

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOTECNOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA

DAIANE NASCIMENTO GONÇALVES

PLANTAS TRANSGÊNICAS NO BRASIL

PATOS DE MINAS – MG
ABRIL DE 2025

DAIANE NASCIMENTO GONÇALVES

PLANTAS TRANSGÊNICAS NO BRASIL

Monografia apresentada ao Instituto de Biotecnologia da Universidade Federal de Uberlândia como requisito final para obtenção do Título de Bacharel em Biotecnologia.

**Prof. Dr. Aulus Estevão Anjos de Deus
Barbosa**

**PATOS DE MINAS - MG
ABRIL DE 2025**

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU com
dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

G635 2025	<p>Gonçalves, Daiane Nascimento, 1996- Plantas transgênicas no Brasil [recurso eletrônico] / Daiane Nascimento Gonçalves. - 2025.</p> <p>Orientador: Aulus Estevão Anjos de Deus Barbosa. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) Universidade Federal de Uberlândia, Graduação em Biotecnologia. Modo de acesso: Internet. Inclui bibliografia.</p> <p>1. Biotecnologia. I. Barbosa, Aulus Estevão Anjos de Deus, 1979-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Graduação em Biotecnologia. III. Título.</p> <p>CDU: 60</p>
--------------	---

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

DAIANE NASCIMENTO GONÇALVES

PLANTAS TRANSGÊNICAS NO BRASIL

Monografia apresentada ao Instituto de Biotecnologia da Universidade Federal de Uberlândia como requisito final para obtenção do título de Bacharel em Biotecnologia.

Banca Examinadora:

Professor 1: Universidade Federal de Uberlândia
Presidente. Prof. Dr. Aulus Estevão Anjos de Deus Barbosa

Professor 2: Universidade Federal de Uberlândia
Membro. Profa. Dra. Terezinha Aparecida Teixeira

Professor 3: Universidade Federal de Uberlândia
Membro. Prof. Dr. Gilvan Caetano Duarte

Os membros da Comissão Examinadora acima assinaram Ata de Defesa que se encontra no Sistema Eletrônico de Informações (SEI) da Universidade Federal de Uberlândia.

Patos de Minas, 30/04/2025

A minha família, por sua capacidade de acreditar e investir em mim. Mãe, seu cuidado e dedicação foi que me deram, a esperança para seguir.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado força e saúde para superar as dificuldades.

Minha família, a mãe Maria Goretti, minha vó Maria, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

Ao meu marido Rafael, por toda força e compreensão nesses anos de graduação.

Por minha filha Lavínia por todo amor e carinho.

Ao corpo docente da UFU, pela motivação em transmitir conhecimentos, a dedicação e profissionalismo.

Ao professor Aulus Estevão Anjos de Deus Barbosa, muito obrigada pela orientação, por ter compartilhado comigo uma pequena parte de seus conhecimentos e também pelo apoio e confiança.

Aos meus colegas de faculdade, em especial Patrícia, Haiany e Jéssica pelos anos de amizade e companheirismo. A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada.

RESUMO

O desenvolvimento de organismos geneticamente modificados tem sido um dos maiores avanços na área da biotecnologia. Por meio da transgenia é possível inserir novos genes que confirmam características adicionais nesses organismos, tornando-os mais aptos a sobreviver aos desafios enfrentados no ambiente ou por agentes infecciosos. Plantas altamente produtivas têm sido desenvolvidas pela engenharia genética para resistir a desafios diante da seca, vetores infecciosos, insetos e diversas outras aplicações. No presente estudo, investigamos, através de uma revisão da literatura científica, como está o cenário atual de desenvolvimento de plantas transgênicas no Brasil, e os benefícios que esses avanços têm proporcionado para o nosso país. Os artigos analisados foram retirados da plataforma Pubmed, totalizando 79 artigos. Foi possível observar que os transgênicos que estão sendo desenvolvidos no Brasil, têm sido, em sua maioria, para o controle de pragas na agricultura. Adicionalmente, plantas para adaptação ambiental e para a produção de substâncias de interesse médico também foram desenvolvidas. Soja, cana-de-açúcar, e tabaco foram as espécies de plantas mais modificadas no Brasil, juntamente com feijão, algodão e café. Os artigos analisados foram desenvolvidos em muitos estados do nosso país, e os locais com maiores índices de produções foram o estado de São Paulo, seguido por Brasília, mais especificamente na Embrapa, além de artigos com colaborações internacionais. Concluímos, então, que o desenvolvimento de plantas transgênicas é importante no nosso país, já que boa parte do nosso PIB é gerado pelo agronegócio, principal beneficiário das capacidades das plantas transgênicas.

Palavras Chaves: Transgênicos, biotecnologia vegetal, organismos geneticamente modificados, agricultura brasileira.

ABSTRACT

Genetically modified organisms development has been one of the greatest advances in biotechnology. Through transgenics, it is possible to insert new genes that confer additional characteristics in these organisms, making them more capable of surviving the challenges faced by the environment or infectious agents. Highly productive plants have been developed through genetic engineering to withstand challenges such as drought, infectious vectors, insects, and several other applications. In this study, we investigated, through a review of the scientific literature, the current development scenario of transgenic plants in Brazil, and the benefits that these advances have provided to our country. The articles analyzed were taken from the Pubmed platform, totaling 79 articles. It was possible to observe that the transgenics that are being developed in Brazil have been, for the most part, for pest control in agriculture. Additionally, plants for environmental adaptation and for medical interest substances production have also been developed. Soybeans, sugarcane, and tobacco were the most modified plant species in Brazil, along with beans, cotton, and coffee. The articles analyzed were developed in many Brazil states, and the places with the highest production rates were SP, followed by Brasília, more specifically at Embrapa, in addition to articles with international collaborations. We conclude, then, that the development of transgenic plants is important in Brazil, since a large part of our GDP is generated by agribusiness, the main beneficiary of transgenic plants capabilities.

Keywords: Transgenics, Plant biotechnology, Genetically modified organisms, Brazilian agriculture.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC1: gene viral rep

BdMATE: gene MATE do *Brachypodium distachyon*

CDC: Código de Defesa do Consumidor

CTNBio: Comissão Técnica Nacional de Biossegurança

DNA: Ácido Desoxirribonucleico

DsRNA: RNA de fita dupla curta

SiRNA: Pequeno RNA interferente

OGMs: Organismos Geneticamente Modificados

PubMed: Biblioteca Nacional de Medicina dos Estados Unidos

RNAi: Interferência de RNA

SAAT: Transformação mediada por *Agrobacterium* assistida por sonicação

T-DNA: DNA transferido

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de artigos encontrados no banco PUBMED com os termos selecionados.....	19
Tabela 2 - Artigos que relataram o desenvolvimento de plantas transgênicas para o controle de pragas	20
Tabela 3 - Artigos que relataram o desenvolvimento de plantas transgênicas para conferir resistência a estresse abiótico	23
Tabela 4 - Artigos que relataram o desenvolvimento de plantas transgênicas em pesquisa básica	25
Tabela 5 - Artigos que relataram o desenvolvimento de plantas transgênicas para uso em saúde humana	26

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Proporção das diferentes aplicações das plantas transgênicas desenvolvidas no Brasil.....	28
Figura 2 - Espécies de plantas transgênicas transformadas nos artigos analisados	29
Figura 3 - Estados e regiões brasileiras onde as plantas transgênicas foram desenvolvidas	30

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Questões norteadoras	15
1.2 Objetivos	16
2 TÓPICOS DO ESTUDO.....	17
2.1 Análise dos dados da pesquisa	17
2.2 Seleção dos artigos.....	18
2.3 Plantas transgênicas para o controle de pragas na agricultura.	19
2.4 Plantas transgênicas resistentes a fatores abióticos.	22
2.5 Artigos de plantas para pesquisa básica.	25
2.6 Artigos de plantas para a saúde humana.....	26
2.7 Proporções das aplicações, espécies, e regiões das plantas transgênicas.	27
3 CONCLUSÃO	31
REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

Muitos avanços têm sido alcançados dentro da ciência, e entre eles a engenharia genética e a transformação de organismos têm tomado um espaço muito importante. De acordo com a Embrapa (2009), transgênicos e “Organismos Geneticamente Modificados” (OGMs) possuem o mesmo significado, ou seja, ambos são organismos que receberam por meios de técnicas em laboratório, genes de outro organismo doador. A alteração traz ao organismo receptor uma nova característica, incluindo mudanças de cores, resistências a pragas em vegetais, alterações nutricionais e inúmeras outras possibilidades.

É considerada como praga qualquer espécie que venha causar prejuízos econômicos ao agricultor ou à sociedade (animais: insetos, ratos; microrganismos: bactérias, fungos, vírus; vegetais: espécies invasoras). Apesar de grande número de insetos alimentarem-se das plantas, apenas cerca de 2% dessas espécies tornam-se pragas (SENAR, 2017).

Por definição, pragas agrícolas são populações de organismos capazes de causar injúrias nas plantas suficientes para reduzir a produção comercial da cultura num nível superior ao do seu custo de controle (PEDIGO, 2006). Geralmente os insetos, ácaros, cochonilhas e nematoides são caracterizados como pragas. Já os fungos, vírus e bactérias, normalmente, são atrelados às causas de doenças. Nas duas situações, o ataque pode ocorrer nas diversas partes da planta, como raízes, troncos, folhas, brotações novas, galhos, flores e frutos gerando uma diversidade de problemas. Por exemplo: enfraquecimento das plantas, tombamentos de mudas, desfolhas, mal pegamento de floradas, perda de peso e diminuição de qualidade nos frutos (SENAR, 2017).

No desenvolvimento de plantas transgênicas é essencial que se tenha disponibilidade de um sistema de cultura de tecidos que permita a regeneração da planta e de um sistema de transformação genética que possibilite a introdução de genes com eficiência, que pode ser direto ou indireto. A introdução de genes em plantas ou células vegetais através de técnicas de engenharia genética via *Agrobacterium tumefaciens* (SMITH & TOWNSEND, 1907), ou biobalística permite a introdução e/ou alteração dos níveis de expressão de genes envolvidos em vias biossintéticas de interesse. Esses genes de interesse podem ser oriundos da mesma espécie, de outra espécie vegetal, ou ainda de quaisquer outros organismos (ANDRADE, 2003).

A transferência indireta é aquela em que, para intermediar a transformação, utiliza-se um vetor, como as bactérias *A. tumefaciens* e *A. rhizogenes* (CHILTON, 1977; CHILTON et al., 1982). A transferência direta é baseada em métodos físicos ou químicos, onde se destacam a eletroporação e a aceleração de partículas (biobalística) (PEREIRA, 2004).

