

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DA VITÓRIA
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

MARIA AUXILIADORA DE CASTRO NUNES

**BIOTECNOLOGIA AGRÍCOLA NA EDUCAÇÃO:
PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ENSINAR TRANSGÊNICOS
NO ENSINO MÉDIO**

VITÓRIA DE SANTO ANTÃO-PE

2025

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DA VITÓRIA
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

MARIA AUXILIADORA DE CASTRO NUNES

**BIOTECNOLOGIA AGRÍCOLA NA EDUCAÇÃO:
PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ENSINAR TRANSGÊNICOS
NO ENSINO MÉDIO**

TCC apresentado ao Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico da Vitória, como requisito para a obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientadora: Dra. Claudia Rohde

VITÓRIA DE SANTO ANTÃO-PE

2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Nunes, Maria Auxiliadora de Castro.

Biotecnologia agrícola na educação: proposta de sequência didática para ensinar transgênicos no ensino médio / Maria Auxiliadora de Castro Nunes. - Vitória de Santo Antão, 2025.

72 p. : il.

Orientador(a): Claudia Rohde

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória, Ciências Biológicas - Licenciatura, 2025.

Inclui referências, apêndices.

1. ensino de biologia. 2. alfabetização científica. 3. cartilha. I. Rohde, Claudia. (Orientação). II. Título.

370 CDD (22.ed.)

MARIA AUXILIADORA DE CASTRO NUNES

**BIOTECNOLOGIA AGRÍCOLA NA EDUCAÇÃO: PROPOSTA DE
SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ENSINAR TRANSGÊNICOS NO ENSINO
MÉDIO**

TCC apresentado ao Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico da Vitória, como requisito para a obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Aprovado em: 23/07/2025

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Claudia Rohde (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Prof. Me. Alberto Pereira Neto (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Prof. Me. Aleson Aparecido da Silva (Examinador Externo)
Universidade de Pernambuco - UPE

AGRADECIMENTOS

“Tudo posso naquele que me fortalece.” (Filipenses 4:13). Esse versículo resume a força que me sustentou ao longo dessa caminhada. Agradeço primeiramente a Deus, por sua presença constante, por iluminar meus passos e por me dar forças nos momentos de cansaço e dúvida. Nada disso teria sido possível sem Sua graça.

Expresso minha profunda gratidão à minha orientadora, professora Claudia Rohde, pela orientação generosa, pelo olhar atento e pelas contribuições que enriqueceram este trabalho. Sua paciência, apoio e sensibilidade foram fundamentais para que eu pudesse dar forma às minhas ideias.

Agradeço com todo meu carinho à minha família, meu porto seguro: meu Pai, Valter Nunes; minha Mãe, Josiane da Silva, e meus Irmãos Gabriel de Castro e Rafael de Castro, por todo amor, incentivo e apoio incondicional. Ao meu namorado, Alexis Nibbering, obrigada por estar ao meu lado com compreensão, afeto e apoio em cada etapa dessa jornada.

Também sou grata pelas amizades que construí ao longo da graduação, em especial ao meu grupo da faculdade, que esteve presente com parceria, risos, apoio mútuo e amizade verdadeira.

Por fim, meu sincero agradecimento a todos que fazem parte do Centro Acadêmico de Vitória (CAV) da Universidade Federal de Pernambuco. Cada espaço, cada pessoa e cada experiência nesse percurso contribuíram profundamente para minha formação pessoal e profissional.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo elaborar uma sequência didática apoiada na produção de uma cartilha educativa, destinada ao ensino de biotecnologia agrícola, com ênfase nos organismos geneticamente modificados (OGMs), especificamente os transgênicos. A proposta contribui para a promoção da alfabetização científica e do pensamento crítico dos estudantes, por meio de uma abordagem contextualizada, acessível e fundamentada em atividades interativas. A sequência didática contempla conceitos fundamentais sobre OGMs, seus benefícios, possíveis riscos e o processo de produção dos organismos transgênicos. Além disso, propõe estratégias pedagógicas como estudo de caso, debate estruturado e elaboração de mapas mentais para a sistematização dos conteúdos. A cartilha foi elaborada em linguagem adequada ao ensino médio, com o objetivo de favorecer um processo de ensino-aprendizagem mais significativo, promovendo a assimilação de conceitos científicos de forma crítica e reflexiva. Fundamentada em metodologias inovadoras e alinhada à Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a proposta articula os conteúdos ao cotidiano dos estudantes e estimula uma postura ativa diante das questões científicas. De acordo com a literatura, a sequência didática e a cartilha educativa favorecem a aprendizagem significativa, incentivam a argumentação baseada em evidências e contribuem para o desenvolvimento do pensamento crítico. Conclui-se que a proposta constitui um recurso didático com potencial para apoiar o trabalho docente no ensino de Biologia, possibilitando o engajamento dos estudantes e a formação de cidadãos cientificamente alfabetizados.

Palavras-chave: ensino de biologia; alfabetização científica; cartilha.

ABSTRACT

The present work aimed to develop a didactic sequence based on the production of an educational booklet, aimed at teaching agricultural biotechnology, with emphasis on genetically modified organisms (GMOs), specifically transgenics. The proposal contributes to the promotion of scientific literacy and critical thinking of students, through a contextualized approach, accessible and based on interactive activities. The didactic sequence includes fundamental concepts about GMOs, their benefits, possible risks and the production process of transgenic organisms. In addition, it proposes pedagogical strategies such as case study, structured debate and elaboration of mental maps for the systematization of contents. The booklet was developed in language appropriate to high school, with the aim of promoting a more meaningful teaching-learning process, promoting the assimilation of scientific concepts in a critical and reflexive manner. Based on innovative methodologies and aligned to the National Common Curricular Base (BNCC), the proposal articulates the contents to the daily life of students and stimulates an active attitude towards scientific issues. According to the literature, the didactic sequence and the educational booklet favor meaningful learning, encourage evidence-based argumentation and contribute to the development of critical thinking. It is concluded that the proposal constitutes a didactic resource with potential to support the teaching work in biology teaching, enabling the engagement of students and the training of scientifically literate citizens.

Keywords: biology teaching; scientific literacy; textbook.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Esquema com resumo da produção de uma planta transgênica.	16
Figura 2 -	Histórico de comercialização das plantas transgênicas no Brasil.	17
Figura 3 -	Fluxograma da sequência didática desenvolvida.	30
Figura 4	Registro das atividades interativas presentes na cartilha didática.	36

LISTA DE ABREVIACOES

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CTNBio	Comisso Tcnica Nacional de Biossegurana
GM	Geneticamente Modificado
OGMs	Organismos Geneticamente Modificados
OMS	Organizao Mundial de Sade
FAO	Organizao das Naoes Unidas para Alimentao e Agricultura

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	Biотecnologia agrícola	12
2.2	Impactos da biотecnologia no século XXI	14
2.3	Processos de criação de alimentos transgênicos	15
2.4	Regulamentação e aprovação de transgênicos na agricultura brasileira	16
2.5	A desinformação dificulta a aceitação dos transgênicos	17
2.6	Impactos ambientais do uso de culturas transgênicas: desafios e benefícios nas práticas agrícola	19
2.7	Alfabetização científica e ensino de Biотecnologia Agrícola no contexto escolar	20
2.8	O papel das ferramentas pedagógicas no ensino da biотecnologia agrícola: sequências didáticas e cartilhas educativas	22
3	OBJETIVOS	24
3.2	Objetivo Geral	24
3.3	Objetivos Específicos	24
4	METODOLOGIA	25
4.1	Atividades dinâmicas e colaborativas no ensino de transgênicos	25
4.2	Desenvolvimento da sequência didática	26
4.3	Elaboração da cartilha educativa	29
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
6	CONCLUSÃO	37
	APÊNDICE A – CARTILHA: TRANSGÊNICOS: CONHECER PARA ENTENDER.	44

1 INTRODUÇÃO

A biotecnologia agrícola desempenha um papel fundamental frente aos desafios globais, especialmente por demandas alimentícias e climáticas. Entre os novos desafios, os organismos geneticamente modificados – OGM, desenvolvem diversas qualificações para produtividade agrícolas e demandas energéticas. Mas apesar dos seus benefícios, o tema transgênico ainda é pouco discutido e, muitas vezes, incompreendido, tornando a educação um meio fundamental para promover um entendimento crítico sobre a temática.

A educação é uma ferramenta de transformação social capaz de empoderar indivíduos para compreenderem e intervirem no mundo em que vivem. Para Paulo Freire, “não há saber mais ou saber menos: há saberes diferentes” (Freire, 1996), e é por meio da interação desses saberes que se constrói o conhecimento. Aplicar essa visão ao ensino da biotecnologia agrícola significa considerar as realidades dos estudantes, suas vivências e contextos socioculturais, enquanto se apresenta o tema dos transgênicos como uma oportunidade de diálogo entre ciência, tecnologia e sociedade.

No entanto, o debate sobre a utilização dos transgênicos na alimentação ainda é controverso no Brasil, sendo necessário um olhar crítico sobre essa tecnologia. Enquanto estudiosos como Li *et al.* (2020) destacam a redução do uso de agrotóxicos e o aumento da resistência das culturas a condições adversas como vantagens da biotecnologia, outros estudiosos apontam questões relacionadas à sustentabilidade ambiental e os possíveis impactos a longo prazo na biodiversidade e na saúde humana (Brookes; Barfoot, 2020; Ngongolo; Mmbando, 2025).

No Brasil, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (<http://download.basenacionalcomum.mec.gov.br/>) destaca a importância de incluir temas como ciência e tecnologia no currículo escolar, para promover uma educação que possibilite aos estudantes compreenderem os impactos das inovações científicas na sociedade (BRASIL, 2018). Como defendem Scheid (2018) e Silva *et al.* (2021), a educação científica deve capacitar os estudantes a participarem de debates informados e a tomarem decisões fundamentadas sobre questões científicas contemporâneas. Para Marques e Fraguas (2021) o entendimento das relações

entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente é necessário, pois o estudante terá condições para participar de decisões e exercer seu senso crítico na sociedade em que vive.

Ainda que no Brasil, o avanço tecnológico para práticas agrícolas mostra grande potencial, suas diversas aplicações ainda são limitadas, especialmente em populações menos informadas (Ngongolo; Mmbando, 2025). Nesse contexto, a falta de uma abordagem educativa sólida sobre o tema pode contribuir para uma resistência social ao seu uso e aumentar o preconceito sobre a temática. Assim, é fundamental investigar como a implementação de recursos educativos pode ajudar a promover uma compreensão aprofundada e crítica da biotecnologia agrícola e de seus impactos.

Segundo Nascimento (2014) e Cardoso (2020) os recursos didáticos desempenham um papel central ao fornecer suporte metodológico aos professores, facilitando a transmissão do conteúdo de forma acessível e envolvente. Combinada a práticas de ensino diversificadas, a sequência didática contendo atividades práticas e instigantes aos alunos associada a cartilha educativa com recursos visuais e linguagem simples pode impactar positivamente o processo de assimilação dos conteúdos pelos estudantes.

A utilização de uma cartilha didática, juntamente com uma sequência didática bem planejada e informativa, se constitui em abordagem pedagógica eficaz para discutir temas complexos como a biotecnologia agrícola e os transgênicos no mundo ensino médio. Essas ferramentas não apenas facilitam o processo de ensino-aprendizagem, mas também promovem o engajamento dos estudantes, oferecendo oportunidades de reflexão crítica nesta área interdisciplinar. Diante ao exposto, o presente estudo teve como objetivo desenvolver uma sequência didática e uma cartilha didático-informativa voltadas à biotecnologia agrícola, com ênfase nos alimentos transgênicos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Biotecnologia agrícola

A biotecnologia é um campo científico e tecnológico, que congrega um conjunto de procedimentos envolvendo manipulação de organismos vivos para modificar produtos. A palavra tem origem grega: “bio” significa vida, “tecno” remete a técnica e “logos” quer dizer “conhecimento”. Além da manipulação de organismos vivos, a biotecnologia atua também no nível das células, ou sistemas biológicos, para desenvolver ou modificar produtos e processos com o objetivo de atender às necessidades humanas e ambientais. Este campo abrange diversas áreas, incluindo a medicina, a agricultura, a pecuária e a indústria, sendo uma das mais importantes inovações tecnológicas do século XXI (Glick; Patten, 2022).

