entretanto, diferem-se pelo comprimento da fibra, fator que inviabiliza que a fibra seja fiada pelo mesmo processo realizado para o sisal (MARTINS et al., 2016).

### **Plantas Usadas no Tingimento de Tecidos**

Pigmentos produzem cores e estão presentes em todos os organismos no mundo, as plantas são os maiores produtores destes pigmentos encontrados nas folhas, frutos, vegetais, flores, assim como em animais, bactérias e fungos (SCHIOZER e BARATA, 2007).



*Gossypium hirsutum* L  
(algodão)



*Linum usitatissimum*  
(linho)



*Cannabis sativa*  
(cânhamo)



*Boehmeria nivea*  
(rami)



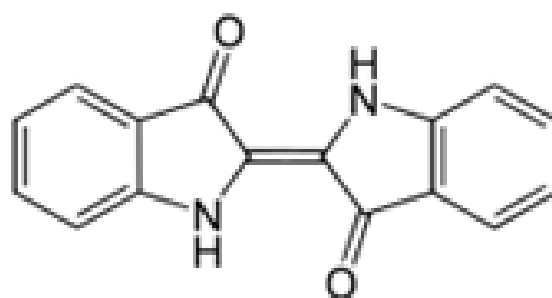
*Corchorus capsularis*  
(juta)



*Cocos nucifera*  
(fibra de coco)

Figura 2. Principais fibras de origem vegetal. Fonte: adaptado pelo autor.

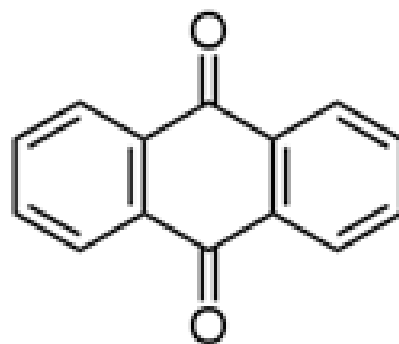
Corantes indigóides é possivelmente um dos mais importantes grupos de corantes naturais, sendo obtidos a partir da planta *Indigofera tinctoria* (VANKAR, 2000).



indigo

Figura 3. *Indigofera tinctoria*. (Troopical, 2020).

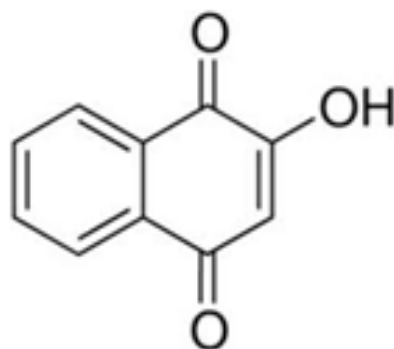
Corantes antraquinônicos, que representa a maioria dos corantes vermelhos naturais são baseados na estrutura da antraquinona, este pode ser obtido através das plantas como também por meio de alguns insetos (VANKAR, 2000). Um exemplo de planta em que pode ser extraído este corante é a Madder (*Rubia tinctorum*)(KUMBASAR, 2011).



antraquinona

Figura 4. *Rubia tinctorum* (HERB, 2020).

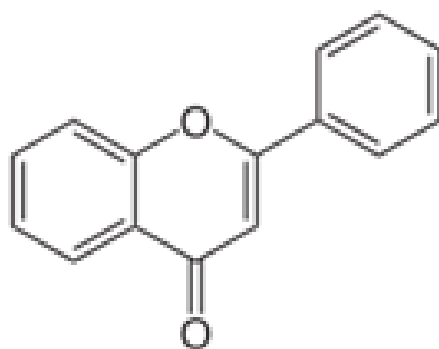
Corantes  $\alpha$ -hidroxinaftoquinonas em que o elemento mais proeminente desta classe de corantes é a hena, obtida a partir da *Lawsonia inermis*.