A técnica de transformação por *Agrobacterium* tem sido aprimorada desde 1988, quando foi relatado o uso de *A. tumefaciens* modificada geneticamente para introdução de genes exógenos em plantas. Na transformação, utilizando esse vetor, vários parâmetros são considerados, entre eles, a presença de substâncias fenólicas para indução da transferência do T-DNA, o pH, a temperatura, os açúcares que compõem o meio de cultura, o período de co-cultivo e os antibióticos para controle do crescimento da bactéria (SANTARÉM, 2000a). Outro aprimoramento proposto foi o uso de pulsos de ultrassom para ferir e modificar o tecido alvo, visando o aumento da infecção por *Agrobacterium*. Essa técnica foi denominada de Transformação mediada por *Agrobacterium* e Ultra-som – SAAT, e tem gerado expectativas quanto a maior eficiência na transferência de genes usando *Agrobacterium* (SANTARÉM, 2000b).

A técnica de biobalística, também conhecida por biolística, aceleração de partículas, aceleração de microprojéteis (SANTARÉM, 2000a) ou bombardeamento de partículas foi descrita inicialmente por Sanford et al. (1987) com o objetivo de introduzir material genético no genoma nuclear de plantas superiores. Este bombardeamento é feito em equipamento apropriado capaz de acelerar as partículas (de 0,2-4 µm de diâmetro) cobertas com sequências de DNA a velocidades maiores de 1.500km/h. Foi demonstrado que os microprojéteis penetram à parede e à membrana celular de maneira não letal, alojando-se aleatoriamente nas organelas celulares. Desde então, sua universalidade de aplicações tem sido avaliada, demonstrando ser um processo também efetivo e simples para a introdução e expressão de genes em bactérias, fungos, protozoários, algas, insetos e tecidos animais (MONQUERO, 2005; FERREIRA et al., 2004). O método baseia-se no uso de um equipamento que produz uma força propulsora, usando propulsão a ar, pólvora, gás hélio ou eletricidade, para acelerar micropartículas inertes em direção às células alvo (SANTARÉM, 2000a; FERREIRA et al., 2004).

Com intuito de regulamentar o desenvolvimento e uso de OGMs o Artigo 225, §1º, incisos II, IV e V da Constituição Federal, que diz que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à qualidade de vida”, em 24 de março de 2005, entrou em vigor a Lei nº 11.105/2005, intitulada Lei de Biossegurança. Esta lei, também, estabelece as normas de segurança e mecanismos de fiscalização de

atividades envolvendo organismos geneticamente modificados, e trata dos potenciais riscos que a presença de OGMs nos alimentos possam causar (Brasil, 1988; Brasil, 2005). Em seu Artigo 7º, inciso II, implica-se que é obrigatório “a notificação imediata à CTNBio e às autoridades da saúde pública, da defesa agropecuária e do meio ambiente sobre qualquer acidente que possa provocar a disseminação de OGM e seus derivados” (Brasil, 2005).

Existe no Brasil desde o ano de 1990, o Código de Defesa do Consumidor (CDC), que dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências, dentre estas o “princípio da informação”, que protege o consumidor na hora da aquisição de produtos ou serviços, com o direito à informação antecipada sobre as características principais, sejam benéficas ou maléficas (Gonçalves, 2012 apud Matos et al., 2016).

De acordo com o decreto nº 4.680 de 24 de abril de 2003 “todo alimento ou ingrediente alimentício, que contenha derivados de organismos geneticamente modificados, em mais de 1% do produto deve informar a natureza transgênica ao consumidor (Brasil, 2003).

O CDC considera como importante e obrigatória a rotulagem do alimento transgênico e seus derivados, pois é possível que exista o rastreio deste alimento em caso de danos à saúde humana, sendo facilmente identificado e recolhido. Em seu rótulo deverá estar exposto as seguintes informações: quantidade, características, composição, símbolo transgênico, qualidade e preço, além de possíveis riscos que apresenta. Conscientemente, o cidadão terá livre escolha sobre o consumo do alimento ou não (Repórter Brasil, 2013 apud Matos et al., 2016).

De acordo com Menasche (2000), no Brasil, o primeiro plantio de alimento transgênico foi feito através de um acordo entre a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) com a companhia de agricultura e biotecnologia Monsanto, em abril de 1998. Tratava-se de uma variedade de soja geneticamente modificada para apresentar resistência a um herbicida que tinha o glifosato como princípio ativo, produzido pela própria Monsanto. Em junho do mesmo ano, ocorreu o primeiro pedido de cultivo comercial de um alimento transgênico no país – a soja Roundup Ready (Menasche, 2000). O primeiro estado no Brasil a cultivar alimentos transgênicos foi o Rio Grande do Sul. Em 1996, não existiam dados sobre a produção de soja transgênica em nosso país (Echevengué, 2003).

A partir de 1997, a área e a produção mundial de OGMs crescia rapidamente. Dentre os produtos mais cultivados, destaca-se a soja com resistência ao herbicida glifosato, que representa a cultura transgênica de maior produção no mundo. Calcula-se uma redução de custos entre 20% a 30% com o uso da soja transgênica em relação à produção da soja

convencional, o que induziu, e ainda induz um crescimento expressivo do plantio de transgênicos nos principais países produtores mundiais, inclusive no Brasil (Leite, 1999). Em 2009, o Brasil se tornou o 2º país com maior área plantada de transgênicos com 21,4 milhões de hectares, segundo dados do Serviço Internacional para Aquisição de Aplicações Biotecnológicas Agrícolas.

No Brasil desde a primeira aprovação de uma planta transgênica, em 1998, até 2023 foram aprovadas cerca de 121 plantas diferentes, dentre estas diferentes variedades de soja, milho, algodão, cana de açúcar, feijão, eucalipto e trigo. Com o maior destaque para o milho, que obteve 50% do total das aprovações, seguida pelo algodão (21%) e soja (16%) (Croplife Brasil, 2024). No Brasil, são mais de 56 milhões de hectares e estão divididos em lavouras de soja, milho, algodão e cana-de-açúcar. Esta última começou a ser plantada em 2018. Os benefícios das tecnologias incluídas nas sementes aprimoradas pela biotecnologia ficam evidentes pelas elevadas taxas de adoção no campo - 99% para soja; 97% para milho inverno ou safrinha; 98% para milho verão e 99% para o algodão, na safra 2022/23. A redução nas perdas em virtude do ataque de pragas, competição de plantas invasoras e a consequente melhora na produtividade dos cultivos transgênicos levaram, ainda, à economia de área plantada em 21,4 milhões de hectares entre 1998 e 2022/23 (Croplife Brasil, 2023).

Segundo Miranda et al. (2017), o foco dos OGMs é a busca por apresentar alimentos com valores nutricionais elevados com a utilização da tecnologia do DNA recombinante. O melhoramento de plantas ofereceu um aumento de 100% na produção em relação a um aumento de 12% da área plantada, sendo assim, a prática produtiva por área apresentou mudanças significativas, juntamente com a facilidade na adaptação de diferentes condições divergentes. Esses valores podem ser maiores com o avanço de pesquisas nessa área (COSSETIN, 2018). Por esses motivos, consideramos importante analisar os progressos obtidos até o momento por pesquisas brasileiras envolvendo o desenvolvimento de plantas transgênicas. O presente trabalho se empenhou em verificar o atual estado da arte do desenvolvimento de plantas transgênicas no Brasil.

1.1 Questões norteadoras

Como estão sendo realizadas as pesquisas de desenvolvimento de plantas transgênicas no Brasil? Que espécies de plantas estão sendo transformadas? Com quais objetivos? E em

quais locais do Brasil estas plantas estão sendo desenvolvidas? Existe colaboração de pesquisadores internacionais?

1.2 Objetivos

Portanto, o objetivo deste trabalho é realizar uma pesquisa integrada, através dos recursos bibliográficos disponíveis na literatura científica, para analisar como está o desenvolvimento de plantas transgênicas no Brasil.

2 TÓPICOS DO ESTUDO

2.1 Análise dos dados da pesquisa

Na análise foram utilizados os métodos de busca integrativa para uma revisão bibliográfica dos conteúdos dos artigos publicados a respeito de plantas transgênicas desenvolvidas no Brasil.

Os artigos foram selecionados por nove filtros na plataforma Pubmed, observando de forma correlacionada com plantas transgênicas desenvolvidas no Brasil entre 1994 a 2023 (Quadro 1).

Na coleta de dados foram colocados nove filtros na plataforma Pubmed (Quadro 1). Foram selecionados artigos de plantas transgênicas desenvolvidas no Brasil com os nove termos presentes no título e/ou abstract, e com autores com afiliação no Brasil. Apenas a plataforma Pubmed permite realizar a busca pelo país dos autores. Dos artigos encontrados foram classificados de acordo com a aplicação da planta desenvolvida, sendo eles: controle de pragas, saúde humana, adaptação ambiental e pesquisa básica. Os artigos que não se enquadram nos objetivos do trabalho não foram analisados.

Quadro 1. Filtros usados nas buscas no PUBMED

Filtros utilizados na busca
1- Transgenic plants [Title/Abstract]) AND (brazil[Affiliation])
2- Transgenic plant [Title/Abstract]) AND (brazil[Affiliation])
3- Transgenic coffee [Title/Abstract]) AND (brazil[Affiliation])
4- Transgenic Eucalyptus and brazil [Title/Abstract]) AND (brazil[Affiliation])
5- Transgenic soybean [Title/Abstract]) AND (brazil[Affiliation])
6- Transgenic bean [Title/Abstract]) AND (brazil[Affiliation])
7- Transgenic corn [Title/Abstract]) AND (brazil[Affiliation])
8- Transgenic sugarcane [Title/Abstract]) AND (brazil[Affiliation])
9- Transgenic rice [Title/Abstract]) AND (brazil[Affiliation])

Fonte: autoria própria

2.2 Seleção dos artigos

Os resultados das análises de cada filtro nesta pesquisa encontram-se nas Tabelas 1, 2, 3, 4, e 5. Sendo assim, foram selecionados, a partir dos nove filtros com seus termos em inglês, aplicados na plataforma Pubmed. Os dois primeiros filtros (Transgenic plants and brazil, e Transgenic plant and brazil) foram termos escolhidos com a finalidade de encontrar todas as diversidades de plantas transgênicas que foram desenvolvidas no Brasil. Os demais sete filtros utilizados (Transgenic coffee and brazil, Transgenic Eucalyptus and brazil, Transgenic soybean and brazil, Transgenic bean and brazil, Transgenic corn and brazil, Transgenic sugarcane and brazil, e Transgenic rice and brazil) foram escolhidos depois da pesquisa com os primeiros termos, isso porque ao se aplicar o termo com o nome da planta transgênica, apareciam novos estudos que não apareceram nos dois termos anteriores. Então utilizamos sete plantas de importância econômica para esses filtros.

No entanto, ao aplicar os sete novos filtros, os resultados das buscas muitas vezes se correlacionavam com os dois filtros anteriores, portanto, os artigos repetidos foram excluídos da análise, mais também encontramos artigos novos, mostrando como esses novos sete termos, que foram usados para encontrar as plantas transgênicas de espécies específicas, foram importantes para encontrarmos todos os artigos a respeito dessas sete plantas desenvolvidas no Brasil.