De acordo com o conceito geral de biotecnologia, suas práticas buscam solucionar problemas de maneira eficiente, muitas vezes utilizando recursos biológicos para desenvolver novos medicamentos, melhorar a produção de alimentos e até criar soluções para o tratamento de doenças. A Convenção da Biodiversidade, realizada pela Organização das Nações Unidas (ONU) no ano de 1992, definiu a biotecnologia como “qualquer aplicação tecnológica que utilize sistemas biológicos, organismos vivos, ou seus derivados, para fabricar ou modificar produtos ou processos para utilização específica” (Brasil, 2000, p. 9).

De acordo com Barba e Santos (2020), a biotecnologia extrai da diversidade biológica todos os materiais necessários para criar, transformar e modificar através de processos tecnológicos o meio em que se vive, seja para fins agrícolas, fármacos, medicamentos, alimentos ou até cosméticos. Logo, a biotecnologia depende da biodiversidade para existir.

O conceito de biotecnologia não é recente. Métodos rudimentares, como a fermentação para produção de pão e vinho, foram as primeiras formas de manipulação biológica. Hoje, décadas após a publicação dos estudos de Watson e Crick sobre a estrutura da molécula de DNA, e após o desenvolvimento da tecnologia do DNA recombinante, que marcou o início da engenharia genética, há, de fato, uma ampla aplicabilidade do conhecimento genético através da biotecnologia (Oda; Soares, 2010).

No caso da biotecnologia agrícola, seu enfoque reside no uso de técnicas

científicas avançadas para melhorar a produção agrícola, destacando-se a aplicação de engenharia genética para desenvolver organismos geneticamente modificados (OGMs), popularmente conhecidos como transgênicos. Essa abordagem é extremamente reconhecida para aumentar a eficiência da produção agrícola e reduzir os impactos ambientais associados às práticas tradicionais (Embrapa, 2021). A primeira aplicação significativa da biotecnologia possibilitou a introdução de genes exógenos em plantas. Em 1983, foram desenvolvidas as primeiras plantas transgênicas, e, em 1994, o tomate *Flavr Savr*, resistente ao amadurecimento precoce, tornou-se o primeiro transgênico comercializado (GMO Compass, 2006). Com o processo de globalização, as empresas multinacionais, que tinham a capacidade de criar e cultivar plantas geneticamente modificadas, impactaram o setor agrícola brasileiro. Com a promulgação da Lei de Proteção de Cultivares (Lei nº 9457/1997) e aprovação da Lei nº 10.814/2003, houve a liberação comercial de OGMs e as pesquisas sobre esses alimentos cresceram significativamente na agricultura ocorreu na década de 1980, quando a engenharia genética

Algumas empresas mudaram a base genética para cultivares transgênicas, investindo em técnicas biotecnológicas (Almeida; Lamounier, 2005). Os transgênicos têm como objetivo encontrar formas para minimizar a fome, reduzir problemas climáticos, aumentar o rendimento com uso reduzido de terra e de custos, além de promover a segurança alimentar com menos produtos químicos e maior qualidade dos alimentos (Almeida; Lamounier, 2005). A adoção de culturas transgênicas expandiu-se rapidamente a partir de 1996, com o cultivo de soja e milho resistentes a herbicidas e pragas. Um exemplo significativo é a produção de soja resistente a herbicidas, como a soja *Roundup Ready*, que permite aos agricultores controlar ervas com menos aplicações de agroquímicos, resultando em redução de custos e impacto ambiental (FAO, 2011).

Atualmente a tecnologia apresenta diversas ramificações, dentre elas, alguns países como Estados Unidos e Argentina, demonstrando resultados positivos na produtividade agrícola e na economia rural. Smyth (2019) destaca que a adoção do algodão Bt em países em desenvolvimento, como Índia, China, Paquistão e África do Sul, resultou em uma redução média de 37% no uso de pesticidas, além da prevenção estimada de 38 a 144 milhões de casos de intoxicação aguda por pesticidas ao longo de duas décadas. Esses dados evidenciam os benefícios diretos da tecnologia

transgênica na redução de riscos ocupacionais relacionados ao uso intensivo de defensivos agrícolas.

Outro avanço essencial foi o desenvolvimento do arroz dourado, enriquecido com vitamina A, que visa combater a deficiência dessa vitamina em populações vulneráveis, especialmente na Ásia. Esses exemplos demonstram o potencial dos transgênicos em amenizar problemas de saúde pública associados à alimentação (Embrapa, 2021).

2.2 Impactos da biotecnologia no século XXI

Além dos vegetais, a biotecnologia na área medicinal envolve o uso de organismos vivos, células ou moléculas para desenvolver fármacos, e realizar a biossíntese de compostos funcionais, enzimas e hormônios, substitutos sanguíneos, vacinas, anticorpos para a produção de medicamentos, recombinantes e produtos industriais (Lee *et al.*, 2017).

Um exemplo importante da biotecnologia na medicina é a produção de insulina recombinante. Inicialmente foram fabricadas por meio da engenharia genética em bactérias como *Escherichia coli*, essa tecnologia revolucionou o tratamento do diabetes ao disponibilizar insulina segura (Francisco *et al.*, 2020). Esse foi um marco na biotecnologia medicinal e começou na década de 1980, com a colaboração de empresas como Genentech e Eli Lilly, que receberam engenharia genética para introduzir o gene da insulina humana em células bacterianas. Esse processo permite a produção em larga escala de insulina humana para o tratamento da diabetes, uma das doenças mais comuns do mundo (Paiva *et al.*, 2020).

Atualmente, existem no Brasil diversos grupos em instituições públicas e universidades que estão desenvolvendo pesquisas com transgenia e genômica. A Embrapa, no Brasil, lidera as iniciativas mais relevantes, incluindo o desenvolvimento de um feijão resistente a vírus, um problema que afeta diretamente a produtividade agrícola no país. Em 2017, 50,2 milhões de hectares do Brasil foram plantados de OGMs das quais a maior concentração são plantações de soja. Como resultado, o Brasil liderou como segundo maior produtor mundial dessa cultura, perdendo apenas para os Estados Unidos (Isaaa, 2017).

Além de oferecer vantagens significativas, como maior eficiência na produção, a adoção da soja transgênica também impactou custos e produtividade de maneira expressiva. Hubbell e Welsh (1998) destacaram que, em 1996, nos Estados Unidos,

a introdução da soja resistente ao herbicida (RR) proporcionou uma economia de custos que variou entre US\$ 17 e US\$ 30 por hectare. Outro estudo, realizado por Moschini-Carlos *et al.* (2000), estimou um benefício financeiro de US\$ 20 por hectare. No entanto, esses impactos variam regionalmente entre regiões dos Estados Unidos.

Na Argentina, os produtores também obtiveram benefícios significativos com a soja RR, especialmente pela redução nos custos variáveis, como os associados ao uso de herbicidas, operações com maquinário agrícola e mão de obra. Na China, por exemplo, o arroz GM (arroz Bt) foi desenvolvido para controlar pragas da ordem Lepidoptera, como a enroladora da folha do arroz (*Cnaphalocrocis medinalis*), a broca do caule listrada do arroz (*Chilo suppressalis*) e a broca amarela do caule (*Scirpophaga incertulas*), que podem causar mais de US\$ 1,5 bilhão em danos anualmente (Li *et al.*, 2020).

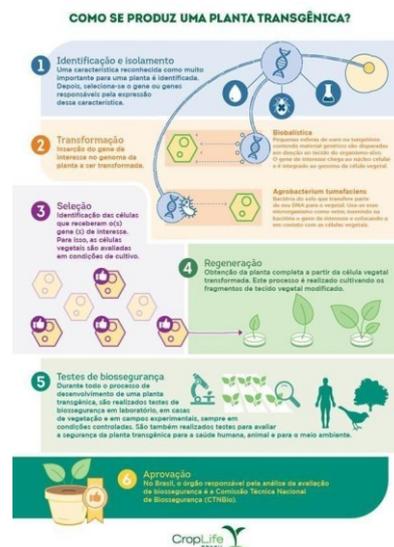
2.3 Processos de criação de alimentos transgênicos

Os alimentos transgênicos são consumidos há mais de 20 anos em pelo menos 50 países. Esses organismos possuem material genético modificado, com genes inseridos ou modificados para expressar características vantajosas, como resistência e tolerância a herbicidas, como também melhoria (Embrapa, 2021). Essa abordagem permite que genes de diferentes espécies sejam inseridos em plantas, animais ou microrganismos, promovendo inovações com impacto significativo em áreas como agricultura e saúde. Um exemplo marcante na agricultura é o milho Bt, que incorpora um gene da bactéria *Bacillus thuringiensis*, conferindo resistência como a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) (Leite *et al.*, 2011). Essa modificação reduz o uso de inseticidas químicos e aumenta a produtividade agrícola. A criação de transgênicos envolve várias etapas técnicas. Primeiro, identifica-se o gene de interesse, que é isolado e inserido no genoma da planta-alvo por meio de vetores como plasmídeos bacterianos. Em muitos casos, a bactéria *Agrobacterium tumefaciens* é usada para transferência de DNA para células vegetais. Após a inserção, as células transformadas são cultivadas em meio de culturas contendo seletivas, que eliminam células não transformadas. As plantas resultantes são testadas para verificar se o gene inserido está funcional e se está sendo expresso corretamente (Ziemienowicz, 2014). Uma vez aprovadas, as plantas geneticamente modificadas (GM) podem ser propagadas para produção agrícola em larga escala. Esse processo é rigorosamente regulamentado por instituições internacionais e

nacionais, como a FDA nos Estados Unidos, para garantir sua segurança alimentar (Embrapa, 2021).

Além do processo técnico, os OGMs têm sido associados a benefícios específicos, como o aumento de nutrientes em culturas alimentares, como no caso do milho Bt, que reduz a necessidade de pesticidas químicos (Ngongolo; Mmbando, 2025). Os transgênicos têm grande relevância econômica e científica. Exemplos como a soja RR, resistente ao herbicida glifosato, simplifica o manejo de ervas convencionais e aumenta a eficiência produtiva. O Brasil é um dos maiores produtores de soja transgênica, reforçando a importância dessa tecnologia para o agronegócio nacional (Embrapa, 2021). A Figura 1 apresenta o resumo da produção das plantas geneticamente modificadas.

Figura 1. Esquema com resumo da produção de uma planta transgênica.



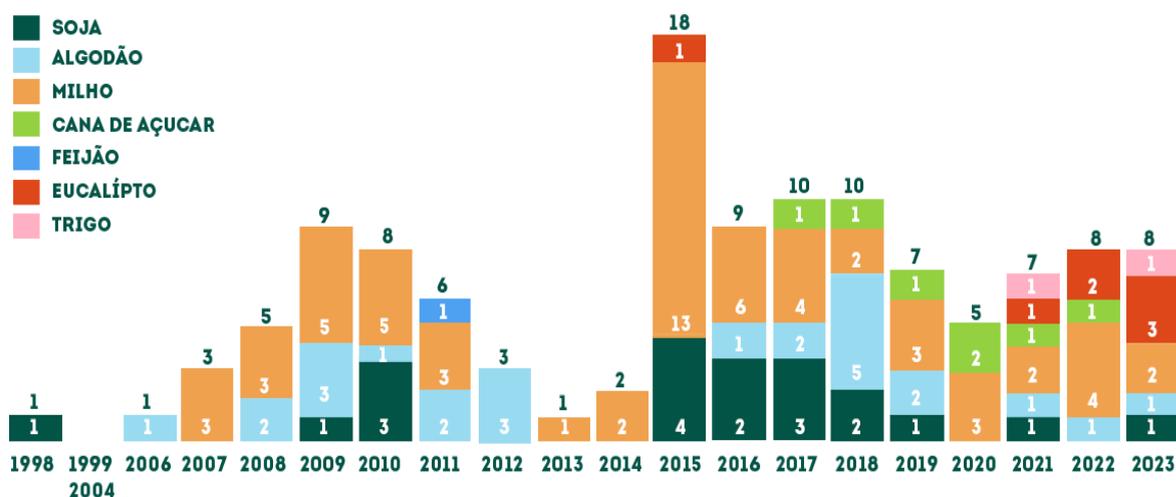
Fonte: CropLife Brasil (2020).