$\alpha$  hidroxinaftoquinona

Figura 5. *Lawsonia inermis*. (INDIAMART, 2020)

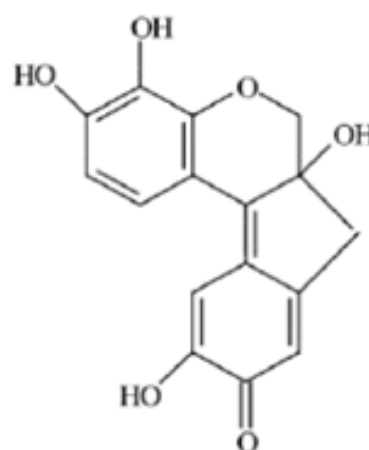
As flavonas é a maior parte dos corantes naturais que apresentam a cor amarela são derivados das flavonas e isoflavonas (VANKAR, 2000).



flavona

Figura 6. Estrutura química flavona. Fonte: próprio autor.

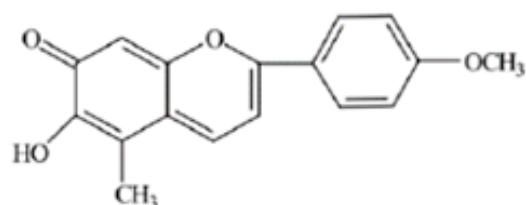
Os dihidropiranos, corantes naturais pertencentes a esta classe do ponto de vista estrutural, estão intimamente relacionados com as flavonas. Estes corantes são importantes para a produção de tons escuros na seda, lã e algodão (VANKAR, 2000). Um exemplo de planta que contém este corante é o pau de campeche (*Haematoxylum campechianum*)(KUMBASAR, 2011).



Dihidropirano

Figura 7. *Haematoxylum campechianum*. (TROPICAL a, 2020)

As antocianinas, os corantes desta classe apresentam a cor laranja e geralmente é extraído das folhas da *Arrabidaea chica*, planta da família das Bignoniaceae, também conhecida popularmente como carajuru (SAMANTA e KONAR, 2011).



Antocianina

Figura 8. *Arrabidaea chica*.(KAWA, 2020)

Corantes carotenoides a sua cor característica se deve as longas cadeias de ligação duplas conjugadas, são extraídas de vários vegetais sendo exemplos o urucum (*Bixa orellana*) e o açafrão (*Curcuma longa*) (VANKAR, 2000).

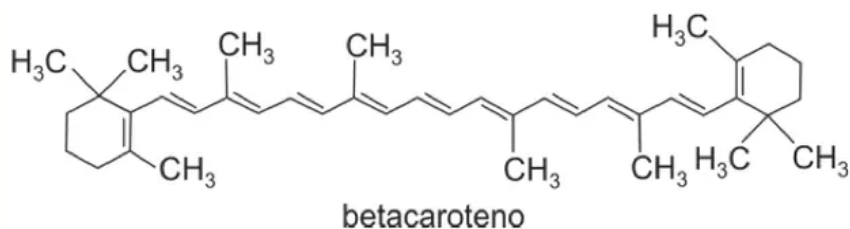


Figura 9. *Bixa orellana* (VVF, 2020).

Na tabela abaixo alguns corantes naturais mais utilizados no tingimento de fibras têxteis segundo Ferreira em 1998.

Tabela - Corantes naturais mais utilizados no tingimento de fibras têxteis

Planta	Nome científico	Cor	Origem do corante
Pau-Brasil	<i>Caesalpinia echinata</i>	vermelho ou rosa	serragem do ceme
Urucum	<i>Bixa orellana L.</i>	laranja avermelhado	sementes
Cebola	<i>Allium cepa</i>	castanho	casca
Cafeeiro	<i>Coffea arabica</i>	castanho	pó de semente seca
Açafrão-da-terra	<i>Curcuma longa</i>	castanho avermelhado	rizoma
Espinafre	<i>Spinacea oleracea</i>	verde	folhas
Erva-mate	<i>Ilex paraguariensis</i>	verde oliva	folhas
Jabuticabeira	<i>Plinia trunciflora</i>	caqui	casca e fruto
Anileira	<i>Indigofera tinctoria</i>	azul	folhas
Jenipapeiro	<i>Genipa americana</i>	violeta	fruto
Picão	<i>Bidens pilosa</i>	cinza	toda a planta
Eucalipto	<i>Eucalyptus spp</i>	castanho amarelado	folhas

## Inovações Tecnológicas

Trabalhos mostram a utilização do corante a base urucum para aferir proteção ultravioleta aplicado em fibra natural, verificou-se que obteve proteção de 89% contra esta radiação, neste trabalho o corante foi aplicado no algodão alvejado (LUCARINI, 2017).