Foram usados para selecionar os artigos critérios, para o critério de inclusão, foram selecionados artigos de plantas transgênicas que foram desenvolvidas no Brasil, e para exclusão os artigos de autores estrangeiros, artigos de revisão, artigos que não se fez um transgênico, e os artigos que se repetiam em filtros diferentes. Assim selecionamos 78 artigos descrevendo o desenvolvimento de plantas transgênicas no Brasil (Tabela 1). Destes, 35 artigos relacionados ao controle de pragas (Tabela 2), 24 a resistência a estresse abiótico (Tabela 3), 15 a respeito da pesquisa básica (Tabela 4) e 4 a respeito da saúde humana (Tabela 5). Dentre eles, as espécies de plantas mais transformadas foram a cana-de açúcar, soja, tabaco, café, algodão e feijão.

Tabela 1. Número de artigos encontrados no banco PUBMED com os termos selecionados.

Filtros utilizados	Resultados
1- Transgenic plants and brazil	184 encontrados- 43 Artigos Selecionados
2- Transgenic plant and brazil	14 encontrados- 5 Artigos Selecionados
3- Transgenic coffee and brazil	11 encontrados- 6 Artigos selecionados
4- Transgenic Eucalyptus and brazil	4 encontrados- 3 Artigos selecionados
5- Transgenic soybean and brazil	45 encontrados- 6 Artigos selecionados
6- Transgenic bean and brazil	5 encontrados- 3 Artigos selecionados
7- Transgenic corn and brazil	10 encontrados- 2 Artigos selecionados
8- Transgenic sugarcane and brazil	17 encontrados- 5 Artigos selecionados
9- Transgenic rice and brazil	9 encontrados- 4 Artigos selecionados
Total: 78 Artigos	

Fonte: autoria própria

2.3 Plantas transgênicas para o controle de pragas na agricultura.

A maioria dos trabalhos analisados tiveram o intuito de desenvolver plantas transgênicas para combater pragas da agricultura (Figura 1).

As plantas foram submetidas a transformação para criarem resistências a insetos, ervas daninhas, nematoides, microrganismos e doenças. Essa foi a categoria mais expressiva com 35 artigos descrevendo a transformação de plantas para o combate de pragas, correspondendo a quase metade dos artigos analisados (Tabela 2). Essa grande quantidade de artigos se deve a vários fatores, como a maior facilidade na técnica para fazer essa planta transgênica, porque vou precisar modificar apenas um gene, outro fator muito importante é que com essas plantas transgênicas vou diminuir as perdas que se tem nas lavouras, com a resistência dessas plantas a pragas como insetos, doenças que devastam as lavouras. E também para reduzir o uso de agrotóxicos, com a planta transgênica não vou precisar usar agrotóxicos, reduzindo custos, danos à saúde humana e ao meio ambiente.

Tabela 2. Artigos que relataram o desenvolvimento de plantas transgênicas para o controle de pragas.

Referência	Nacionalidade	Espécie	Praga controlada
Aragão et al., 1996	Brasileiro/ Internacional	Feijão	<i>Geminivirus</i> mosaico dourado
Falcão et al., 2000	Brasileiro	Cana-de – açúcar	Herbicidas
Neves-Borges et al., 2001	Brasileiro	Tabaco	Vírus do manchamento da batata andina (APMoV) (CP22 e CP42)
Trevisan et al., 2006	Brasileiro	Maracujá	<i>Passion fruit woodiness virus</i> (PWV)
Ribeiro et al., 2008	Brasileiro	Cana-de – açúcar	Gorgulho da cana-de-açúcar (<i>Sphenophorus levis</i>)
Barbosa et al., 2010	Brasileiro	Café	Broca do café (<i>Hypothenemus hampei</i>)
Souza et al., 2011	Brasileiro	Tabaco	<i>Meloidogyne spp</i>
Severino et al., 2012	Brasileiro	Café	Nematoides das galhas (RKN)
Wiebke-Strohm et al., 2012	Brasileiro	Soja	Fungo <i>Phakopsora pachyrhizi</i>
Aragão et al., 2013	Brasileiro	Feijão	Mosaico dourado do feijão (<i>BGMV</i>)
Citadin et al., 2013	Brasileiro	Feijão	Ervas daninhas de folhas largas e Tiriricas
Albuquerque et al., 2015	Brasileiro/ Internacional	Café	Broca do café (<i>Hypothenemus hampei</i>)
de Paula et al., 2015	Brasileiro	Feijão	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i> Gen.)
Camargo et al., 2016	Brasileiro/ Internacional	Tomate	<i>Tuta absoluta</i>
de Oliveira et al., 2016	Brasileiro	Algodão	Lagarta-do-cartucho (<i>Spodoptera frugiperda</i>) e ao Gorgulho-do-algodoeiro (<i>Anthonomus</i>)
Strapasson et al., 2016	Brasileiro	Soja	Lagarta-medideira <i>Chrysodeixis</i>
Ibrahim et al., 2017	Brasileiro	Alface	Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i>)
Imran et al., 2017	Internacional com participação brasileira	Tabaco	Ervas daninhas
Schneider et al., 2017	Brasileiro	Cana-de- açúcar	<i>Sphenophorus levis</i> (gorgulho da cana-de-açúcar)
Santos et al., 2019	Brasileiro	Repolho	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>campestris</i> (Xcc)
Gómez et al., 2020	Brasileiro	Tabaco	<i>Xylella fastidiosa</i>
Lisei-de-Sá et al., 2021	Brasileiro	Algodão	Nematoides das galhas (<i>RKN</i>)

Tabela 2. Artigos que relataram o desenvolvimento de plantas transgênicas para o controle de pragas (parte 2).

Referência	Nacionalidade	Espécie	Praga controlada
Mohan et al., 2021	Brasileiro	Cana-de-açúcar	<i>Sphenophorus levis</i> (gorgulho da cana-de-açúcar)
Rodrigues et al., 2021	Brasileiro	Soja	<i>Pseudomonas syringae</i>
Zou et al., 2021	Brasileiro/ Internacional	Citrus	<i>Xanthomonas citri</i> subsp. <i>citri</i> (Xcc)
Arraes et al., 2022	Brasileiro/ Internacional	Soja	Nematoide das galhas (RKN), <i>Meloidogyne incognita</i>
Carvalho-Moore et al., 2022	Brasileiro/ Internacional	Arroz	Resistência ao herbicida fomesafen
de Moura et al., 2022	Brasileiro	Algodão	Gorgulho do algodoeiro (CBW, <i>Anthonomus grandis</i>)
Dos Santos et al., 2022	Brasileiro	Algodão	Nematoide das galhas (RKN), <i>Meloidogyne incognita</i>
Fragoso et al., 2022	Brasileiro/ Internacional	Soja	<i>Anticarsia gemmatilis</i> e galhas (<i>Meloidogyne incognita</i>)
Kalischuk et al., 2022	Brasileiro/ Internacional	Plantas no geral	Fungo (<i>Verticillium</i>)
Longhi et al., 2022	Brasileiro	Laranja	<i>Candidatus Liberibacter asiaticus</i>
Nascimento et al., 2022	Brasileiro	Laranjeira	<i>Xanthomonas citri</i> subsp. <i>citri</i>
Brasileiro et al., 2023	Brasileiro	Amendoim	Nematoides das galhas
de Oliveira Dorta et al., 2023	Brasileiro	Laranjeira	<i>Candidatus Liberibacter spp</i>

Fonte: Autoria própria

Entre os artigos que descreveram plantas para controlar pragas, podemos destacar diversos deles. Por exemplo, foi desenvolvida uma planta de algodão transgênica resistente ao bicudo do algodoeiro (*Anthonomus grandis*), neste trabalho, o gene para conferir a resistência foi o Cry1Ia12. Esta planta assume importante papel entre os transgênicos, pois o bicudo é uma das principais pragas do algodão no Brasil (de Oliveira et al., 2016).

Em outro exemplo, destaca-se um feijão transgênico resistente ao vírus do mosaico dourado. Esta planta foi desenvolvida na Embrapa para controlar vírus que afetam as plantações de feijão em toda a América Latina. Em seu desenvolvimento foi usado um ARN interferente pequeno (siRNA) para bloquear o gene viral rep (AC1) (Aragão et al., 2013).

Outra planta transgênica desenvolvida foi a laranjeira com o objetivo de controlar o inseto psíldeo asiático dos citros (ACP) *Liberibacter spp*, transmissor da bactéria *Candidatus liberibacter spp.*, causadora da doença “amarelamento dos citros”, que é a doença mais

devastadora dos citros em todo o mundo. Utilizou-se dois promotores que expressaram o gene *cry11A* de Bt nas plantas transgênicas de laranja doce para controlar o inseto transmissor (DE OLIVEIRA DORTA et al., 2023).

Tomateiros (*Solanum lycopersicum*) transgênicos foram desenvolvidos para o controle das larvas *Tuta absoluta* que consomem suas folhas. Através do método interferência de RNA (RNAi) as folhas que tinham o dsRNA para os genes *ATPase-A vacuolar* e *Arginina quinase*, estes genes foram usados para conferir resistência a praga crítica do tomate (Camargo et al., 2016).

Cafeeiros transgênicos foram desenvolvidos para controlar a praga da broca do café (*Hypothenemus hampei*). O gene utilizado foi o inibidor de α -amilase-1 (α -*AMI*) de *Phaseolus vulgaris*, as plantas transgênicas foram eficientes no atraso do desenvolvimento larval (Albuquerque et al., 2015).

Plantas de cana-de-açúcar, do genótipo SP80-180, foram transformadas por meio do bombardeamento de calos embriogênicos com um plasmídeo contendo os genes *bar* e *neo* para resistência a herbicidas. As plantas apresentaram resistência aos herbicidas e a estabilidade dos genes foi confirmada por Southern blot (Falcão et al., 2000). As grandes quantidades de plantas desenvolvidas para o controle de pragas evidenciam que esta é a aplicação mais importante das plantas transgênicas, pois controlam as pragas e reduzem o uso de agrotóxicos.

2.4 Plantas transgênicas resistentes a fatores abióticos.

Nesta seção descrevemos artigos que destacam o desenvolvimento de plantas transgênicas para resistência a fatores abióticos. Foram encontrados 24 artigos nesta categoria, sendo a segunda categoria mais numerosa (Figura 1) (Tabela 3). As condições ambientais adversas são uma das grandes causas de perdas hoje na agricultura no Brasil.

O estresse abiótico é a principal causa de danos às culturas em todo o mundo. Plantas expostas continuamente a condições de estresse abiótico evoluem/expressam genes que as contradizem. Genes expressos sob condições de estresse abiótico podem ser usados como genes tolerantes para diversas plantas. Todos os anos, diversas tentativas bem-sucedidas têm sido feitas para utilizar esses genes (funcionais ou regulatórios) como genes tolerantes em diversas plantas. Nesse sentido, fatores de transcrição, osmólitos e ROS são ferramentas fascinantes para gerar plantas/culturas tolerantes ao estresse abiótico (Wani, 2016). A abordagem

transgênica é o melhor método para combater o estresse abiótico usando um gene tolerante ao estresse adequado de qualquer fonte vital e ligado a qualquer cultura agrícola importante (Bajaj, 2005).