2.4 Regulamentação e aprovação de transgênicos na agricultura brasileira

A portaria nº 2.658 de 22 de dezembro de 2003 do Ministério da Justiça do Brasil define o símbolo que deve estar no painel principal do rótulo: um triângulo equilátero, com bordas pretas, fundo amarelo e um T em caixa alta. O símbolo deve ocupar no mínimo 0,4% da área principal do painel (Brasil, 2003). As expressões "produto transgênico", "contém produto transgênico (s)" ou "contém ingrediente produzido a partir de produto transgênico" podem acompanhar o símbolo para informar o consumidor" (Brasil, 2003).

Essas informações são necessárias para que o consumidor tenha ciência sobre o que está comprando, esse é o papel da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) garantir a fiscalização e a clareza dessas informações. A Figura 2 representa o histórico de aprovação de algumas plantas ao longo dos anos no Brasil (1998 a 2023).

Figura 2. Histórico de aprovações de plantas transgênicas para comercialização no Brasil: por cultura (1998 a 2023).



Fonte: CNTBio (Croplife Brasil, 2020).

Desde a primeira aprovação de uma planta transgênica no Brasil, em 1998, até 2023 foram aprovadas 121 plantas. O maior destaque vai para o milho, que representou 50% do total das aprovações, seguido pelo algodão (21%) e soja (16%). A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) e a Organização Mundial da Saúde (OMS) realizam extensos testes laboratoriais e pesquisas para monitorar a segurança dos transgênicos.

Relatórios de pesquisa indicaram que as proteínas produzidas por OGM não são tóxicas, são facilmente digeríveis e não causam alergias (Gilbert, 2008). Apesar de legislações rigorosas e estudos constantes, ainda existem questionamentos e preconceitos em relação à segurança alimentar desses produtos.

2.5A desinformação dificulta a aceitação dos transgênicos

Apesar de todos os avanços, os transgênicos enfrentam resistência pública devido a mitos e desinformação. Um problema disseminado é que os OGMs são

prejudiciais à saúde humana, mas estudos da Organização Mundial da Saúde (OMS, 2014) indicam que os alimentos transgênicos planejados são tão seguros quanto os convencionais. A Comissão Técnica Nacional de Biossegurança do Brasil (CTNbio) divulgou alguns estudos que têm identificado que o milho Bt possui bem menos quantidade de micotoxinas do que o milho tradicional. O milho Bt reduz os níveis de fumonisina (micotoxina) em até 95% e pode reduzir outras micotoxinas.

Alguns estudos realizados por entidades internacionais, como a OMS (2014) e FAO (2011), afirmam que os transgênicos atualmente no mercado são seguros para consumo humano e animal. Comitês científicos, como o da *National Academy of Sciences* dos Estados Unidos, também reforçam essa posição, destacando a segurança alimentar dos OGMs após rigorosos testes. De fato, os produtos transgênicos precisam passar por uma avaliação rigorosa de segurança alimentar e ambiental antes de serem aprovados para comercialização. Essa avaliação inclui testes para verificar possíveis efeitos alérgicos, toxicidade e características nutricionais. Como evidenciado por Ngongolo; Mmbando (2025) existe uma regulamentação transparente para garantir a segurança ambiental e do consumidor. As diretrizes orientam o processo de aprovação, mantendo a confiança pública por meio de regulamentações baseadas na ciência.

Um fator contra os OGMs frequentemente citado é que os transgênicos causam resistência a antibióticos. A preocupação com a resistência microbiana é válida em contextos médicos (Gay; Gillespie, 2005), mas a maioria dos transgênicos no mercado não contém genes de resistência a antibióticos. Isso se deve ao fato de que a biotecnologia tem evoluído para minimizar o uso desses genes nos OGMs. Os avanços na biotecnologia agrícola e na engenharia genética têm minimizado o uso de genes de resistência a antibióticos em OGMs, abordando as preocupações com a resistência microbiana (Bawa; Anilakumar, 2013). A maioria dos transgênicos atuais não apresenta esse tipo de gene, ou caso presente, ele é inativo ou rapidamente degradado, o que reduz os riscos de contaminação por esses genes.

Sendo assim, a aplicação de transgênicos levanta argumentos, e alguns apontam para os benefícios, como o aumento da produtividade, resistência a pragas e doenças e até o aprimoramento nutricional de alimentos.

Porém, há sim preocupações sobre os efeitos a longo prazo na saúde humana. Algumas ideias demonstram preocupações sobre a possibilidade de os transgênicos envolverem o fluxo gênico de culturas GM para parentes selvagens ou outras culturas,

com potenciais riscos para a biodiversidade e integridade do ecossistema. Segundo Gay e Gillespie (2005) o resultado da introdução de marcadores de resistência a antibióticos em plantas transgênicas depende do fluxo gênico nos reservatórios de resistência que conectam os campos onde essas plantas crescem e as bactérias que podem ser alteradas para resistência e transferidas para os seres humanos.

O fluxo gênico é definido como a transferência bem-sucedida de alelos de uma população para outra, acarretando uma mudança nos genes de um grupo específico de plantas devido ao movimento de pólen, sementes, ou plantas vivas de cultivos anteriores nas lavouras (Ellstrand; Rieseberg, 2016). A biologia reprodutiva de cada cultura, a proximidade de plantas intimamente relacionadas, os padrões de vento, a atividade de polinizadores e muitos outros fatores influenciam o fluxo gênico, podendo variar consideravelmente entre espécies, populações e indivíduos, bem como ao longo do tempo. Isso pode levar ao cruzamento entre plantas transgênicas e variedades convencionais ou crioulas, afetando a variabilidade genética e ameaçando a produção agrícola tradicional (Ellstrand; Rieseberg, 2016).

2.6 Impactos ambientais do uso de culturas transgênicas: desafios e benefícios nas práticas agrícola

O impacto ambiental do uso generalizado de culturas transgênicas pode incluir a redução da biodiversidade e o aumento da resistência das pragas. O uso de culturas GM, particularmente variedades tolerantes a herbicidas, levou a benefícios e desafios nas práticas agrícolas. Ao mesmo tempo em que permite que os agricultores reduzam o uso de herbicidas sem danificar suas culturas, essa prática contribui para o desenvolvimento de ervas daninhas resistentes a herbicidas (Brookes; Barfoot, 2020). Esse fenômeno apresenta preocupações ambientais significativas, pois a maior dependência de herbicidas pode ter consequências positivas ou negativas para os ecossistemas e a saúde do solo.

Alguns estudos relataram que a cultura de OGMs gera aumento do uso de herbicidas, redução da diversidade de biota não agrícola, desenvolvimento de ervas daninhas resistentes a herbicidas, mudanças nas populações de ervas daninhas aráveis e a disseminação das características GM para espécies não intencionais (Brookes; Barfoot, 2020). Muitas dessas questões também são encontradas na agricultura intensiva de organismos não geneticamente modificados. Em escala

global, a adoção generalizada de culturas GM desde 1996 mostrou impactos ambientais mistos. Embora a pesquisa indique uma redução no uso de inseticidas devido à adoção de culturas GM, os riscos ambientais associados à tecnologia de OGMs variam com base nas condições locais e características específicas das culturas (Schütte *et al.*, 2017).

A Lei Brasileira de Biossegurança (11.105/05) estabelece que qualquer produto transgênico deve passar por um rigoroso processo de análise antes de ser liberado para comercialização. Esse processo envolve cerca de 10 anos de estudos e avaliações conduzidos por especialistas de diversas áreas científicas. Após esses estudos, o produto só pode ser disponibilizado no mercado após a aprovação pela CTNBio. Esse órgão avalia criteriosamente a segurança alimentar e ambiental, seguindo normas específicas e rígidos critérios de biossegurança (Embrapa, 2021). Portanto, o debate sobre os transgênicos precisa ser conduzido com base em evidências científicas, de modo a explorar as vantagens da biotecnologia enquanto se mitiga seus potenciais riscos.

2.7 Alfabetização científica e ensino de Biotecnologia Agrícola no contexto escolar

A alfabetização científica é um conceito central no ensino moderno, pois permite que os indivíduos desenvolvam habilidades para compreender, avaliar e aplicar conhecimentos científicos em sua vida cotidiana. No contexto educacional, a alfabetização científica busca formar cidadãos críticos e participativos, capazes de analisar temas complexos. O estudo da biotecnologia é uma ferramenta poderosa para o empoderamento dos estudantes do ensino médio quanto a uma área da ciência de grande potencial, destinada a favorecer diversos setores da sociedade, tais como, agricultura, pecuária, indústria, saúde e meio ambiente (Malajovich, 2017).

Educar sobre biotecnologia nas escolas é fundamental para promover uma compreensão crítica e informada entre os estudantes. Tecnologias como os OGMs têm impacto direto na segurança alimentar e na economia, sendo, portanto, essenciais para discussões sobre ciência e sociedade, conforme afirma Santos *et al.* (2015, p. 4): “[...] a Alfabetização Científica é fundamental na inserção do indivíduo em uma sociedade que está avançando rapidamente no campo científico e tecnológico como um sujeito pensante e atuante”.

A integração entre ciência, sociedade e ética é um aspecto crucial na

abordagem de biotecnologia nas escolas. Questões como a segurança dos OGMs, os impactos ambientais e o controle corporativo sobre sementes devem ser apresentados de maneira equilibrada, para que os alunos possam avaliar os múltiplos aspectos envolvidos. Como apontado por Santos et al. (2007), a contextualização científica, por meio de questões socioambientais e éticas, contribui para o engajamento dos estudantes e o desenvolvimento de uma visão crítica.

Neste sentido, Wiemam (2007, p. 9) reforça que “[...] necessitamos de uma população alfabetizada em ciência que se preocupe com os desafios globais que a humanidade enfrenta [...]”. Assim, a biologia tem um papel fundamental no processo de alfabetização científica dos estudantes (Krasilchik, 2008).

No entanto, os professores enfrentam desafios significativos ao ensinar biotecnologia e transgênicos. Um dos principais obstáculos é a falta de formação específica e de recursos didáticos adequados para abordar temas complexos de maneira acessível aos alunos. Para Krasilchik (2004), o ensino de biologia parece apresentar-se desvinculado do dia-a-dia dos alunos, ficando restrito à sala de aula e impossibilitando a aquisição de novas descobertas.

Na região Nordeste do Brasil, a percepção sobre biotecnologia e transgênicos reflete lacunas significativas de conhecimentos associados ao cotidiano dos estudantes, que conhecem o tema de forma superficial ou intuitiva (Carvalho *et al.*, 2012), ou ao cotidiano da população em geral, que se sente insegura para opinar sobre o tema (Carvalho; Olveira, 2017).

Nesse sentido, Pedrancini *et al.* (2007) ressaltam que esta situação mostra que a maneira como o ensino é administrado não está sendo suficiente para gerar a construção de conceitos, e, quando há a necessidade de expor suas opiniões a respeito do tema, os alunos se sentem despreparados. No entanto, estudos também indicam que, quando expostos a atividades educativas interativas, dialógicas e contextualizadas, os estudantes demonstram grande interesse, senso crítico e potencial de aprendizado (Scheid, 2018; Paula; Branco, 2022). A utilização de metodologias ativas, como estudos de caso e debates, pode facilitar a compreensão dos conceitos e estimular o pensamento crítico. De tal forma que, a inclusão do ensino de biotecnologia é essencial para conectar a ciência com questões sociais e ambientais relevantes.

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a educação científica deve possibilitar que os estudantes desenvolvam pensamento crítico e

tomem decisões informadas sobre o impacto das inovações tecnológicas na sociedade (Brasil, 2018). Além disso, a BNCC enfatiza a necessidade de uma abordagem interdisciplinar, promovendo conexões entre biologia, ética e economia. Neste sentido, Fonseca e Bobrowski (2015, p. 499) afirmam que “Devido ao grande desenvolvimento da biotecnologia e ao notável reflexo na sociedade e no meio ambiente, é indispensável a sua inserção no currículo escolar, principalmente na disciplina de biologia.”

2.8 O papel das ferramentas pedagógicas no ensino da biotecnologia agrícola: sequências didáticas e cartilhas educativas

A utilização de ferramentas pedagógicas, como sequências didáticas e cartilhas educativas, desempenha um papel significativo no ensino de temas complexos, como a biotecnologia agrícola. A sequência didática é uma abordagem estruturada que organiza o ensino em etapas sequenciais, com objetivos específicos para cada fase, como introdução, desenvolvimento e consolidação do conhecimento. Na concepção de Oliveira (2013), a sequência didática contribui para a reflexão da prática do cotidiano da sala de aula, por meio da observação do seu desenvolvimento e da interação professor-aluno.