Existem várias pesquisas e desenvolvimento de tecidos de origem natural ou sintéticas com função termorreguladoras principalmente para o conforto dos idosos (VARNIER e MERINO, 2017).

## Considerações finais

As plantas são de importância fundamental para a indústria têxtil, pois participam como matéria prima para a produção de tecido e também participam do processo de tingimento que este tecidos podem sofrer, além de ser uma alternativa para a redução do impacto ambiental provocado por estas indústrias por serem produtos biodegradáveis, assim, são sempre interessantes as inovações tecnológicas envolvendo plantas.

## Referências

- Araújo, M. & Castro, E.M. de M. Manual de Engenharia Têxtil, Fundação Bachelier B; Gourlot J.P. A fibra de algodão: origem, estrutura, composição e caracterização. In : Manual de qualidade da fibra da AMPA. Bélot Jean-Louis (ed.). Cuiabá : IMAmt-Ampa, 28-57. 2018.
- CalousteGulbenkian, 1986.
- Ferreira, E.L. Corantes Naturais da Flora Brasileira: Guia Prático de Tingimento com Plantas, Curitiba: Optagraf Editora e Gráfica Ltda. 1998.
- Kumbasar, E. (2011). Natural dyes. Rijeka: InTech.
- Lucarini, A. C.; Tabu, A. S. F. Z.; Da Silva, F. de F. R.; Moraes, G. de A.; Piazon, G. I.; Zurawski, M. P. Estudo da extração de corante natural que confere proteção ultravioleta em fibras naturais. The Journal of Engineering and Exact Sciences, [S. l.], v. 3, n. 2, p. 082-094, 2017. DOI: 10.18540/jcecvl3iss2pp082-094. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/jcec/article/view/2446941603022017082>. Acesso em: 14 nov. 2020.
- Mayume, B. Narimatsu, G. Bem, N. Wachholz, L. Linke P. Lizama, M. Rezende, L. . Corantes Naturais Como Alternativa Sustentável na Indústria Têxtil. Revista Valore. 5. 2020.
- Oliveira, M H. Principais matérias-primas utilizadas na indústria têxtil. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 5, p. [71]-109, mar. 1997.
- Pezzolo, D. B. Tecidos: história, tramas, tipos e usos. 5ª edição, São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2019. pp.29-56, 2011.
- Salem, V. Tingimento Têxtil: Fibras, Conceito e Tecnologias. São Paulo: Blucher, 2010.
- Samanta, A.K. & Konar, A. Dyeing of textiles with natural dyes. Natural Dyes, Schiozer, A. L.; Barata, L. E. S. Estabilidade de Corantes e Pigmentos de Origem Vegetal. Revista Fitos, Campinas, v. 3, n. 2, p. 6-24, jun. 2007.
- Varnier, T. Merino, E.. Fatores Humanos Aplicados a Produtos de Moda: Materiais Têxteis com Termorregulação voltados ao Público Idoso. Human Factors in Design. 6. 72-89. 2017. Tropical, 2020. Disponível em: <http://tropical.theferns.info/viewtropical.php?id=Indigofera+tinctoria> Fonte: adaptado pelo autor.
- Herb, 2020. Disponível em: [http://herb-education.eu/angoldvd/pluszmodul/festo\\_buzer/images/rubia\\_tinctorum\\_14.jpg](http://herb-education.eu/angoldvd/pluszmodul/festo_buzer/images/rubia_tinctorum_14.jpg)
- INDIAMART, 2020. Disponível em: <https://www.indiamart.com/proddetail/henna-lawsonia-inermis-1943071112.html>
- Tropical a, 2020. Disponível em: <http://tropical.theferns.info/viewtropical.php?id=Haematoxylum+campechianum>
- Kawa, 2020. Disponível em: [http://professoralucianekawa.blogspot.com/2014/06/arrabidaea-chica-crajiru\\_1.html](http://professoralucianekawa.blogspot.com/2014/06/arrabidaea-chica-crajiru_1.html)
- VVF, 2020. Disponível em : <http://vivendoavidabemfeliz.blogspot.com/2016/05/conheca-o-urucum-e-seus-poderosos.html>