Tabela 3. Artigos que relataram o desenvolvimento de plantas transgênicas para conferir resistência a estresse abiótico.

Referência	Nacionalidade	Espécie	Característica alterada
Barata et al., 2000	Brasileiro	Tabaco	Metabolismo aeróbico
Alvim et al., 2001	Brasileiro	Tabaco	Tolerância ao estresse hídrico
Brandalise et al., 2009	Brasileiro	Cafê	Estresse nas folhas
Rosa et al., 2010	Brasileiro	Arroz	Estresse da planta
Carvalho et al., 2011	Internacional (Com participação brasileira)	Tabaco	Produção de amônia
Arenhart et al., 2012	Brasileiro	Arroz	Tolerância ao alumínio
Rodrigues et al., 2013	Brasileiro	Eucalipto	Tolerância à seca
Maciel et al., 2014	Brasileiro	<i>Arabidopsis thaliana</i>	Selenito de sódio
Reis et al., 2014	Brasileiro/ Internacional	Cana- de- açúcar	Tolerância à seca
Ramiro et al., 2016	Brasileiro/ Internacional	Cana- de- açúcar	Tolerância à seca
Balestro et al., 2017	Brasileiro	Cana- de- açúcar	Teor de açúcar
Balestro et al., 2017	Brasileiro	Cana- de – açúcar	Estresse abiótico
Conforte et al., 2017	Brasileiro	Soja	Tolerância à seca
de Carvalho et al., 2017	Brasileiro	Tabaco	Fotossíntese e sinalização hormonal
Ribeiro et al., 2017	Brasileiro	<i>Setaria viridis</i>	Tolerância ao alumínio
Fávero Peixoto-Junior et al., 2018	Brasileiro	Arroz	Tolerância à seca
Andrade et al., 2019	Brasileiro	Arroz, Cana - de- Açúcar	Tolerância à seca
Begcy et al., 2019	Brasileiro com apoio internacional	Cana- de- açúcar	Tolerância a seca
Coutinho et al., 2019	Brasileiro	Soja	Tolerância à seca
Chaparro-Giraldo et al., 2000	Brasileiro	Batata	Metabolismo aeróbico
Basso et al., 2021	Brasileiro	Algodão	Tolerância à seca
Berchembrock et al., 2021	Internacional com participação brasileira	Soja	Estresse osmótico e à tolerância à seca
Martins et al., 2022	Brasileiro	Tabaco	Tolerância ao estresse
Narayan et al., 2023	Brasileiro/ Internacional	Cana-de- açúcar	Tolerância à seca

Fonte: Autoria própria

Dentre os exemplos destaca-se a cana-de-açúcar transgênica resistente a seca. O gene utilizado para conferir resistência foi o *P5CS* de *Vigna aconitifolia*. Os resultados mostraram que as plantas transgênicas de cana-de-açúcar apresentaram níveis aumentados de prolina livre,

acumulam alto teor de açúcar solúvel e, portanto, podem representar um novo genótipo para o melhoramento de cultivares de cana-de-açúcar (Balestro et al., 2017).

A transgenia também foi usada para caracterizar um promotor de resistência a seca de soja. Plantas de *Arabidopsis* e soja transgênicas foram desenvolvidas com promotor do gene α -galactosidase de soja (GlymaGAL) fundidos ao gene reporter β -glucuronidase (GUS). As plantas transformadas demonstraram a expressão do gene marcador GUS em resposta a estresse de seca, revelando que o promotor *GAL-2kb* pode ser uma ferramenta útil no desenvolvimento de plantas tolerantes à seca (Conforte et al., 2017).

Mais uma planta desenvolvida foi o capim *Setaria viridis*, planta modelo para espécies de fotossíntese C4. Esta planta foi transformada para superexpressar um gene transportador de membrana pertencente à família de extrusão de compostos tóxicos e multidroga (MATE), de sorgo (*Brachypodium distachyon*). Este gene foi identificado e caracterizado como um gene transportador de citrato ativado por alumínio responsável pela tolerância ao alumínio. Plantas transgênicas de *S. viridis*, superexpressando o gene BdMATE apresentou um fenótipo de tolerância ao alumínio melhorado, caracterizado pelo crescimento sustentado da raiz e exclusão do alumínio do ápice da raiz (Ribeiro et al., 2017).

Portanto a cana-de-açúcar transgênica foi desenvolvida com o objetivo de melhorar a tolerância à seca. A planta foi transformada com o gene *AtDREB2A CA*, de *Arabidopsis thaliana*. A expressão induzível por estresse de *AtDREB2A CA* em cana-de-açúcar transgênica levou à regulação positiva de genes envolvidos na resposta da planta ao estresse por seca, isto aumentou sua tolerância à seca sem penalidade de biomassa (Reis et al., 2014).

Uma planta de algodão transgênico resistente à seca foi desenvolvida, e o gene utilizado para conferir a resistência foi o HB12 de *Coffea arabica* (CaHB12), que codifica um fator de transcrição pertencente à subfamília HD-Zip I, é regulado positivamente sob seca. Alguns eventos de transformação mostraram maior rendimento fotossintético, maior eficiência no uso da água sob condições severas de déficit hídrico, e um melhor ponto de murcha permanente em comparação com plantas selvagens (Basso et al., 2021).

Outra planta de cana-de-açúcar transgênica foi desenvolvida para resistência à seca. A pesquisa revelou que a expressão transgênica de um supressor de morte celular altamente conservado, o Bax Inibitor-1 de *Arabidopsis thaliana* (AtBI-1), pode conferir maior tolerância das plantas de cana-de-açúcar a condições de estresse hídrico de longo prazo. E o mesmo gene pode ser utilizado para desenvolver outros cultivos transgênicos (Ramiro et al., 2016).

2.5 Artigos de plantas para pesquisa básica.

Veremos nessa sessão os resumos dos artigos que relataram o desenvolvimento de plantas transgênicas para pesquisas básicas. Foram identificados 15 artigos para esse fim (Tabela 4). O estudo da pesquisa básica é muito importante no intuito de se estudar a eficácia e o avanço do conhecimento científico e para o desenvolvimento de soluções novas na agricultura. A pesquisa básica aglutina estudos que tem como objetivo completar uma lacuna no conhecimento (Gil, 2010).

Tabela 4. Artigos que relataram o desenvolvimento de plantas transgênicas em pesquisa básica.

Referência	Nacionalidade	Espécie	Característica alterada
Ulian et al., 1994	Brasileiro	Tulipas	NPT II (neomycin phosphotransferase II) e GUS (β -glucuronidase)
González et al., 2002	Brasileiro	Eucalipto	NPT II (neomycin phosphotransferase II) e GUS (β -glucuronidase)
Soares et al., 2005	Brasileiro	Feijão	Herança de genes transgênicos
Nunes et al., 2006	Brasileiro	Soja	Desenvolvimento da semente
Ivo et al., 2008	Brasileiro	Feijão	GUS (β -glucuronidase) e resistência a imazapir
Rech et al., 2008	Brasileiro	Soja, Feijão e Algodão	Protocolos de transformação por biobalística
Passaia et al., 2013	Brasileiro	Arroz	Acúmulo de H ₂ O ₂
Cotta et al., 2014	Brasileiro	Café	Proteínas de transferência de lipídios não específicas (nsLTPs)
Martins et al., 2015	Brasileiro	Capim rabo de raposa	Transformação de <i>S. viridis</i> usando imersão floral
Cabral et al., 2018	Brasileiro	Gramínea	Regeneração de plantas transgênicas e transgenes
Guidelli et al., 2018	Brasileiro	Cana-de-Açúcar	Rendimento da cana-de-açúcar
Quintero et al., 2018	Brasileiro	Café	Promotor CaSMP
Paes de Melo et al., 2020	Brasileiro	Soja	Contaminação diminuída e facilidade de manipulação
Sousa et al., 2020	Brasileiro	Eucalipto	Qualidade da madeira e características de crescimento
Ribeiro et al., 2021	Brasileiro	Algodão	Transformação eficiente de algodão

Fonte: Autoria própria

Entre os artigos de pesquisa básica, enfatizamos os mais significativos. Por exemplo, foi desenvolvida uma planta de feijão-caupi transgênico (*Vigna unguiculata*), por um protocolo de biolística, usando o gene ahas que confere resistência ao herbicida imazapir. As plantas

transgênicas conseguiram transferir genes para as próximas gerações de acordo com as leis de mendelianas, comprovando a eficácia do protocolo de transformação (Ivo et al., 2008).

Outro artigo importante foi o que estabeleceu protocolos de transformação por biobalística para soja, feijão e algodão (Rech et al., 2008). Adicionalmente, outro protocolo foi desenvolvido para algodão, combinando as técnicas de *Agrobacterium* e biobalística (Ribeiro et al., 2021). O capim *Brachiaria brizantha* também teve um protocolo de transformação desenvolvido no Brasil (CABRAL et al., 2018).

A planta de tabaco é usada como planta modelo em experimentos de transformação. Uma planta de tabaco transgênico foi transformada com gene de eucalipto. As respostas da expressão do gene *EgPHI-1* em diferentes tratamentos, alteraram a participação da biomassa favorecendo áreas como o caule, e tornando um alvo atrativo para aplicações biotecnológicas. (Sousa et al., 2020). Tabaco também foi utilizado como planta modelo para testar gene de resistência a nematoides *Meloidogyne incognita* (Arraes et al., 2022).

2.6 Artigos de plantas para a saúde humana.

Nesta seção foram revisados artigos em que plantas transgênicas foram desenvolvidas para serem utilizadas em benefício da saúde humana. Foram identificados 4 artigos relatando o desenvolvimento de plantas para esse fim (Tabela 5). Em relação a produção de alimentos na saúde humana, uma das possibilidades de melhora com os OGMs é a melhora da qualidade nutricional. Este desenvolvimento é importante quanto à questão da segurança alimentar. Um exemplo é o arroz dourado (golden rice) rico em beta-caroteno, precursor da vitamina A, que ajuda a prevenir doenças e evitar a cegueira. Em países subdesenvolvidos, como o Brasil, a falta de vitamina A é um problema de saúde pública que afeta a aproximadamente 250 milhões de pessoas e um ocasionador expressivo de mortalidade infantil (Fao, 2001 apud Polo, 2017).

Tabela 5. Artigos que relataram o desenvolvimento de plantas transgênicas para uso em saúde humana.