Entre as vantagens das sequências didáticas está a possibilidade de conectar conceitos teóricos a aplicações práticas, facilitando a compreensão de temas considerados abstratos ou distantes do cotidiano dos estudantes. Um estudo realizado por Zômpero e Laburú (2011) analisou o impacto das sequências didáticas no ensino de ciências, evidenciando que sua aplicação contribui para a retenção do aprendizado e aumenta o engajamento dos estudantes. O aprendizado científico por meio de sequências didáticas pode ser construído a partir dos conhecimentos prévios que os alunos já trazem consigo, e com atividades que sejam planejadas e desenvolvidas de modo intencional (Bachelard, 1996; Bizzo; Kawasaki, 1999).

A cartilha educativa, por sua vez, é uma ferramenta didática e informativa que pode complementar a sequência didática, oferecendo material de leitura acessível e visualmente atrativo. De acordo com Souza e Moraes (2020), o uso de cartilhas educativas com leitura atrativa contribui para a melhoria do conhecimento e da promoção do autocuidado. No contexto da biotecnologia agrícola, uma cartilha pode incluir explicações sobre o que são OGMs, como são criados, e quais são seus benefícios e desafios, além de desmistificar mitos e apresentar dados científicos

confiáveis.

O impacto das cartilhas na aprendizagem pode ser muito significativo, pois elas permitem que os estudantes revisem os conteúdos em seu próprio ritmo, reforçando o aprendizado adquirido em sala de aula. De acordo com Correa *et al.* (2023), as cartilhas educativas são recursos versáteis que podem ser utilizadas tanto por professores quanto por estudantes, ampliando o alcance do conhecimento e fomentando debates no ambiente escolar e além.

Especificamente sobre os transgênicos, alguns relatos de sucesso utilizaram dinâmicas e recursos didáticos. Um exemplo é o estudo realizado por Oliveira e Cerqueira (2019), em que uma sequência didática sobre transgênicos foi fundamentada na abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) e resultou em um aumento significativo no entendimento dos estudantes sobre o tema, e suas implicações na sociedade. Ao nível de ensino médio, diversos estudos trabalharam a concepção de transgênicos, revelando que os estudantes possuem conhecimentos distorcidos sobre esse tema, que utilizam concepções instintivas ou senso comum sobre os assuntos, e que mostram dificuldades em se posicionarem quanto ao uso dos transgênicos (Takahashi *et al.*, 2008; Silva; Ribeiro, 2009; Souza; Farias, 2011; Carvalho *et al.*, 2012; Ventorim *et al.*, 2021). Estes estudos, de forma geral, apoiam a ideia deste projeto, que pretende integrar a sequência didática e cartilha educativa ao ensino da biotecnologia agrícola como uma estratégia eficaz para simplificar e contextualizar temas complexos, como os OGMs.

3 OBJETIVOS

3.2 Objetivo Geral

Promover a alfabetização científica de estudantes do Ensino Médio por meio de uma sequência didática sobre a temática “biotecnologia agrícola e transgênicos” com a utilização de uma cartilha educativa para fomentar a compreensão sobre o tema.

3.3 Objetivos Específicos

- Propor uma sequência didática que integre atividades práticas e teórica para facilitar a compreensão sobre a importância dos transgênicos na agricultura;
- Abordar as questões éticas e sociais sobre os transgênicos, incentivando a análise crítica e o debate sobre a relação entre ciência e sociedade;
- Estimular o uso de cartilha educativa como ferramenta de apoio pedagógico para simplificar conceitos complexos.

4 METODOLOGIA

Esta pesquisa adotou uma abordagem qualitativa e exploratória com o objetivo de desenvolver e implementar uma sequência didática inovadora para o ensino de biotecnologia agrícola no ensino médio. Segundo Vieira e Zouain (2005), uma abordagem qualitativa atribui importância fundamental aos depoimentos dos atores sociais envolvidos, aos discursos e aos significados transmitidos por eles, permitindo compreender as interações entre os alunos, professores e os recursos didáticos propostos. A abordagem também permite reconhecer como os estudantes assimilam conceitos relacionados aos OGMs e segurança alimentar, enquanto desenvolvem atividades práticas e interativas calcadas na sua participação ativa no processo de aprendizado. Sobre a abordagem exploratória, Mattar (2001) destaca que “os métodos de pesquisa exploratória são amplamente utilizados e flexíveis... e que incluem pesquisas de fontes secundárias, pesquisas empíricas, estudos de caso seletivos e observações informais.”

4.1 Atividades dinâmicas e colaborativas no ensino de transgênicos

A aplicação da sequência didática permite que sejam realizadas atividades dinâmicas e colaborativas. Os alunos trabalharão com debates em grupo, construção de materiais visuais, como mapas mentais e apresentações, para conectarem os conhecimentos adquiridos com questões reais, como o impacto dos transgênicos no cotidiano e na sociedade. Essas práticas visam contextualizar o aprendizado, aproximando-o da realidade dos estudantes e estimulando uma visão ampla e crítica sobre o tema.

O recurso central dentro da sequência didática é uma cartilha educativa, estruturada de maneira acessível e ilustrativa. Ela aborda temas como transgênicos, além de estudos de caso sobre como a biotecnologia agrícola e a contribuição para a segurança alimentar. O material também inclui infográficos, exemplos práticos e atividades reflexivas para fomentar o interesse e o pensamento crítico dos estudantes.

Um destaque da sequência é a criação de mapas conceituais pelos alunos, permitindo a organização e sistematização do conhecimento adquirido durante o projeto. Essa atividade reforçará a conexão entre conceitos de biotecnologia e os desafios globais, como a fome e as mudanças climáticas, promovendo uma

perspectiva integrada do papel da ciência e da tecnologia no mundo contemporâneo. A metodologia proposta está em consonância com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que enfatiza o desenvolvimento de competências, como a utilização de conhecimentos científicos para compreender e transformar a realidade e a argumentação baseada em dados e evidências. Alinhada a esses princípios, a sequência didática permite aos professores não apenas transmitir conhecimentos técnicos, mas também promover uma educação crítica e reflexiva de seus estudantes, formando cidadãos capazes de avaliar o impacto da biotecnologia agrícola no mundo atual e tomar decisões informadas e éticas.

4.2 Desenvolvimento da sequência didática

Introdução aos transgênicos

A primeira aula tem como objetivo principal resgatar os conhecimentos prévios dos alunos e apresentar o conceito de organismos transgênicos de forma acessível. A aula deve começar com uma dinâmica de perguntas, como: "O que vocês sabem sobre transgênicos?" ou "Já ouviram falar de alimentos geneticamente modificados?" e será feita uma lista de ideias a partir do conhecimento prévio dos alunos.

Em seguida, propõe-se a exibição de um vídeo didático que explicará os fundamentos dos transgênicos. **“Alimentos transgênicos e os detalhes que escondem de você”**. <https://youtu.be/4yVWI6blrng?si=rPjEZqGzmq1mRJ5->. Após a exibição do vídeo, será conduzida uma discussão para explicar o conceito de transgênicos, abordando sua importância na agricultura e exemplos do dia a dia, como soja e milho transgênicos. Durante a explicação, será utilizada a cartilha didática criada (Apêndice A) para auxiliar na compreensão.

Produção de transgênicos

A segunda aula da sequência didática tem como propósito aprofundar o entendimento dos alunos sobre os processos envolvidos na produção de organismos geneticamente modificados. A proposta é apresentar, de forma acessível e visual, as principais etapas da engenharia genética utilizadas na construção de plantas transgênicas. A partir da cartilha didática elaborada, os alunos terão contato com representações esquemáticas que ilustram técnicas como a utilização da bactéria *Agrobacterium tumefaciens* e a biobalística, mas também será mencionado em sala

de aula outras técnicas para inserção de genes. A aula deve ser conduzida com uma explicação inicial sobre a identificação de genes de interesse, seguida da descrição dos métodos pelos quais esses genes são inseridos em células vegetais. O professor destacará as diferenças entre os métodos, assim como os procedimentos de cultivo em laboratório e os testes de biossegurança que antecedem a liberação dos produtos transgênicos para o uso comercial. Após a explicação, os alunos farão a atividade de “Caça-palavras” presente na cartilha didática (páginas 14 e 15). Essa atividade tem o objetivo de consolidar o conteúdo técnico por meio de atividades interativas e ativas, fortalecendo a aprendizagem ativa.

Estudo de caso

Na terceira aula, será trabalhado um estudo de caso com foco no milho Bt, uma variedade de planta transgênica amplamente cultivada no Brasil e em outros países. O objetivo é promover uma análise crítica sobre a aplicação prática da biotecnologia, explorando os impactos agrônômicos, ambientais e socioeconômicos envolvidos no uso dessa tecnologia. A cartilha didática será utilizada como fonte de informação e orientação durante toda a atividade. A aula terá início com a leitura orientada da seção da cartilha que apresenta o caso do milho Bt, contextualizando sua criação e finalidade. A aula também será o momento para introduzir o conceito de segurança alimentar, relacionando a produção de alimentos com o direito humano à alimentação e com os desafios contemporâneos enfrentados pela agricultura em contextos de crise climática, escassez de recursos e desigualdade de acesso.

Em seguida, será realizada uma atividade em grupos, na qual os alunos discutirão questões norteadoras propostas pelo professor (Estudo de Caso). Essas reflexões permitirão abordar tanto os benefícios atribuídos ao uso dessa variedade, como o aumento da produtividade e a redução na aplicação de defensivos químicos, quanto os riscos e controvérsias, como o desenvolvimento de resistência em pragas, a diminuição da biodiversidade e a dependência de sementes patenteadas.

Estudo de Caso: "O milho Bt e a redução no uso de pesticidas".

1. Como o milho Bt contribui para a redução do uso de pesticidas químicos?
2. Qual é o mecanismo de ação do gene Bt nas plantas transgênicas?
3. De que forma o milho Bt pode beneficiar a saúde humana e o meio ambiente?
4. Quais são os desafios para evitar que pragas desenvolvam resistência ao

milho Bt?

5. Como a utilização do milho Bt pode impactar economicamente os agricultores?

Debate sobre os transgênicos

Na quarta aula, o objetivo será promover o pensamento crítico por meio de um debate sobre os impactos dos transgênicos. Os alunos serão divididos em dois grupos: um representará os benefícios dos transgênicos, enquanto o outro abordará possíveis riscos e controvérsias. Cada grupo utilizará a cartilha e outros materiais fornecidos (Artigos científicos, Manchetes de Jornais e outros) para embasar seus argumentos. Durante o debate, o professor atuará como mediador, incentivando a participação ativa de todos e orientando as discussões. Neste momento, permitirá que os alunos reflitam sobre as diferentes perspectivas relacionadas aos transgênicos, conectando as informações discutidas nas aulas anteriores. Após o debate, será feito um momento final de sistematização para ajudar os alunos a consolidarem os argumentos discutidos e por fim, será feito e corrigida a atividade presente na cartilha didática, na seção de “Desvendando as frases: verdade ou mito?”

Elaboração de mapa mental conceitual

A última aula será dedicada à consolidação dos conhecimentos adquiridos ao longo da sequência didática, com foco na elaboração de mapas mentais. Os alunos serão orientados na criação de mapas para que organizem as informações discutidas anteriormente, incluindo conceitos básicos, benefícios, riscos e exemplos de transgênicos. Os alunos trabalharão em grupos, utilizando materiais como papel, cartolina, canetas coloridas e outros materiais para tornar o mapa visualmente atrativo. A cartilha será usada como referência para a organização das ideias. Ao final da atividade, cada grupo apresentará seu mapa mental para a turma, destacando os principais aprendizados e promovendo um momento de revisão geral do conteúdo abordado ao longo da sequência didática.

A seguir, apresenta-se um fluxograma na Figura 3 que resume de forma visual e objetiva os conteúdos abordados, os materiais utilizados, a duração de cada etapa e uma breve descrição das atividades desenvolvidas em cada aula.