Referência	Nacionalidade	Espécie	Característica alterada
Marcellino et al., 1996	Brasileiro	Tabaco, Castanha-do-Pará	Valor nutricional da proteína
Sikdar et al., 2016	Brasileiro/Internacional	Cevada	Composição de aminoácidos
Vamvaka et al., 2016	Brasileiro/Internacional	Arroz	Eficácia funcional de anticorpos neutralizantes em plantas
Xisto et al., 2020	Brasileiro	Plantas no geral	Produção proteica

Fonte: Autoria própria

Os artigos que descreveram plantas para saúde humana são eles. A planta de tabaco transgênica que foi desenvolvida com o gene para albumina S2 da castanha-do-Pará. As plantas de tabaco produziram albumina em suas sementes, a mesma abordagem pode ser usada para desenvolver outras plantas com maior conteúdo de proteínas (Marcellino et al., 1996).

Outra planta desenvolvida muito importante foi a *Arabidopsis thaliana* transgênica com gene para conferir expressão da proteína NS1, utilizada no teste diagnóstico de dengue tipo 2 (Xisto et al., 2020).

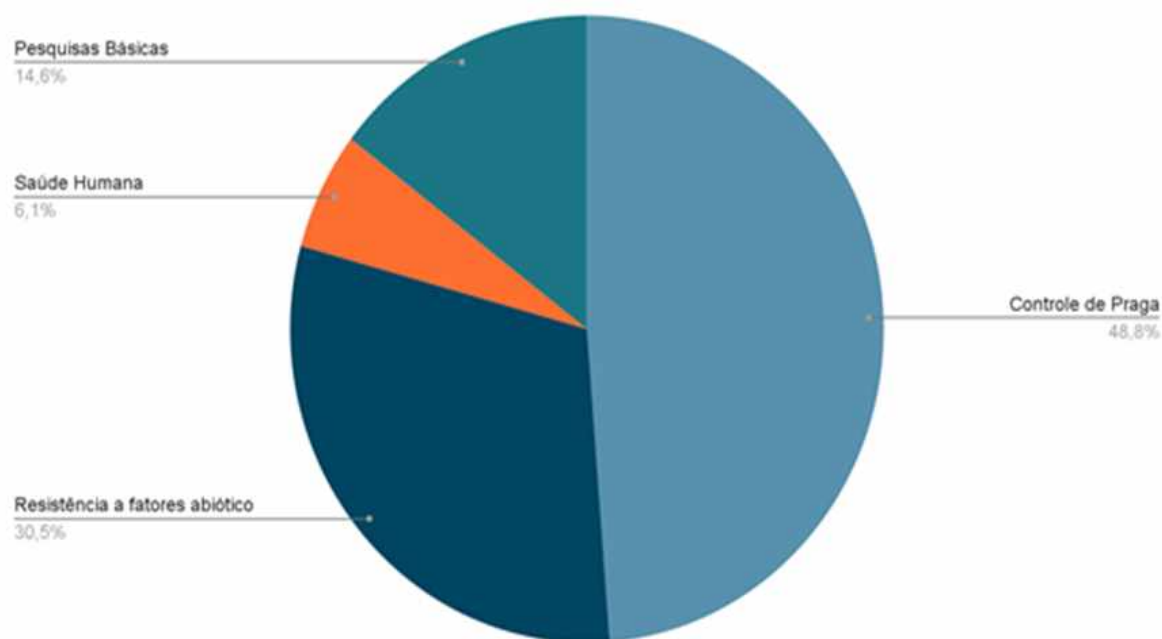
Uma planta muito valiosa que foi produzida é o arroz transgênico produzindo um anticorpo anti-HIV 2G12 no endosperma. As cadeias pesadas e leve se reuniram em anticorpos funcionais com atividade neutralizante de HIV mais potente do que outras formas derivadas de plantas (Vamvaka et al., 2016).

Foi transformada uma planta de cevada transgênica, através do silenciamento de RNAi de fita dupla direcionada à C-hordeína para obter um melhoramento nutricional dos grãos da cevada. As plantas transgênicas reduziram muito a quantidade de C- hordeína (Sikdar et al., 2016).

2.7 Principais aplicações, espécies, e regiões das plantas transgênicas.

As plantas transgênicas desenvolvidas no Brasil foram classificadas em 4 aplicações básicas: Resistência a pragas, resistência a fatores ambientais, pesquisa básica e plantas aplicadas a saúde humana (Figura 1). Na Figura 1 é possível observar que quase metade das plantas analisadas, foram desenvolvidas para resistir as pragas com 48,8%. Já para a resistência a fatores abióticos ficou com 30,5% ocupando a segunda categoria mais expressiva, a categoria de plantas transgênicas para pesquisa básica vem em terceiro, e a categoria menos expressiva é a voltada para saúde humana com 6,1%. Esse gráfico foi importante para vermos em qual categoria se tem mais desenvolvimento de plantas transgênicas, isso é muito importante para sabermos em quais aplicações se precisa de mais investimento.

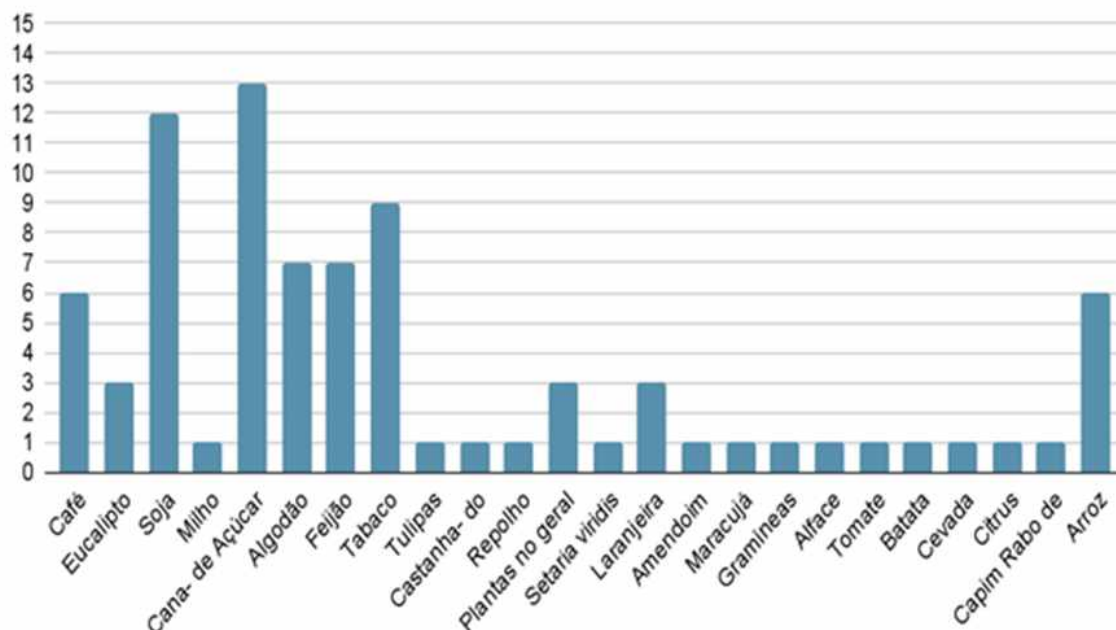
Figura 1. Proporção das diferentes aplicações das plantas transgênicas desenvolvidas no Brasil.



Fonte: Autoria própria

Na Figura 2 podemos observar quais espécies de plantas foram transformadas. Temos o total de 24 plantas de espécies diferentes transformadas. Nota-se que todas as espécies transformadas são de grande importância econômica. A cana-de-açúcar está em primeiro lugar com maior número de plantas transgênicas, provavelmente por não ter desenvolvimento de plantas transgênicas dessa espécie por empresas multinacionais. A soja vem em segundo lugar. No entanto, a maior parte foram espécies de plantas transformadas uma única vez, isso equivale a mais de 50% dessas plantas. Esse gráfico foi de grande relevância para enxergarmos quais as espécies de plantas transgênicas que temos de 1994 até 2003 que foram desenvolvidas no Brasil. E com a imensidade de espécies de plantas que se tem no Brasil, esse número de plantas transgênicas desenvolvidas é muito pequeno. Esse gráfico também nos mostra que as maiores quantidades de plantas transgênicas desenvolvidas foram para espécies que se tem maior valor para o agronegócio brasileiro.

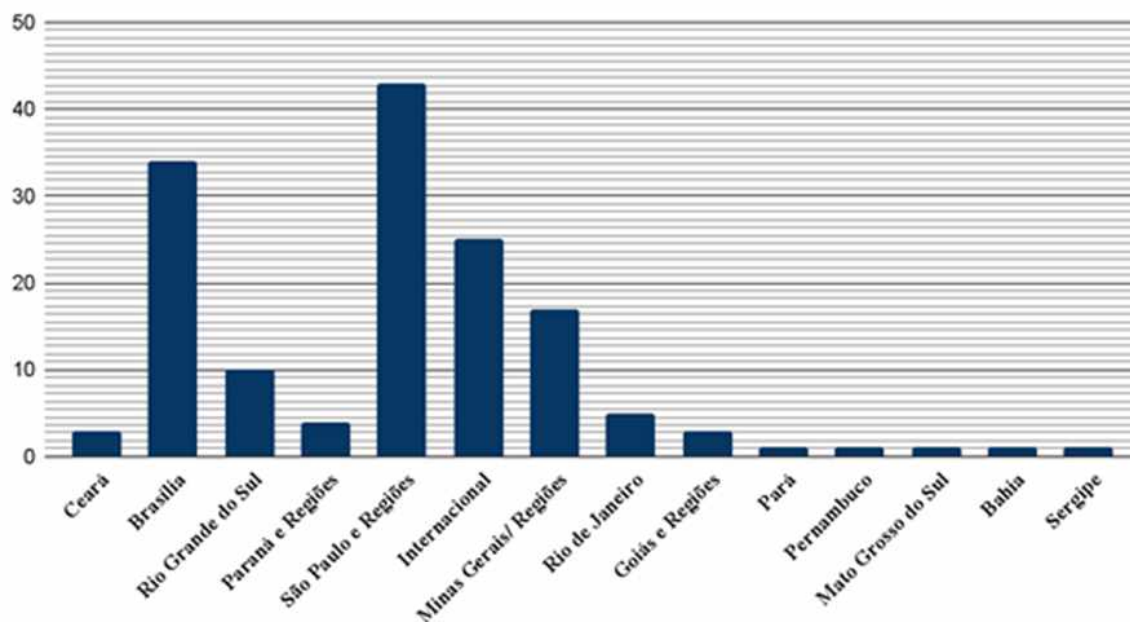
Figura 2. Espécies de plantas transgênicas transformadas nos artigos analisados.



Fonte: Autoria própria

Na Figura 3 é possível observar em quais estados Brasileiros essas plantas foram desenvolvidas. São Paulo foi o estado brasileiro com maior quantidade de desenvolvimento de plantas transgênicas com 43 plantas transformadas, em segundo lugar temos Brasília com 34 plantas transformadas, sendo a Embrapa a empresa que mais se teve desenvolvimento de plantas transgênicas nesse estado. Temos cinco estados (Pará, Pernambuco, Mato Grosso do Sul, Bahia e Sergipe) que fizeram apenas uma planta transgênica. Isso nos mostra que o Brasil precisa de mais investimentos para desenvolvimento de OGMs. Estas plantas trazem vários benefícios agrônômicos para as regiões onde estão inseridos, como maior produtividade, reduzem o uso de agrotóxicos, aumenta a produtividade, reduzem a área plantada, diminuem o consumo de água, melhora as características nutricionais da planta, entre diversas outras aplicações.

Figura 3. Estados e regiões brasileiras onde as plantas transgênicas foram desenvolvidas.



Fonte: Autoria própria

3 CONCLUSÃO

Notavelmente, a produção de plantas transgênicas no Brasil tem aumentado consideravelmente, e os resultados são vistos na elevada produtividade agrícola nacional. Dessa forma, o nosso trabalho decidiu analisar as pesquisas que foram feitas no Brasil que possuem como objetivo a modificação genética de plantas. Assim, pudemos observar quais as espécies de plantas que mais estão sendo utilizadas nesse processo e as regiões do Brasil elas são desenvolvidas. O estado de São Paulo é o que tem mais plantas desenvolvidas, com total de 43 plantas, e a planta mais utilizada foi a cana-de-açúcar com 13 plantas transformadas.

Nos artigos relacionados a controle de praga foram analisados 35 artigos de vários tipos de plantas transgênicas, dentre elas feijão, tabaco, soja, algodão, repolho, laranja, amendoim, maracujá, alface, tomate, citrus, cana-de-açúcar, plantas no geral e café.

Os artigos pertencentes as aplicações para fatores abióticos foram empregadas plantas dentre elas o arroz, cana-de-açúcar, café, tabaco, *Arabidopsis thaliana*, eucalipto, *Setaria viridis*, soja, algodão e batata. Totalizando 24 artigos que contém uma ou mais dessas plantas no mesmo.

Já aqueles 15 artigos referentes a pesquisa básica as plantas que foram escolhidas foram gramíneas, feijão, eucalipto, tulipas, café, capim rabo de raposa, soja, arroz, cana-de-açúcar e algodão.

Nos artigos de plantas transgênicas em uso para saúde humana encontramos somente 4 artigos para a aplicação nas plantas de tabaco, castanha-do-Pará, arroz e cevada.

Dessa forma, este trabalho analisou as pesquisas que foram feitas no Brasil que possuem como objetivo a modificação genética de organismos para o melhoramento dessas espécies de plantas. Assim, pudemos observar as plantas que mais estão sendo utilizadas nesse processo e as regiões onde estão acontecendo. Sabemos então que, a produção dos organismos transgênicos no Brasil tem aumentado consideravelmente pelos resultados que apresentam diante da produção final das colheitas principalmente para a agricultura.

Através da realização dessa pesquisa foi possível observar a grande quantidade de pesquisas que desenvolveram plantas transgênicas para diversas aplicações, mostrando a versatilidade dessas plantas geneticamente modificadas.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, É. V. S. et al. Seed-Specific Stable Expression of the α -AII Inhibitor in Coffee Grains and the In Vivo Implications for the Development of the Coffee Berry Borer. **Tropical Plant Biology**, v. 8, p. 98–107, 2015.
- ALVIM, F. C. et al. Enhanced Accumulation of BiP in Transgenic Plants Confers Tolerance to Water Stress. **Plant Physiology**, v. 126, n. 3, p. 1042–1054, 1 jul. 2001.
- ANDRADE, S. R. M. EMBRAPA CERRADOS (Planaltina, DF). Transformação de plantas. 28p. – (Documentos / Embrapa Cerrados, ISSN 1517-5111; 102), 2003.
- ANDRADE, L M et al. “Biomass Accumulation and Cell Wall Structure of Rice Plants Overexpressing a Dirigent-Jacalin of Sugarcane (ShDJ) Under Varying Conditions of Water Availability.” *Frontiers in plant science* vol. 10 65. 13 Feb. 2019,
- ANFORD, J.C. et al. Delivery of substances into cells tissues using a particle bombardment process. **Journal Particulate Science Technology**, v.5, p.27-37, 1987.
- APARECIDA GODINHO MENDES, R. et al. In planta RNAi approach targeting three M. incognita effector genes disturbed the process of infection and reduced plant susceptibility. **Experimental Parasitology**, v. 238, p. 108246, 1 jul. 2022.
- ARAGÃO F, BARROS L, BRASILEIRO A, RIBEIRO S, SMITH F, SANFORD J et al. Inheritance of foreign genes in transgenic bean (*Phaseolus vulgaris* L.) co-transformed via particle bombardment. **Theor Appl Genet** 93: 142–150, jul. 1996.
- ARAGÃO, F. J. L. et al. Molecular characterization of the first commercial transgenic common bean immune to the Bean golden mosaic virus. **Journal of Biotechnology**, v. 166, n. 1, p. 42–50, 20 jun. 2013.
- ARENHART, R.A. et al. The rice ASR5 protein: a putative role in the response to aluminum photosynthesis disturbance. **Plant Signaling and Behavior**. 7,1263–1266, 2012.
- ARRAES, F. B. M. et al. Integrated Omic Approaches Reveal Molecular Mechanisms of Tolerance during Soybean and Meloidogyne incognita Interactions. **Plants** (Basel, Switzerland), v. 11, n. 20, p. 2744, 17 out. 2022.
- BALESTRO, G. C. et al. Biochemical composition of symplastic sap from sugarcane genetically modified to overproduce proline. **Plant physiology and biochemistry: PPB**, v. 113, p. 133–140, 1 abr. 2017.
- BARATA, R. M. et al. Targeting of the soybean leghemoglobin to tobacco chloroplasts: effects on aerobic metabolism in transgenic plants. **Plant Science: An International Journal of Experimental Plant Biology**, v. 155, n. 2, p. 193–202, 29 jun. 2000.

BARBOSA, A. E. et al. α -Amylase inhibitor-1 gene from *Phaseolus vulgaris* expressed in *Coffea arabica* plants inhibits α -amylases from the coffee berry borer pest. **BMC Biotechnology**, v. 10, n. 1, 17 jun. 2010.

BASSO, M. F. et al. Overexpression of the CaHB12 transcription factor in cotton (*Gossypium hirsutum*) improves drought tolerance. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 165, p. 80–93, ago. 2021.

BEGCY, K. et al. Overexpression of an evolutionarily conserved drought-responsive sugarcane gene enhances salinity and drought resilience. **Annals of Botany**, v. 124, n. 4, p. 691–700, 24 maio 2019.

BEGCY K. et al. Male Sterility in Maize after Transient Heat Stress during the Tetrad Stage of Pollen Development. **Plant Physiol.** v. 181, n. 2, p. 683-700, outubro 2019.

BERCHEMBROCK, Y. V.; BOTELHO, F. B. S.; SRIVASTAVA, V. Suppression of ERECTA Signaling Impacts Agronomic Performance of Soybean (*Glycine max* (L) Merrill) in the Greenhouse. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, 11 maio 2021.

BAJAJ, S. e MOHANTY, A., 2005. Avanços recentes na biotecnologia do arroz: rumo a um arroz transgênico geneticamente superior. *Plant Biotechnology Journal*, vol. 3, n.º 3, pp. 275-307.

Brasil. (1988). Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.

Brasil. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. (2003). Decreto nº 4.680, de 24 de abril de 2003. Brasília: Diário Oficial da República Federativa do Brasil.

Brasil. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. (2005). Lei Nº 11.105, de 24 de março de 2005. Brasília: Diário Oficial da República Federativa do Brasil.

Brasil. (2006). Lei nº 11.346, de 15 de setembro de 2006. Cria o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional –SISAN com vistas em assegurar o direito humano à alimentação adequada e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, página 01.

Brasil. (2003). Ministério da Justiça. Portaria nº 2.658 de 22 de dezembro de 2003. Brasília.

Brasil De Fato. (2018). Novos transgênicos: alertas sobre câncer e toxicidade. www.brasildefato.com.br/2018/08/08/artigo-or-novos-transgenicos-alertas-sobre-cancer-e-toxicidade. Acesso em: 07/12/2024

BOAVENTURA, D. et al. Detection of a ryanodine receptor target-site mutation in diamide insecticide resistant fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. **Pest Management Science**, v. 76, n. 1, p. 47–54, 8 jul. 2019.

BRANDALISE, M. et al. The promoter of a gene encoding an isoflavone reductase-like protein in coffee (*Coffea arabica*) drives a stress-responsive expression in leaves. **Plant Cell Reports**, v. 28, n. 11, p. 1699–1708, 16 set. 2009.

BRASILEIRO, A. C. M. et al. The Stilbene Synthase Family in *Arachis*: A Genome-Wide Study and Functional Characterization in Response to Stress. **Genes**, v. 14, n. 12, p. 2181, 5 dez. 2023.

CABRAL, G. B. et al. Genetic transformation of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu by biolistics. **Anais Da Academia Brasileira De Ciencias**, v. 90, n. 2, p. 1789–1797, 2018.

CAMARGO, R. A. et al. RNA interference as a gene silencing tool to control *Tuta absoluta* in tomato (*Solanum lycopersicum*). **PeerJ**, v. 4, p. e2673, 15 dez. 2016.

CARVALHO, J. DE F. C. et al. An engineered pathway for glyoxylate metabolism in tobacco plants aimed to avoid the release of ammonia in photorespiration. **BMC biotechnology**, v. 11, p. 111, 21 nov. 2011.

CARVALHO-MOORE, P. et al. Field-Evolved $\Delta G210$ -ppo2 from Palmer Amaranth Confers Pre-emergence Tolerance to PPO-Inhibitors in Rice and Arabidopsis. **Genes**, v. 13, n. 6, p. 1044, 10 jun. 2022.

CHAPARRO-GIRALDO, A. et al. Soybean leghemoglobin targeted to potato chloroplasts influences growth and development of transgenic plants. **Plant Cell Reports**, v. 19, n. 10, p. 961–965, 1 out. 2000.

CHILTON, M.D.; et al. Stable incorporation of plasmid DNA into higher plant cells: the molecular basis of crown gall tumorigenesis. **Cell**, v. 11, p. 263-271, 1977.

CHILTON, M.D.; et al. *Agrobacterium rhizogenes* inserts T-DNA into the genomes of host plant root cells. *Nature*, v. 295, p. 432-434, 1982.

CITADIN, C. T.; et al. Development of transgenic imazapyr-tolerant cowpea (*Vigna unguiculata*). **Plant Cell Reports**, v. 32, n. 4, p. 537–543, 1 abr. 2013.

CONFORTE et al. Isolation and characterization of a promoter responsive to salt, osmotic and dehydration stresses in soybean. **Genetics and Molecular Biology**, v. 40, n. 1 suppl 1, p. 226–237, 27 mar. 2017.

COSSETIN, M. R.; et al. Soja transgênica no Brasil: Aspectos Positivos e Negativos. Adubação orgânica e mineral em variedade de feijão. p. 573. 2018.

CROPLIFE BRASIL. Regulamentação. Disponível em: <<https://croplifebrasil.org/biotecnologia/regulamentacao/>>. Acesso em: 16 dez. 2024.