Figura 3. Fluxograma da sequência didática desenvolvida



Fonte: A Autora (2025)

4.3 Elaboração da cartilha educativa

Como parte integrante da proposta metodológica, foi desenvolvida uma cartilha didático-informativa intitulada *“Transgênicos: Conhecer para Entender!”*, concebida com o objetivo de apoiar e potencializar o ensino de biotecnologia agrícola no ensino médio. A cartilha foi elaborada pela própria autora deste trabalho, com base em revisão bibliográfica atualizada e fundamentada nos princípios da alfabetização científica, da educação crítica e das diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). O processo de criação envolveu a seleção de conteúdos relevantes, organização pedagógica dos temas, construção de atividades interativas e a utilização de linguagem acessível e visualmente atrativa, adequada ao público-alvo. O material foi produzido de forma autoral, contemplando seções explicativas, infográficos, estudo de caso, atividades de fixação e QR codes para vídeos complementares. Sua estrutura foi pensada para dialogar com os conhecimentos prévios dos estudantes, possibilitando a contextualização dos conteúdos e promovendo uma aprendizagem significativa. A cartilha foi aplicada em todas as etapas da sequência didática,

funcionando como recurso norteador das atividades em sala e como ferramenta de sistematização do conhecimento.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A sequência didática elaborada no presente trabalho foi estruturada em cinco aulas e desenvolvida com o objetivo de promover a alfabetização científica dos estudantes, por meio do ensino crítico e contextualizado sobre os transgênicos. A proposta foi concebida a partir dos pressupostos da educação problematizada, conforme defendido por Freire (1996), que considera o diálogo como base para a construção do conhecimento, e por Zabala (1998), que recomenda a organização das práticas pedagógicas em etapas interligadas e progressivas. A cartilha didática produzida neste trabalho de conclusão de curso serviu como eixo central em todas as aulas, oferecendo suporte visual, conceitual e interpretativo para os estudantes.

A cartilha foi chamada de "Transgênicos: Conhecer para Entender!" e demonstra um alinhamento claro com os princípios da alfabetização científica (Bybee, 1997) e da educação crítica freireana. A cartilha foi desenvolvida como material didático para o ensino de Biologia para o Ensino Médio. O objetivo do trabalho foi abordar os Organismos Geneticamente Modificados (OGMs), em especial os transgênicos, por meio de uma linguagem clara, visualmente atraente e com embasamento científico. A cartilha foi projetada para ser utilizada em uma sequência didática de cinco aulas, visando promover o letramento científico, a alfabetização crítica e o pensamento reflexivo dos alunos, utilizando metodologias ativas, conforme proposto por Freire (1996) e Zabala (1998).

Sequência didática

A sequência didática proposta se estende ao longo de 5 aulas, conforme descrito abaixo:

Aula 1 (Conceitos básicos): Resgate de conhecimentos prévios via dinâmica inicial com o uso de perguntas abertas seguem o princípio da superação de obstáculos epistemológicos e para construção significativa do saber proposto por Bachelard (1996). O vídeo exibido e a discussão mediada pelo professor criam um ambiente de problematização, em consonância com Freire (1996), que defende a educação como prática dialógica e emancipadora.

Aula 2 (Produção de transgênicos): aprofunda os conhecimentos ao tratar da produção de transgênicos e dos processos da engenharia genética. Por meio de

esquemas visuais, os alunos são apresentados às etapas de identificação, inserção e expressão de genes de interesse, com destaque para técnicas como o uso da *Agrobacterium tumefaciens* e da biobalística, conforme detalhado por Ziemienowicz (2014) e Embrapa (2021).

Aula 3 (Estudo de caso - milho Bt): Exemplifica a abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) recomendada por Sadler (2004), conectando teoria e prática. O caso permite a análise crítica dos impactos positivos da tecnologia, como a redução no uso de agrotóxicos e o aumento da produtividade (Ngongolo; Mmbando, 2025), bem como de possíveis riscos e controvérsias, como a dependência de sementes patenteadas e os efeitos sobre a biodiversidade (Brookes; Barfoot, 2020). A introdução do conceito de segurança alimentar nessa aula amplia o escopo da discussão e relaciona o conteúdo científico com direitos humanos e questões sociais globais, como defendido por Santos et al. (2015).

Aula 4 (Debate): A proposta de debate sobre os impactos dos transgênicos promovido junto aos estudantes é uma forma de estimular os grupos em sala de aula para construir argumentos embasados em evidências científicas. E utilizando a cartilha, manchetes jornalísticas e artigos complementares, essa estratégia didática se ajusta às diretrizes da BNCC (BRASIL, 2018), valorizando as competências da argumentação e as análises críticas de informações. Conforme Zômpero e Laburú (2011), o uso de situações-problema e temas controversos favorece o engajamento dos estudantes e o desenvolvimento do pensamento científico

Aula 5 (Mapa mental): Essa aula foi dedicada à sistematização dos conteúdos por meio da elaboração de mapas mentais em grupos. A técnica validada por Marques e Fraguas (2021) sistematiza o conhecimento para consolidar a aprendizagem, facilitar a organização conceitual, e viabilizar uma revisão dos principais temas abordados. É uma síntese visual do aprendizado dos estudantes. De acordo com os autores acima, os mapas mentais são ferramentas eficazes para, além de consolidar a aprendizagem, promover também o senso crítico, pois faz com que os alunos reflitam sobre as conexões entre os conceitos. A apresentação dos mapas para a turma também contribui para o desenvolvimento da expressão oral e da autonomia.

Cartilha didática

A cartilha didática completa está apresentada no Apêndice A, e inicia contextualizando a biotecnologia como um campo que utiliza seres vivos para desenvolver produtos úteis à sociedade, relacionando-a a exemplos do cotidiano, como a fabricação de pães, medicamentos e sementes agrícolas. Essa abordagem parte da realidade do aluno para introduzir conceitos científicos, em sintonia com a pedagogia freireana, que valoriza o conhecimento prévio como base para a aprendizagem significativa (Freire, 1996). A seção também apresenta uma linha do tempo sobre a evolução da biotecnologia, desde os processos fermentativos até a engenharia genética, reforçando a ideia da ciência como uma construção histórica e dinâmica, conforme destaca Chassot (2003).

Em seguida, é explorado os OGMs, organismos que recebem genes de outras espécies para adquirir novas características, como resistência a pragas ou maior valor nutricional. Esse conteúdo auxilia na compreensão de conceitos fundamentais da biologia molecular e abre espaço para reflexões éticas e sociais. Também é abordada a rotulagem obrigatória de transgênicos no Brasil, representada pelo símbolo “T” amarelo, conforme normas da CTNBio. Essa discussão contribui para a formação de um consumidor crítico, capaz de exercer seus direitos com base em informações claras - um dos pilares da cidadania científica (Sasseron; Carvalho, 2008).

Um dos destaques da cartilha é a explicação sobre as técnicas de produção de transgênicos. As etapas são ilustradas com analogias didáticas - como descrever a *Agrobacterium* como uma “seringa natural”, facilitando a compreensão de processos complexos. De acordo com Vygotsky (1998), o uso de mediações simbólicas (imagens, metáforas) ajuda os alunos a avançarem em sua zona de desenvolvimento proximal, tornando o conhecimento científico mais acessível. A cartilha reserva um espaço para discutir os desafios associados aos transgênicos, como a perda de biodiversidade, resistência microbiana e efeitos socioeconômicos sobre pequenos agricultores. Essa abordagem crítica está alinhada com Norris e Phillips (2003), que defendem um ensino de ciências que apresente tanto os benefícios quanto os dilemas da tecnologia, preparando os alunos para participar de debates sociais com embasamento, e desenvolvendo capacidades interpretativas necessárias para lidar com os temas científicos.

Para combater a desinformação, a cartilha esclarece mitos comuns, como “transgênicos alteram o DNA humano” ou “são sempre prejudiciais à saúde”,

classificando-os como verdades ou equívocos. Essa estratégia fortalece o pensamento crítico, essencial em uma era de *fake news*.

Segundo Krasilchik (2008), uma sequência didática pode superar desafios apontados como a desconexão entre biotecnologia e cotidiano escolar, ao usar exemplos locais (ex.: soja RR no Brasil). A integração dos estudantes com a cartilha didática potencializa o aprendizado, corroborando Souza e Moraes (2020) sobre a eficácia de materiais ilustrados em contextos com poucos recursos. A proposta elaborada demonstra potencial pedagógico para abordar a biotecnologia agrícola de forma acessível, crítica e interdisciplinar, alinhando-se aos princípios da educação científica defendidos por Freire (1996), à abordagem CTS (Sadler, 2004), e às orientações da BNCC. E como destacam Sasseron e Carvalho (2008), a educação científica deve capacitar os estudantes a analisar informações, argumentar com evidências e participar de discussões públicas de forma consciente.

Logo, o formato final da cartilha didática se configura como um recurso didático que, por sua linguagem clara e acessível, permite abordar os conteúdos de maneira interativa e contextualizada com a realidade dos estudantes (Silva et al., 2020). No contexto do ensino de Biologia, esse tipo de material didático oferece ao professor a possibilidade de tornar o processo educacional mais dinâmico e envolvente. Isso porque recursos lúdicos funcionam como instrumentos pedagógicos eficazes para mediar e facilitar a construção do conhecimento (Nicola; Paniz, 2016). Sobre a cartilha didática elaborada neste estudo (Apêndice A), seguem abaixo alguns destaques:

a) Linguagem e Acessibilidade: Uso de analogias (ex.: "tesouras moleculares" para enzimas de restrição) e infográficos, seguindo recomendações de Krasilchik (2004) para simplificar conceitos complexos. Seções como "*Desvende os Mitos: Verdade ou Fake?*" que combatem a desinformação, como destacado por Bawa e Anilakumar (2013) como essencial para debates sobre OGMs.

b) Conteúdo Científico: Abordagem equilibrada dos benefícios (ex.: milho Bt) e riscos (ex.: resistência microbiana), alinhada à BNCC (Brasil, 2018) para promover pensamento crítico. Linha do tempo da biotecnologia contextualiza historicamente a tecnologia, reforçando a interdisciplinaridade sugerida por Sasseron e Carvalho (2011).

c) Estrutura Pedagógica: Atividades interativas como representado na Figura

4 seguem a proposta de Zabala (1998) para atividades didáticas e ativas, estimulando a participação. QR Codes e links para vídeos integram recursos multimodais, estratégia validada por Oliveira e Cerqueira (2019) no ensino de biotecnologia.

Figura 4. Registro das atividades interativas presentes na cartilha didática.

CAÇA-PALAVRAS

Caça-palavras: Como se faz um transgênico?

E	X	C	N	K	K	A	R	Y	B	A	D	A	T	P
E	E	B	J	K	T	O	D	N	H	A	M	R	E	
L	L	A	B	O	K	A	T	O	R	E	K	M	P	A
L	C	P	D	R	T	A	J	B	P	X	D	G	C	X
X	D	R	M	L	E	O	Z	A	N	Z	D	I	T	C
E	E	L	O	F	X	S	L	G	R	L	T	A	F	N
R	A	R	I	F	S	J	T	E	K	S	E	D	R	R
R	P	J	J	J	Z	U	T	R	Z	N	W	J	B	L
X	Q	E	D	H	O	C	F	L	Z	H	S	Y	R	J
A	P	L	J	X	A	D	X	D	F	C	G	U	L	D
E	T	R	T	B	U	B	L	T	Z	H	A	E	G	
J	L	R	O	D	D	P	E	Z	Y	K	A	D	J	U
S	L	B	K	I	V	X	A	L	C	H	R	C	A	C
E	G	S	R	Z	L	U	S	Z	S	T	K	S	I	R
X	O	C	R	V	P	L	H	S	R	I	Z	E	R	X

CAÇA-PALAVRAS

Leia cada frase abaixo e complete com o termo correto que você encontrar no caça-palavras.

- 1 Técnica que usa uma bactéria do solo como vetor de genes.
- 2 Nome de plasmídeo modificado usado por essa bactéria.
- 3 Técnica que utiliza micropartículas de tungstênio ou ouro para inserir genes.
- 4 Fragmentos de DNA inserido ao plasmídeo para expressar uma nova característica.
- 5 Método circular usado como vetor para clonar o gene de interesse.
- 6 Bactéria utilizada para cortar o DNA no ponto exato desejado.
- 7 Local onde as células receptoras modificadas são cultivadas até virar uma planta.
- 8 Células receptoras que recebem o novo gene.
- 9 Técnica que permite transferir genes entre organismos de espécies diferentes.
- 10 Foco em que os cientistas selecionam as plantas que incorporaram o novo gene.

MOMENTO INTERATIVO

Monte as Duas Corretas!
Instrução: Ligue os conceitos de acordo com a explicação correta.

Gene Bt	Técnica usada para modificar o DNA de um organismo
Transgênico	Órgão com plantas camará para evitar resistência
Refúgio agrícola	Planta ou animal que recebe genes de outra espécie
Engenharia genética	Procedimento técnico para criar genes

Após ligar as frases, crie um texto de acordo com as ligações feitas.

Desvende as frases: Verdade ou mito?

Leia cada frase com atenção. Algumas são verdadeiras e outras são falsas que simulam perigo. Você consegue identificar o que é falso e o que é verdadeiro e explicar as frases?

- Diversos países utilizam transgênicos na agricultura há anos.
- Se um alimento tem transgênicos, ele deveria causar reações alérgicas.
- Transgênicos são feitos inserindo genes de interesse em outro organismo.
- Todo transgênico tem veneno escondido.
- O milho Bt reduz o uso de pesticidas ao matar pragas específicas.
- Os transgênicos sempre eliminam o uso de agrotóxicos completamente.
- Até hoje, os estudos não confirmam que transgênicos fazem mal à saúde.
- Comer transgênicos por muito tempo pode alterar o DNA humano.
- O uso da biotecnologia permite criar plantas mais resistentes a doenças.
- Os alimentos transgênicos são testados antes de serem liberados para consumo.

Fonte: A Autora (2025).

Em estudos sobre a aplicação de cartilhas educacionais, pesquisadores constataram resultados satisfatórios, demonstrando que esse material possibilitou a divulgação de conteúdos confiáveis, com referências científicas sólidas (Nascimento, 2014; Silva *et al.*, 2020; Souza; Moraes, 2020; Correa *et al.*, 2023). A experiência evidenciou que esse tipo de material pedagógico estimula o engajamento dos estudantes, promovendo uma participação interativa no processo de aprendizagem. Nessa perspectiva, os materiais didáticos assumem papel fundamental no contexto

educacional (Silva *et al.*, 2020). Dessa forma, é imprescindível desenvolver estratégias de ensino que despertem o interesse dos alunos e favoreçam a assimilação do conhecimento, visando alcançar resultados significativos no processo educativo.

Cavalcanti (2010) destaca os desafios presentes no ambiente escolar, enfatizando a importância de manter os alunos engajados, embora reconheça que a motivação vai além dos limites da sala de aula, exigindo que o educador construa vínculos significativos com os estudantes. Essa perspectiva dialoga com Callai (2010), que ressalta as dificuldades impostas pelo excesso de informações no contexto educacional, onde a rapidez com que os alunos recebem e processam dados exige abordagens inovadoras para manter seu interesse ativo.

Diante disso, entende-se que elaborar materiais didáticos diferenciados como a cartilha didática é fundamental na melhoria do processo de ensino, oferecendo possibilidades inovadoras e maior participação dos estudantes. Isso ocorre especialmente quando os recursos incorporam elementos capazes de despertar sua curiosidade, indo além dos materiais tradicionais já disponíveis.

A cartilha “Transgênicos: Conhecer para Entender!” conectada com a sequência didática proposta demonstra forte potencial para contribuir com o ensino de Biologia a partir de uma perspectiva crítica, contextualizada e acessível. Ao articular estratégias variadas na sequência didática, juntamente com a cartilha, o material torna o ensino de transgênicos dinâmico e significativo. Assim, não somente facilita a compreensão conceitual dos organismos geneticamente modificados, mas também contribui para a formação de sujeitos críticos e cidadãos reflexivos.

6 CONCLUSÃO

Com base nas análises desenvolvidas ao longo deste trabalho, conclui-se que a sequência didática proposta, associada à cartilha “Transgênicos: Conhecer para Entender!” apresenta um potencial pedagógico significativo para o ensino de biotecnologia no ensino médio especialmente no que se refere à compreensão dos organismos geneticamente modificados. Embora não tenha sido aplicada em contexto escolar real, sua fundamentação teórica sólida e o alinhamento com as diretrizes da Base Nacional Comum Curricular indicam que a proposta pode contribuir para superar os desafios de ensinar um tema frequentemente distorcido da realidade cotidiana dos estudantes.

A cartilha foi elaborada com base em princípios da alfabetização científica e da educação crítica, utilizando recursos visuais e atividades interativas que favorecem a aproximação entre o conteúdo e o contexto do aluno. Já a sequência didática, estruturada em cinco aulas progressivas, promove uma aprendizagem ativa ao incluir vídeos, estudo de caso, debates e a construção de mapas mentais, permitindo que os alunos desenvolvam não apenas a compreensão conceitual dos transgênicos, mas também competências como argumentação, análise crítica e reflexão ética.

Ao abordar os transgênicos de maneira equilibrada, apresentando tanto seus benefícios quanto seus riscos, e ao relacionar a biotecnologia com temas como alimentação, meio ambiente e sociedade, a proposta torna-se relevante e interdisciplinar. Em síntese, a combinação entre cartilha e sequência didática representa uma abordagem promissora para o ensino de biologia, com potencial para ampliar o engajamento dos estudantes, estimular o pensamento crítico e promover uma aprendizagem significativa e contextualizada.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, G. C. S. de; LAMOUNIER, W. M. Os alimentos transgênicos na agricultura brasileira: evolução e perspectivas. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v. 7, n. 3, 2005.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BARBA, R. Y. B.; SANTOS, N. A bioeconomia no século XXI: reflexões sobre biotecnologia e sustentabilidade no Brasil. **Revista de Direito e Sustentabilidade**, Florianópolis, v. 6, n. 2, p. 26-42, 2020.
- BAWA, A. S.; ANILAKUMAR K. R. Genetically modified foods: safety, risks and public concerns-a review. **Journal of Food Science and Technology**, [S.], v. 50, n. 6, p. 1035-1046, 2013.
- BIZZO, N.; KAWASAKI, C. S. Este artigo não contém colesterol: pelo fim das imposturas intelectuais no ensino de Ciências. **Projeto: Revista de Educação**, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 25-34, 1999.
- BRASIL – Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio**. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2018.
- BRASIL. Ministério da Justiça. **Portaria nº 2.658 de 22 de dezembro de 2003**. Brasília. Ministério da Justiça, 2003.
- BRASIL - Ministério do Meio Ambiente. **Convenção sobre Diversidade Biológica – CDB**. Brasília, DF: MMA, 2000.
- BROOKES, G; BARFOOT, P. Uso de tecnologia de cultivos GM 1996–2018: renda agrícola e impactos na produção. **Alimentos de Cultivos GM**, [S. l.], v. 11, p. 242–261, 2020.
- BYBEE, R. W. **Achieving Scientific Literacy: From Purposes to Practices**. Portsmouth, NH: Heinemann, 1997.
- CALLAI, H. C. A Geografia ensinada: os desafios de uma educação geográfica. *In*: MORAIS, E. M. B.; MORAES, L. B. de (orgs.). **Formação de professores: conteúdos e metodologias no ensino de geografia**. Goiânia: Vieira, p. 15-37, 2010.
- CARDOSO, M. F. **Modelo de roteiro de aula de campo como ferramenta didática para a disciplina de geologia do curso de Geografia**. 2019. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.
- CARVALHO, C. G.M.; OLIVEIRA, T. R. Percepção pública sobre alimentos transgênicos: opinião dos consumidores de Fortaleza, Ceará. **Nutrivisa - Revista de Nutrição e Vigilância em Saúde**, Fortaleza, v. 3, n. 3, p. 104-111, 2017.

CARVALHO, J.S.; GONÇALVES, N.M.N.; PERON, A.P. Transgênicos: diagnóstico do conhecimento científico discente da última série do ensino médio das escolas públicas do município de Picos, estado do Piauí. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 288-292, 2012.

CAVALCANTI, L. S. A Geografia e a realidade escolar contemporânea: avanços, caminhos, alternativas. *In*: SEMINÁRIO NACIONAL: Currículo em movimento – Perspectivas Atuais, 1., 2010, Belo Horizonte. **Anais [...]**. Belo Horizonte, nov. 2010.

CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, São Paulo, v. 23, n. 22, p. 89-100, 2003.

CORREA, R. M. S.; MACEDO, D. B.; COELHO, H.; RODRIGUES, M. D. N. Uso de cartilhas educativas como ferramenta de aprendizagem na EAD. **Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFAM**, Igapó, v. 17, n. 2, p. 27-34, 2023.

CROPLIFE BRASIL. Alimentos transgênicos são opções seguras e benéficas para o planeta. **Croplife Brasil**, São Paulo, 01 jun., 2020. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/noticias/alimentos-transgenicos/>. Acesso em: 20 fev. 2025.

ELLSTRAND, N.C.; RIESEBERG, L.H. When gene flow really matters: gene flow in applied evolutionary biology. **Evolutionary Applications**, [S.l.], v. 9, p. 833-836, 2016.

EMBRAPA. Agência de Informação Tecnológica. **Soja transgênica: desenvolvimento e impacto**. [S.l.]Empraba, 2021. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONT000gbi5b6ph02wx5eo0q429pg0nt0z0b.html>. Acesso em: 10 dez. 2024.

FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. **Biotechnologies for Agricultural Development. Proceedings of the FAO International Technical Conference on “Agricultural Biotechnologies in Developing Countries: Options and Opportunities in Crops, Forestry, Livestock, Fisheries and Agro-industry to Face the Challenges of Food Insecurity and Climate Change (ABDC-10)**. Roma: FAO, 2011. Disponível em <https://www.fao.org/4/i2300e/i2300e.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2025.

FONSECA, V. B.; BOBROWSKI, V. L. Biotecnologia na escola: a inserção do tema nos livros didáticos. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 17, n. 2, p. 496-509, 2015.

FRANCISCO, I. P; JESUS, L. F.; BORGES, D. A. Métodos da técnica do DNA recombinante feitos na *Echerichia coli* 1179. **Revista Multidisciplinar e de Psicologia**, [S. l.], v. 14, n. 51, p. 467-474, 2020.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia: Saberes Necessários à Prática Educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GAY, P. B.; GILLESPIE, S. H. Antibiotic resistance markers in genetically modified plants: a risk to human health? **The Lancet Infectious Diseases**, London, v. 5, n. 10, p.637-646, 2005.

GILBERT, P. R. **Biotechnology Industries and Entrepreneurs**. Darya Ganj: Nova Délhi, Índia, p. 25–180, 2008.

GLICK, J. J. P.; PATTEN, C. L. **Molecular biotechnology : principles and applications of recombinant DNA**. 6.ed. Washington: ASM Press, 2022.

HUBBELL, B.J.; WELSH, R. Transgenic crops: Engineering a more sustainable agriculture? **Agriculture and Human Values**, [S. l.], v. 15, p. 43-56, 1998.

INTERNATIONAL SERVICE FOR THE ACQUISITION OF AGRI-BIOTCH APPLICATION. **ISAAA Brief No. 53. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2017: Biotech Crop Adoption Surges as Economic Benefits Accumulate in 22 Years**. 2017. Ithaca, New York. Disponível em <https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/53/download/isaaa-brief-53-2017.pdf>. Acesso em 05 Jan, 2025.

KRASILCHIK, M. **Prática de ensino de Biologia**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

KRASILCHIK, M.; MARANDINO, M. **Ensino de ciências e cidadania**. São Paulo: Moderna, 2004.

LEE, T. H.; HO, H. K.; LEUNG, T. F. Genetically modified foods and allergy. **Hong Kong Medical Journal**, [S. l.], v. 23, n. 3, p. 291-295, 2017.

LEITE, N. A.; MENDES, S. M.; WAQUIL, J. M.; PEREIRA, E. J. G. O milho Bt no Brasil: a situação e a evolução da resistência de insetos. **Embrapa Milho e Sorgo**, Documentos 133, Sete Lagoas, MG, 2011.

LI, Y.; HALLERMAN, E.M.; WU, K.; PENG, Y. Insect-resistant genetically engineered crops in China: development, application, and prospects for use. **Annual Review of Entomology**, [S. l.], v. 65, p.273-292, 2020.

MALAJOVICH, M. A. **O ensino de Biotecnologia**. Rio de Janeiro: A Autora, 2017.

MARQUES R.; FRAGUAS, T. A formação do senso crítico no processo de ensino e aprendizagem como forma de superação do senso comum. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista-SP, v. 10, n. 7, e31010716655, 2021.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing: edição compacta**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

MOSCHINI-CARLOS, V., HENRY, R.; POMPÊO, M. L. M. Seasonal variation of biomass and productivity of the periphytic community on artificial substrata in the Jurumirim Reservoir (São Paulo, Brasil). **Hydrobiologia**, São Paulo, v. 434, p. 35-40, 2000.