CROPLIFE BRASIL. 25 anos de transgênicos no campo. 2023. Disponível em: <https://static.poder360.com.br/2024/08/Relatorio_CropLife_Brasil_25_Anos_Transgenicos_2023.pdf>. Acesso em 21 fev. 2025

COTTA, M. G. et al. Lipid transfer proteins in coffee: isolation of *Coffea* orthologs, *Coffea arabica* homeologs, expression during coffee fruit development and promoter analysis in transgenic tobacco plants. **Plant Molecular Biology**, 28 jan. 2014.

COUTINHO, F. S. et al. Mechanism of the drought tolerance of a transgenic soybean overexpressing the molecular chaperone BiP. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 25, n. 2, p. 457–472, 14 fev. 2019.

COUTINHO, F. S. et al. Mechanism of the drought tolerance of a transgenic soybean overexpressing the molecular chaperone BiP. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 25, n. 2, p. 457–472, 14 fev. 2019.

DE CARVALHO, M. et al. Impacts of the overexpression of a tomato translationally controlled tumor protein (TCTP) in tobacco revealed by phenotypic and transcriptomic analysis. **Plant Cell Reports**, v. 36, n. 6, p. 887–900, 1 jun. 2017.

DE MOURA, S. M. et al. Discovery and functional characterization of novel cotton promoters with potential application to pest control. **Plant Cell Reports**, v. 41, n. 7, p. 1589–1601, 4 jun. 2022.

DE OLIVEIRA DORTA, S. et al. Genetic transformation of “Hamlin” and “Valencia” sweet orange plants expressing the cry11A gene of *Bacillus thuringiensis* as an additional tool for the management of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). **Journal of Biotechnology**, v. 368, p. 60–70, 20 maio 2023.

DE OLIVEIRA, R. S. et al. Transgenic Cotton Plants Expressing Cry1Ia12 Toxin Confer Resistance to Fall Armyworm (*Spodoptera frugiperda*) and Cotton Boll Weevil (*Anthonomus grandis*). **Frontiers in Plant Science**, v. 7, 19 fev. 2016.

DE PAULA, N. T.; et al. Reduction of viral load in whitefly (*Bemisia tabaci* Gen.) feeding on RNAi-mediated bean golden mosaic virus resistant transgenic bean plants. **Virus Research**, v. 210, p. 245–247, dez. 2015.

DOS REIS, P. A. B. et al. State-of-the-Art Molecular Plant Sciences in Brazil. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 24, n. 10, p. 8909, 17 maio 2023.

DOS SANTOS DE LIMA E SOUZA, D. et al. Ectopic expression of a *Meloidogyne incognita* dorsal gland protein in tobacco accelerates the formation of the nematode feeding site. **Plant Science**, v. 180, n. 2, p. 276–282, fev. 2011.

DOS SANTOS, C. et al. Overexpression of cotton genes GhDIR4 and GhPRXIIB in *Arabidopsis thaliana* improves plant resistance to root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) infection. **3Biotech**, v. 12, n. 9, p. 211, 1 set. 2022.

ECHEVENGUÁ, A. C.(2003). Perdura a ilegalidade dos transgênicos no Brasil. In: *Âmbito Jurídico*, Rio Grande, VI, n. 14. Disponível em: <www.viajus.com.br/viajus.php?pagina=artigos&id=137&idAreaSel=19&seeArt=y es>.

EL, R.; GR, V.; FJ, A. High-efficiency Transformation by Biolistics of Soybean, Common Bean and Cotton Transgenic Plants. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18323812/>>.

EMBRAPA. (2009). Transgenia: Quebrando barreiras em prol da agropecuária brasileira. Disponível em: <www.embrapa.br/tema-transgenicos/sobre-o-tema>.

FALCÃO, M. C.; Et al. Transformation and expression of a gene for herbicide resistance in a Brazilian sugarcane. **Plant Cell Reports**, v. 19, n. 12, p. 1188–1194, 5 dez. 2000.

FAO- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2001. Perfiles nutri-cionales por países: Colombia. FAO, Roma (obtido en: www.fao.org/es/ESN/nutrition/COL-s.stm).

FÁVERO PEIXOTO-JUNIOR, R. et al. Overexpression of ScMYBAS1 alternative splicing transcripts differentially impacts biomass accumulation and drought tolerance in rice transgenic plants. **PLOS ONE**, v. 13, n. 12, p. e0207534, 5 dez. 2018.

FERREIRA, M. G. R.; et al. Introdução de genes em segmentos foliares de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* schumm.) usando biobalistica. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 34, n.1, p. 265-279, jan/fev. 2004.

FRAGOSO, R. R. et al. Functional characterization of the pUceS8.3promoter and its potential use for ectopic gene overexpression. **Planta**, v. 256, n. 4, p. 69, 6 set. 2022.

FRANCISCO et al. Inheritance of foreign genes in transgenic bean (*Phaseolus vulgaris* L.) co-transformed via particle bombardment. v. 93-93, n. 1-2, p. 142–150, 1 jul. 1996.

GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GÓMEZ, L. M. et al. Overexpression of *Citrus reticulata* SAMT in *Nicotiana tabacum* increases MeSA volatilization and decreases *Xylella fastidiosa* symptoms. **Planta**, v. 252, n. 6, p. 103, 13 nov. 2020.

GONÇALVES, C. Produtores de algodão terão de esperar para colher vantagens de variedade transgênica aprovada pela CTNBio. Agência Brasil, 2012. Disponível em <agenciabrasil.ebc.com.br/noticia/2012-08-21/produtores-de-algodao-terao-de-esperar-para-colher-van-tagensdevarieda-de-transgenica-aprova-da-pela-c>. Acesso dia 18/11/2024.

GONZÁLEZ, E. R. et al. Production of transgenic *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* using the sonication-assisted *Agrobacterium* transformation (SAAT) system. **Functional Plant Biology**, v. 29, n. 1, p. 97, 2002.

GUIDELLI, G. V. et al. pGVG: a new Gateway-compatible vector for transformation of sugarcane and other monocot crops. **Genetics and Molecular Biology**, v. 41, n. 2, p. 450–454, 11 jun. 2018.

GUIDELLI, G. V. et al. pGVG: a new Gateway-compatible vector for transformation of sugarcane and other monocot crops. **Genetics and Molecular Biology**, v. 41, n. 2, p. 450–454, 11 jun. 2018.

IBRAHIM, A. B. et al. RNAi-mediated resistance to whitefly (*Bemisia tabaci*) in genetically engineered lettuce (*Lactuca sativa*). **Transgenic Research**, v. 26, n. 5, p. 613–624, 15 jul. 2017.

IMRAN, M. et al. Genetically transformed tobacco plants expressing synthetic EPSPS gene confer tolerance against glyphosate herbicide. **Physiology and Molecular Biology of Plants**, v. 23, n. 2, p. 453–460, 14 mar. 2017.

ISLAM, S. et al. Targeted modification of storage protein content resulting in improved amino acid composition of barley grain. **Transgenic Research**, v. 25, n. 1, p. 19–31, 1 fev. 2016.

IVO, N. L. et al. Biolistic-mediated genetic transformation of cowpea (*Vigna unguiculata*) and stable Mendelian inheritance of transgenes. **Plant Cell Reports**, v. 27, n. 9, p. 1475–1483, 28 jun. 2008.

KALISCHUK, M. et al. Amplification of cell signaling and disease resistance by an immunity receptor Ve1Ve2 heterocomplex in plants. **Communications Biology**, v. 5, n. 1, p. 497, 25 maio 2022.

LARISSA MARA ANDRADE et al. Biomass Accumulation and Cell Wall Structure of Rice Plants Overexpressing a Dirigent-Jacalin of Sugarcane (ShDJ) Under Varying Conditions of Water Availability. **Frontiers in plant science**, v. 10, 13 fev. 2019.

Leite, M. (1999). Os genes da discórdia –Alimentos transgênicos no Brasil. *Política externa*, 8(2), 3-14.

LISEI-DE-SÁ, M. E. et al. Pyramiding dsRNAs increases phytonematode tolerance in cotton plants. **Planta**, v. 254, n. 6, 15 nov. 2021.

LONGHI, T. V. et al. Transgenic Sweet Orange Expressing the Sarcotoxin IA Gene Produces High-Quality Fruit and Shows Tolerance to “*Candidatus Liberibacter asiaticus*”. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 16, p. 9300, 1 jan. 2022.

MACIEL, B. C. M. et al. Comparative proteomics and metallomics studies in *Arabidopsis thaliana* leaf tissues: Evaluation of the selenium addition in transgenic and nontransgenic plants using two-dimensional difference gel electrophoresis and laser ablation imaging. **PROTEOMICS**, v. 14, n. 7-8, p. 904–912, abr. 2014.

MARCELLINO, L. H. et al. Modified 2S albumins with improved tryptophan content are correctly expressed in transgenic tobacco plants. **FEBS Letters**, v. 385, n. 3, p. 154–158, 6 maio 1996.

MARTINS, Polyana Kelly et al. “*Setaria viridis* floral-dip: A simple and rapid *Agrobacterium*-mediated transformation method.” *Biotechnology reports* (Amsterdam, Netherlands) vol. 6 61-63. 4 Mar. 2015.

MARTINS, C. P. S. et al. Comprehensive analysis of the GALACTINOL SYNTHASE (GolS) gene family in citrus and the function of CsGolS6 in stress tolerance. **PloS One**, v. 17, n. 9, p. e0274791, 2022.

MARTINS, Gabriel Pereira; MONTEIRO, Luana Silva; LOURENÇO, Ana Eliza Port; CAPELLI, Jane de Carlos Santana; LIMA, Flávia Farias. Dados de consumo alimentar no âmbito do SISVAN: uma experiência de intervenção em área rural. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, SP, v. 29, n. 00, p. e022025, 2022.

MATTOS, K. A. et al. Endophytic colonization of rice (*Oryza sativa* L.) by the diazotrophic bacterium *Burkholderia kururiensis* and its ability to enhance plant growth. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 80, n. 3, p. 477–493, set. 2008.

MATOS F. P., et al. (2016). Verificação da rotulagem de alimentos ou de origem ou derivados de soja transgênica frente a legislação brasileira. *Conhecendo Online*3(1), 2016.

MENASCHE, R. (2000). Dossiê transgênicos: uma cronologia a partir de recorte de jornais. Scielo, Brasil. Disponível em: <www.scielo.br/j/hcsm/a/bvtQD3LJ8kh56PXf4QpGHkp/?lang=pt>. Acesso em 12 mar. 2024.

MIRANDA-Rodríguez, JR, Salas-Vidal, E., Lomeli, H., Zurita, M., Schnabel, D. (2017) A atividade da via RhoA/ROCK é essencial para a localização correta dos mRNAs do germaplasma em embriões de peixe-zebra. *Biologia do Desenvolvimento*. 421(1):27-42.