NASCIMENTO, J. L. **A cartilha como recurso didático: sugestões de aulas de campo de Geografia na cidade de Campina Grande - PB**. 2014. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Licenciatura em Geografia), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014.

NGONGOLO, K., MMBANDO, G.S. Necessities, environmental impact, and ecological sustainability of genetically modified (GM) crops. **Discover Agriculture**, [S.l.] v. 3, 29, 2025.

NICOLA, J. A; PANIZ, C. A Importância da utilização de diferentes recursos didáticos no ensino de biologia. **Inovação e Formação, Revista do Núcleo de Educação a Distância da Universidade Estadual Paulista – Nead/Unesp**, São Paulo, v. 2, n. 1, p.355-381, 2016.

NORRIS, S. P.; PHILLIPS, L. M. How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. **Science Education**, Hoboken, v. 87, n. 2, 224-240, 2003.

ODDA, L. M.; SOARES, B. E. C. Biotecnologia no Brasil: Aceitabilidade pública e desenvolvimento econômico. **Parcerias e Estratégias**, Brasília, v. 6, n. 10, p. 162-173, 2001. Disponível em: http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/view/150. Acesso em: 15 fev. 2025

OLÁ CIÊNCIA. **Alimentos transgênicos e os detalhes que escondem de você**. Produzido pelo **Olá, Ciência**. [S. l.], 12 nov. 2022, 1 vídeo 9min. Disponível em: <https://youtu.be/4yVWI6blrng?si=rPjEZqGzmq1mRJ5-> Acesso em: 01 abr. 2025.

OLIVEIRA, J. M.; CERQUEIRA, L. L. M. Proposta de uma sequência didática para o estudo dos transgênicos a partir da abordagem CTS. **Conexões: Ciência e Tecnologia**, Fortaleza, v. 15, p. 01-09, 2019.

OLIVEIRA, M. M. **Sequência didática interativa no processo de formação de professores**. Petrópolis: Vozes, 2013.

PAIVA, B. C.; PIN, R. F.; POLONINE, A. P. P.; TEODORO, K. F.; RODRIGUES, R. C. Produção de insulina artificial para tratamento de diabetes mellitus utilizando E. coli. **Cadernos Camilliani**, [S.l.], v. 17, n. 2, p. 1944-1959, 2020.

PEDRANCINI, V. D.; CORAZZA-NUNES, M. J.; GALUCH, M. T. B.; MOREIRA, A. L. O. R.; RIBEIRO, A. L. Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Vigo, v. 6, n. 2, p. 299-309, 2007.

SADLER, T. D. Informal reasoning regarding socioscientific issues: a critical review of research. **Journal of Research in Science Teaching**, Champaign, v. 41, n. 5, p. 513-536, 2004.

SANTOS, R. A. et al. Alfabetização Científica nos anos iniciais: novas linguagens e possibilidades para o Ensino de Ciências. *In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS*, 10., 2015, Águas de Lindoia. **Anais [...]**. Águas de Lindoia: ABRAPEC, 2015. p. 1-8. Disponível em: <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xenpec/pt/index.php> Acesso em: 02 fev. 2025.

SANTOS, W. L. P. Educação Científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. **Revista Brasileira de Educação**, Brasília, v. 12, n. 36, p. 474-550, 2007.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S.l.], v. 16, n.1, p. 59-77, 2011.

SCHEID, N. M. J. História da Ciência na educação científica e tecnológica: contribuições e desafios. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia**, Curitiba, v. 11, n. 2, p. 233-248, 2018.

SCHÜTTE, G., ECKERSTORFER, M., RASTELLI, V. et al. Herbicide resistance and biodiversity: agronomic and environmental aspects of genetically modified herbicide-resistant plants. **Environmental Sciences Europe**, [S.l.], v. 29, n. 5, p.1-12, 2017.

SILVA, N.M.M.; RIBEIRO, L.R. Conhecimento e opiniões de alunos da etapa final do Ensino médio sobre transgênicos. **Conexão Ciência**, Formiga, v. 4, p. 16-21, 2009.

SILVA, R. C. R.; RAIMUNDO, A. C. L.; SANTOS, C. T. O; VIEIRA, A. C. S. Construção de cartilha educativa sobre cuidados com crianças frente a pandemia COVID-19: Relato de experiência. **Revista Baiana de Enfermagem**, [S.l.], v. 34, e37173, 2020.

SMYTH, Stuart J. *The human health benefits from GM crops*. **Plant Biotechnology Journal**, [S. l.], v. 18, n. 4, p. 887–888, abr. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/pbi.13261>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7061863/>. Acesso em: 29 jul. 2025.

SOUZA, A.F.; FARIAS, G.B. Percepção do conhecimento dos alunos do ensino médio sobre transgênicos. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 6, n.1, p.21-32, 2011.

SOUZA, M. N.; MORAES, T. S. Ensino de Ciências a partir de uma cartilha educativa. **Revista Educação e (Trans)formação**, [S.l.], v. 5, n. 2, p. 33-45, 2020.

TAKAHASHI, J. A.; MARTINS, P. F. F.; QUADROS, A. L. Questões tecnológicas permeando o ensino de química: o caso dos transgênicos. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 29, p. 3-7, 2008.

VENTORIM, D. P.; ALVES, L. N. R.; FURTADO, C. F. B.; BATITUCCI, M. C. P. Concepções e opiniões de alunos do ensino médio sobre transgênicos. **Revista Ifes Ciência**, Vitória, v. 7, n.1, p. 1-10, 2021.

VIEIRA, M. M. F.; ZOUAIN, D. M. **Pesquisa qualitativa em administração: teoria e prática**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2005.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Food, genetically modified: Questions and answers**. Geneva: WHO, 2014. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/food-genetically-modified>. Acesso em: 29 jul. 2025.

WIEMAM, C. Why not try a scientific approach to science education. **Change**, New Rochelle, v. 39, n. 1, p. 9-15, 2007.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZIEMIENOWICZ, A. Agrobacterium-mediated plant transformation: Factors, applications and recent advances. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, [S.l.], v. 3, p. 95-102, 2014.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio: pesquisa em educação em ciências**, Belo Horizonte, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011

APÊNDICE A – CARTILHA: TRANSGÊNICOS: CONHECER PARA ENTENDER

TRANSGÊNICOS: CONHECER PARA ENTENDER!



Discente: Maria Auxiliadora de Castro Nunes
Docente: Cláudia Rohde





UNIVERSIDADE
FEDERAL
DE PERNAMBUCO



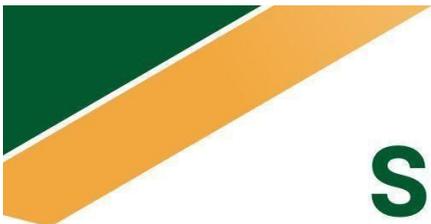
CAV

CENTRO ACADÊMICO
DE VITÓRIA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO- UFPE
CENTRO ACADÊMICO DE VITÓRIA - CAV
NÚCLEO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

MARIA AUXILIADORA DE CASTRO NUNES

VITÓRIA DE SANTO ANTÃO-PE
2025



SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	4
BIOTECNOLOGIA	5
Biotecnologia através dos tempos: da fermentação aos transgênicos.....	6
TRANSGÊNICOS.....	7
Exemplos de Transgênicos.....	8
Principais Benefícios.....	10
Como é feito?.....	11
CAÇA-PALAVRAS.....	14
“O CASO DO MILHO BT”	16
MOMENTO INTERATIVO.....	17
SEGURANÇA ALIMENTAR.....	18
Possíveis Riscos.....	19
SOBRE OS MITOS.....	20
Desvende os Mitos: Verdade ou Fake?.....	21
CONCLUSÃO.....	22





APRESENTAÇÃO

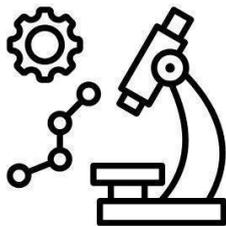
A biotecnologia está cada vez mais presente no nosso dia a dia, especialmente na agricultura. Esta cartilha tem como objetivo apresentar de forma clara e acessível o que são os transgênicos que são Organismos Geneticamente Modificados (OGMs), suas vantagens, possíveis riscos – como a possível contribuição para o aumento da resistência microbiana – e sua relação com a segurança alimentar. Além disso, busca estimular a reflexão crítica sobre o tema a partir de uma perspectiva educacional.



BIOTECNOLOGIA

A biotecnologia é o uso de seres vivos (como bactérias, fungos, plantas ou animais) ou partes deles (como enzimas ou DNA) para criar produtos úteis ao ser humano. Ela está presente no nosso cotidiano muito mais do que imaginamos! Vai desde o pão que comemos, fermentado com leveduras, até medicamentos modernos e plantas modificadas para resistir a pragas.

A biotecnologia moderna usa ferramentas da engenharia genética, da microbiologia e da bioquímica para modificar organismos com precisão, criando soluções em várias áreas. Na agricultura, a biotecnologia é uma aliada importante para melhorar a produção de alimentos e enfrentar problemas como pragas, doenças e mudanças climáticas. Mas, como toda tecnologia, deve ser usada com responsabilidade.



você sabia?

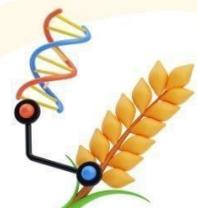
O termo "biotecnologia" vem das palavras bios (vida) e techné (técnica). Ou seja, é a "técnica que usa a vida" para resolver problemas ou criar novos produtos!

Exemplos

Saúde: vacinas, antibióticos, insulina produzida por bactérias.

Indústria: produção de biocombustíveis, enzimas para sabão.

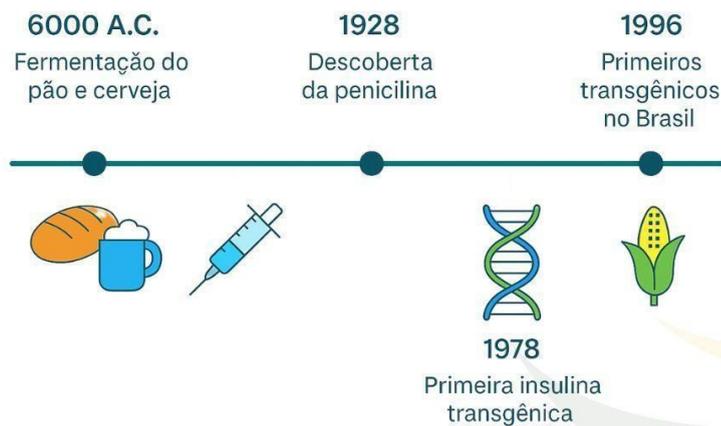
Agricultura: sementes transgênicas, plantas resistentes à seca ou a insetos.



Biotecnologia através dos tempos: da fermentação aos transgênicos

A biotecnologia não é uma invenção recente. Ela começou há milhares de anos, com o uso de microrganismos para produzir alimentos fermentados. Com o avanço da ciência, passou a ser usada em larga escala na medicina, na agricultura e na indústria. Abaixo, veja alguns marcos importantes que mostram como essa tecnologia evoluiu ao longo dos anos.

Linha do Tempo da Biotecnologia



A biotecnologia moderna permite modificar o DNA dos seres vivos de forma precisa. Essa tecnologia trouxe grandes avanços, mas também novos desafios ambientais e sociais que precisam ser debatidos.

Curiosidade

A primeira planta transgênica aprovada para consumo foi o tomate Flavr Savr, nos EUA, em 1994.

Como você imagina o futuro da biotecnologia nos próximos 10 anos?

TRANSGÊNICOS



Fonte: Canva

Os alimentos transgênicos são organismos geneticamente modificados (OGMs). Isso significa que eles receberam genes de outro ser vivo para adquirir uma característica nova – como resistir a pragas, aguentar secas ou ter melhor valor nutricional.

Esses alimentos passam por testes rigorosos para garantir que sejam seguros para o consumo humano e o meio ambiente. Os alimentos transgênicos são aprovados por órgãos como a CTNBio no Brasil, que avalia os riscos antes da liberação comercial.

No Brasil, a lei exige que produtos que contêm OGMs sejam identificados com um símbolo especial: o "T" amarelo. O símbolo "T" dentro de um triângulo amarelo é usado em embalagens para mostrar que o alimento ou ingrediente foi produzido com algum componente transgênico.