MOHAN, C. et al. hRNAi-mediated knock-down of *Sphenophorus levis* V-ATPase E in transgenic sugarcane (*Saccharum* spp interspecific hybrid) affects the insect growth and survival. **Plant Cell Reports**, v. 40, n. 3, p. 507–516, 3 jan. 2021.

MONQUERO, P. A. Plantas Transgênicas Resistentes aos Herbicidas: Situações e Perspectivas. *Bragantia*, Campinas, Vol. 64. N. 4. P. 517-531, 2005.

NARAYAN, J. A. et al. Transgenic sugarcane with higher levels of BRK1 showed improved drought tolerance. **Plant Cell Reports**, v. 42, n. 10, p. 1611–1628, 1 out. 2023.

NASCIMENTO, C. A. et al. Overexpression of CsSAMT in *Citrus sinensis* Induces Defense Response and Increases Resistance to *Xanthomonas citri* subsp. *citri*. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 836582, 2022.

NEVES-BORGES, A. C. et al. Coat protein RNAs-mediated protection against Andean potato mottle virus in transgenic tobacco. **Plant Science**, v. 160, n. 4, p. 699–712, mar. 2001.

NUNES, A. C. S. et al. RNAi-mediated silencing of the myo-inositol-1-phosphate synthase gene (GmMIPS1) in transgenic soybean inhibited seed development and reduced phytate content. **Planta**, v. 224, n. 1, p. 125–132, 4 jan. 2006.

ONGARATTO, S. et al. Resistance of Soybean Genotypes to *Anticarsia gemmatilis* (Lepidoptera: Erebidae): Antixenosis and Antibiosis Characterization. **Journal of Economic Entomology**, v. 114, n. 6, p. 2571–2580, 29 out. 2021.

PAES DE MELO, B. et al. Soybean Embryonic Axis Transformation: Combining Biolistic and Agrobacterium-Mediated Protocols to Overcome Typical Complications of In Vitro Plant Regeneration. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, 12 ago. 2020.

PASSAIA, G. et al. The mitochondrial glutathione peroxidase GPX3 is essential for H₂O₂ homeostasis and root and shoot development in rice. **Plant Science: An International Journal of Experimental Plant Biology**, v. 208, p. 93–101, 1 jul. 2013.

PEDIGO, L. P.; Rice, M. E. Entomology and pest management. 5. ed. New Jersey: Pearson, 2006. 749 p.

PEREIRA, G. A. Uso do gene XylA – xilose isomerase como agente de seleção na transformação genética de citros. Piracicaba: USP,. Dissertação (Mestrados) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 2004.

PINO, L. E. et al. The Rgl allele as a valuable tool for genetic transformation of the tomato “Micro-Tom” model system. **Plant Methods**, v. 6, n. 1, p. 23, 2010.

Polo, K.L. (2017). Seguridad alimentaria y alimentos transgênicos. Obs. Medioambient. – Universidadde Alcalá, Espanha 20, 59-75.

QUINTERO, F. OC. et al. Identification of a seed maturation protein gene from *Coffea arabica* (CaSMP) and analysis of its promoter activity in tomato. **Plant Cell Reports**, v. 37, n. 9, p. 1257–1268, 13 jun. 2018.

RAFAEL AUGUSTO ARENHART et al. Involvement of ASR genes in aluminium tolerance mechanisms in rice. **Plant Cell and Environment**, v. 36, n. 1, p. 52–67, 1 jan. 2013.

RAMIRO et al. Expression of Arabidopsis Bax Inhibitor-1 in transgenic sugarcane confers drought tolerance. v. 14, n. 9, p. 1826–1837, 13 fev. 2016.

RECH, E., VIANNA, G. & ARAGÃO, F. High-efficiency transformation by biolistics of soybean, common bean and cotton transgenic plants. **Nat Protoc** 3, 410–418 (2008).

Regulamentação Croplife. Disponível em:
<<https://croplifebrasil.org/biotecnologia/regulamentacao/>>. Acesso em: 16 dez. 2024.

REIS, R. F. et al. Induced over-expression of AtDREB2A CA improves drought tolerance in sugarcane. v. 221-222, p. 59–68, 1 maio 2014.

Repórter Brasil. (2013). Empresas ainda lutam para evitar a rotulagem de transgênicos no Brasil. Disponível em: <reporterbrasil.org.br/2013/11/empresas-ainda-lutam-para-evitar-a-rotulagem-de-transgenicos-no-brasil>.

- RIBEIRO, A. et al. Overexpression of BdMATE Gene Improves Aluminum Tolerance in *Setaria viridis*. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, 8 jun. 2017.
- RIBEIRO, C. W. et al. Production of a His-tagged canecystatin in transgenic sugarcane and subsequent purification. **Biotechnology Progress**, v. 24, n. 5, p. 1060–1066, 2008.
- RIBEIRO, T. P. et al. Improved cotton transformation protocol mediated by *Agrobacterium* and biolistic combined-methods. **Planta**, v. 254, n. 2, p. 20, 3 jul. 2021.
- RODRIGUES, J. M. et al. BiP-overexpressing soybean plants display accelerated hypersensitivity response (HR) affecting the SA-dependent sphingolipid and flavonoid pathways. **Phytochemistry**, v. 185, p. 112704, 1 maio 2021.
- RODRIGUES, M. I. et al. The tonoplast intrinsic aquaporin (TIP) subfamily of *Eucalyptus grandis*: Characterization of EgTIP2, a root-specific and osmotic stress-responsive gene. **Plant science**, v. 213, p. 106–113, 1 dez. 2013.
- ROSA, S. B. et al. Cytosolic APx knockdown indicates an ambiguous redox responses in rice. **Phytochemistry**, v. 71, n. 5-6, p. 548–558, 1 abr. 2010.
- SANFORD, J.C.; et al. Delivery of substances into cells and tissues using a particle bombardment process. **Journal of Particle Science Technology**, v. 5, p. 27-37, 1987.
- SANTARÉM, E. R. Laboratório de Cultura de Tecidos Vegetais, Universidade de Cruz Alta, RS 2000.
- SANTARÉM, E. R. SAAT: Transformação de plantas mediada por ultra-som e *Agrobacterium*. **Ciência Rural**, v. 30, p. 725-730, 2000a.
- SANTARÉM, E. R. Métodos eficientes para a transformação genética de plantas. *Revista de Ciência e Tecnologia*, v. 15, p. 81-90, 2000b.
- SANTOS, C. et al. Proteomic Analysis and Functional Validation of a *Brassica oleracea* Endochitinase Involved in Resistance to *Xanthomonas campestris*. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, 12 abr. 2019.
- SCHNEIDER, V. K. et al. Transgenic sugarcane overexpressing CaneCPI-1 negatively affects the growth and development of the sugarcane weevil *Sphenophorus levis*. **Plant Cell Reports**, v. 36, n. 1, p. 193–201, 1 jan. 2017.
- SENAR – Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. Coleção SENAR 190. Café: controle de pragas, doenças e plantas daninhas. Brasília, 2017.
- SETARIA *viridis* floral-dip: A simple and rapid *Agrobacterium*-mediated transformation method. **Biotechnology Reports**, v. 6, p. 61–63, 1 jun. 2015.
- SEVERINO, F. E. et al. CaPrx, a *Coffea arabica* gene encoding a putative class III peroxidase induced by root-knot nematode infection. **Plant Science**, v. 191-192, p. 35–42, ago. 2012.

SIKDAR, Md S I et al. “Targeted modification of storage protein content resulting in improved amino acid composition of barley grain.” *Transgenic research* vol. 25,1 (2016): 19-31. doi:10.1007/s11248-015-9911-7.

SILVA, D. N. L. da.; NUNES, G. P.; SANTIAGO, V. da S.; FREITAS, F. M. N. de O. .; FERRREIRA, J. C. de. Transgenic food: impacts on human and environmental health. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 14, p. e494111436511, 2022.

SMITH, E.F. & TOWNSEND, C.O. A plant-tumor of bacterial origin. **Science** 25:671-673. 1907.

SOARES, A et al. “Inheritance of a recessive transgene-associated character controlling albinism in transgenic bean (*Phaseolus vulgaris* L.).” **Plant biology** (Stuttgart, Germany) vol. 7,1, p. 104-107, 28 jun. 2005.

SOUZA, Djair Dos Santos de Lima e et al. “Ectopic expression of a *Meloidogyne incognita* dorsal gland protein in tobacco accelerates the formation of the nematode feeding site” *Plant science : an international journal of experimental plant biology* vol. 180,2 (2011): 276-82.

SOUSA, A. O. et al. EgPHI-1, a PHOSPHATE-INDUCED-1 gene from *Eucalyptus globulus*, is involved in shoot growth, xylem fiber length and secondary cell wall properties. **Planta**, v. 252, n. 3, p. 45, 2 set. 2020.

STRAPASSON, P. et al. Volatile Organic Compounds Induced by Herbivory of the Soybean Looper *Chrysodeixis includens* in Transgenic Glyphosate-Resistant Soybean and the Behavioral Effect on the Parasitoid, *Meteorus rubens*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 42, n. 8, p. 806–813, 1 ago. 2016.

TREVISAN, F. et al. Resistance to Passion fruit woodiness virus in Transgenic Passionflower Expressing the Virus Coat Protein Gene. **Plant Disease**, v. 90, n. 8, p. 1026–1030, 1 ago. 2006.

TOLEDO, Juliane Laner de. Transformação genética de *Arabidopsis thaliana* L. via *Agrobacterium tumefaciens* com os genes da família geranyl geranyl difosfato e associação com efeito alelopático em Gergelim (*Sesamum indicum* L.). 2013. 73 f., il. Dissertação (Mestrado em Botânica) —Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

ULIAN, E. C.; MAGILL, J. M.; SMITH, R. H. Expression and inheritance pattern of two foreign genes in petunia. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 88-88, n. 3-4, p. 433–440, jun. 1994.

VAMVAKA, E. et al. Rice endosperm produces an underglycosylated and potent form of the HIV-neutralizing monoclonal antibody 2G12. **Plant Biotechnology Journal**, v. 14, n. 1, p. 97–108, 7 abr. 2015.

WANI, SH, SAH, SK, HOSSAIN, MA, KUMAR, V. e BALACHANDRAN, SM 2016. Abordagens transgênicas para tolerância ao estresse abiótico em plantas cultivadas. Em: JM AL-KHAYRI, SM JAIN e DV JOHNSON. Avanços em estratégias de melhoramento de

plantas: Características de estresse agronômico, abiótico e biótico. Cham: Springer, pp. 345-396.

WIEBKE-STROHM, B. et al. Ubiquitous urease affects soybean susceptibility to fungi. **Plant Molecular Biology**, v. 79, n. 1-2, p. 75–87, 1 mar. 2012.

XISTO, M. F. et al. Efficient Plant Production of Recombinant NS1 Protein for Diagnosis of Dengue. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, 26 out. 2020.

ZOU, X. et al. CsLOB1 regulates susceptibility to citrus canker through promoting cell proliferation in citrus. **The Plant Journal**, v. 106, n. 4, p. 1039–1057, 23 mar. 2021.