Essa rotulagem permite que as pessoas façam escolhas conscientes sobre o que consomem.



Saiba mais

A soja transgênica está presente em muitos produtos industrializados, como óleos, margarinas, bolachas e rações animais.



EXEMPLOS DE TRANSGÊNICOS



Milho Bt

Modificado para produzir uma proteína que mata insetos-praga, reduzindo o uso de agrotóxicos.



Soja RR

Alterada para resistir a herbicidas, facilitando o controle de plantas daninhas nas lavouras.



Mamão Havaí

Criado para resistir ao vírus da mancha anelar, que destruía plantações inteiras.

Fonte: Canva



EXEMPLOS DE TRANSGÊNICOS

PLANTAS TRANSGÊNICAS USADAS EM ALIMENTOS NO MUNDO



Fonte: ISAAA, 2019

Exemplos de outros Exemplos de Alimentos Transgênicos

No entanto, a soja e o milho representam 81% de toda área cultivada com variedades transgênicas. No Brasil, apenas as variedades de soja, milho, algodão e cana-de-açúcar são cultivadas para produção de alimentos.

Caso tenha estranhado com a presença do algodão na lista, não se assuste, pois a semente dessa planta também pode ser utilizada na produção de óleo para a indústria alimentícia.

PRINCIPAIS BENEFÍCIOS



Aumento da produtividade agrícola

Plantas transgênicas conseguem produzir mais alimentos por hectare. Isso é essencial em tempos de crescimento populacional, ajudando agricultores a colher mais em menos espaço e até em solos com baixa fertilidade.



Resistência a pragas e doenças

Certos transgênicos são criados para resistir a insetos ou vírus que costumam atacar as plantações. Com essa proteção, as perdas nas lavouras diminuem, o que melhora a oferta de alimentos e evita prejuízos.



Redução no uso de agrotóxicos

Alguns transgênicos, como o milho Bt, produzem substâncias naturais que afastam pragas. Isso reduz a necessidade de aplicar agrotóxicos, o que é bom tanto para o meio ambiente quanto para a saúde dos trabalhadores rurais.

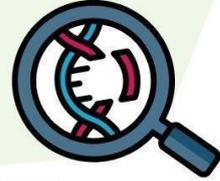


Contribuição à segurança alimentar

Com mais produtividade e menos perdas, os transgênicos podem ajudar a combater a fome, especialmente em países que enfrentam dificuldades para produzir alimentos em quantidade suficiente.



COMO É FEITO?



A criação de um alimento transgênico começa quando cientistas identificam um gene de interesse (de outra planta, animal ou bactéria) com uma característica útil – como resistência a pragas. Esse gene é inserido no DNA da planta-alvo por meio de técnicas da biotecnologia. Depois, a planta modificada é testada e, se for considerada segura, pode ser cultivada por agricultores.

PARA PRODUZIR ORGANISMOS TRANSGÊNICOS, OS CIENTISTAS USAM TÉCNICAS QUE INSEREM GENES DE INTERESSE NO DNA DE OUTRO SER VIVO. VEJA AS PRINCIPAIS FORMAS:

1. *Agrobacterium tumefaciens*

Essa bactéria vive no solo e tem uma habilidade incrível: ela consegue transferir naturalmente parte do seu DNA para plantas!

Os cientistas aproveitam isso e colocam o gene desejado no plasmídeo Ti, que fica dentro da bactéria.

2. Biobalística (Gene Gun ou Canhão de Genes)

Aquí, o DNA com o gene desejado é colocado em microesferas de ouro ou tungstênio. Essas partículas são então disparadas contra as células da planta, como se fosse um “tiro de DNA”. O DNA pode entrar nas células e se integrar ao genoma da planta.



Para conhecer mais sobre outras técnicas de transformação genética em plantas, acesse o QR Code ao lado para saber mais.



COMO É FEITO?

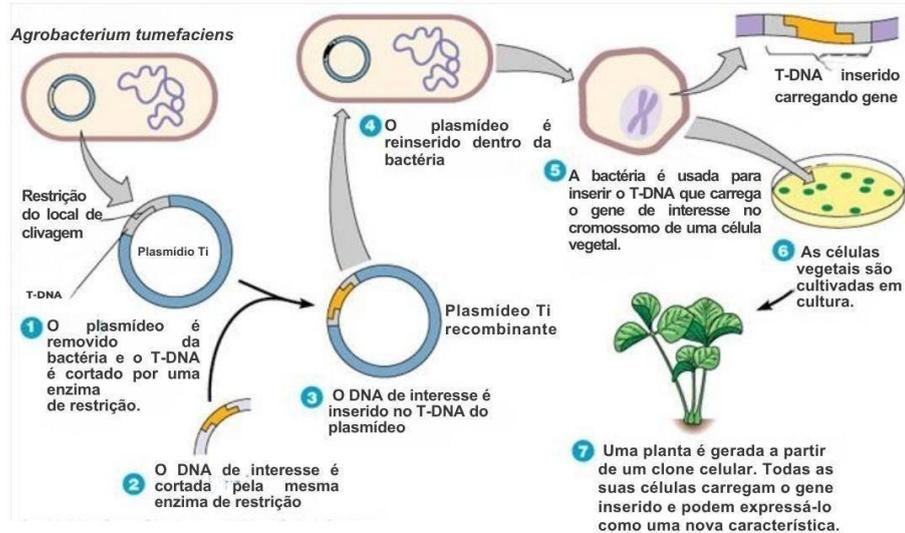


Por meio da bactéria *Agrobacterium tumefaciens*

Essa é a técnica mais conhecida e utilizada na produção de plantas transgênicas. A *Agrobacterium tumefaciens* é uma bactéria que vive naturalmente no solo e tem a capacidade de transferir parte do seu DNA para plantas.

O material genético transferido está localizado em uma estrutura chamada plasmídeo Ti (de "Tumor-inducing"). Esse plasmídeo é modificado em laboratório para remover os genes que causam tumores e incluir o gene de interesse, ou seja, o gene que queremos que a planta passe a ter.

A bactéria com o plasmídeo modificado é colocada em contato com células vegetais. Ela então transfere o DNA com o novo gene para o genoma da planta. As células transformadas são cultivadas em laboratório até formarem uma nova planta transgênica com a característica desejada.



Fonte: <https://episeedlink.eu/2024/05/31/agrobacterium-tumefaciens-a-bacteria-for-genetic-transformation-plants/>

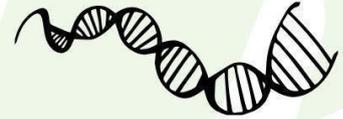
Representação da criação dos Transgênicos por meio da *Agrobacterium tumefaciens*

Saiba mais

Você sabia que a *Agrobacterium tumefaciens* foi chamada de "a seringa da natureza"? Isso porque ela consegue injetar seu DNA nas plantas de forma natural, como se estivesse aplicando uma injeção! Os cientistas aproveitaram essa habilidade para transformar a bactéria em uma ferramenta para criar plantas transgênicas, sem causar doenças.



COMO É FEITO?

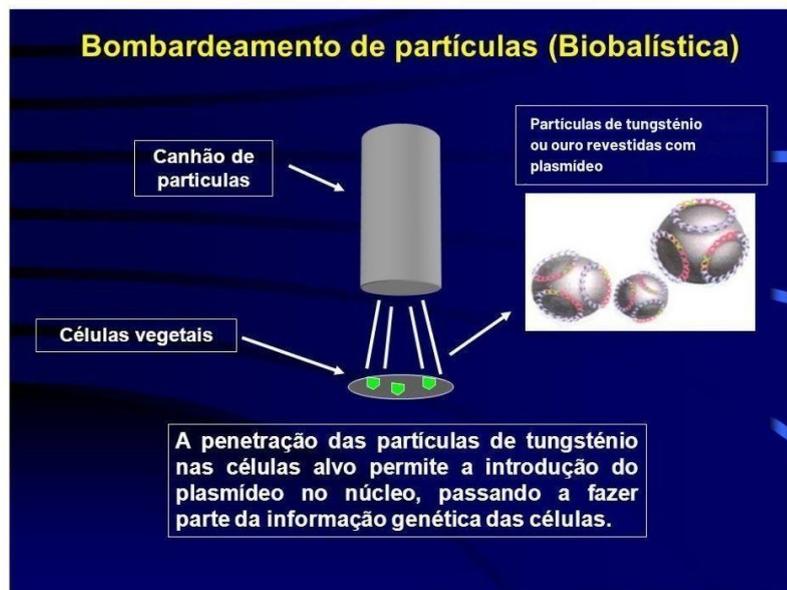


Biobalística (Canhão de Genes)

A biobalística é uma técnica usada para introduzir genes de interesse diretamente nas células das plantas, sem usar bactérias. É especialmente útil para plantas que são difíceis de modificar por outros métodos, como milho e arroz.

Como funciona?

O gene de interesse é isolado com a ajuda de enzimas de restrição, que "recortam" o DNA desejado. Esse gene é inserido em um plasmídeo, uma molécula circular de DNA que serve como "veículo". As Micropartículas de ouro ou tungstênio são cobertas com esses plasmídeos. Um aparelho chamado canhão de genes dispara essas partículas em alta velocidade contra as células da planta. O DNA penetra nas células e pode se integrar ao genoma da planta, que passa a ter uma nova característica (como resistência a pragas). Essas células são cultivadas em laboratório até se transformarem em uma planta transgênica completa.



fonte: <https://slideplayer.com.br/slide/381350/>
Representação da criação dos Transgênicos por meio da Biobalística

Saiba mais

Na biobalística, o plasmídeo é utilizado como vetor para transportar o gene de interesse, mas não é necessário o uso de bactérias como a *Agrobacterium tumefaciens*. Isso ocorre porque o canhão de genes permite a entrega direta do DNA nas células vegetais, eliminando a necessidade de um organismo intermediário para a transferência genética.



CAÇA-PALAVRAS



Caça-palavras: Como se faz um transgênico?

X	X	C	N	K	K	A	U	Y	Q	A	U	A	T	P
G	E	R	J	K	T	Q	O	M	H	W	A	M	H	E
Y	L	A	B	O	R	A	T	O	R	I	O	M	F	A
L	C	P	D	R	T	A	J	B	P	X	U	G	C	X
R	B	M	W	L	E	Q	Z	A	W	I	M	I	T	C
U	E	L	D	F	X	S	L	G	R	L	T	A	F	N
O	A	H	I	F	S	J	T	E	K	S	E	D	O	R
H	P	J	Y	J	Z	U	T	R	I	R	N	J	V	L
U	Q	K	D	M	Q	C	P	L	I	R	E	Y	N	J
A	P	L	F	X	A	D	A	B	F	C	G	U	L	R
O	T	M	T	B	U	B	L	T	I	H	A	A	E	G
J	L	H	O	D	O	P	I	Z	Y	K	A	O	J	U
G	L	R	N	I	V	X	A	I	C	B	M	C	A	C
Q	G	S	B	Z	L	U	S	Z	S	T	K	I	I	M
A	D	G	R	N	P	L	A	S	M	I	D	E	O	X

Palavras para encontrar no caça-palavras:

AGROBACTERIUM/ TI/ BIOBALISTICA/GENE/ PLASMIDEO/ RESTRICAO/ LABORATORIO/ CELULAS/ TRANSGENIA/ SELECAO



CAÇA-PALAVRAS



Leia cada frase abaixo e complete com o termo correto que você encontrou no caça-palavras..

1-Técnica que usa uma bactéria do solo como vetor de genes:

2-Nome do plasmídeo modificado usado por essa bactéria: _____

3-Técnica que utiliza micropartículas de tungstênio ou ouro para inserir genes: _____

4-Fragmento de DNA inserido na planta para expressar uma nova característica: _____

5-Molécula circular usada como vetor para carregar o gene de interesse:

6-Enzima utilizada para cortar o DNA no ponto exato desejado:

7-Local onde as células vegetais modificadas são cultivadas até virar uma planta: _____

8-Células vegetais que recebem o novo gene: _____

9-Técnica que permite transferir genes entre organismos de espécies diferentes: _____

10-Fase em que os cientistas selecionam as plantas que incorporaram o novo gene: _____





"O CASO DO MILHO BT"



Milho Bt e a Redução no Uso de Pesticidas



O milho Bt é um tipo de milho transgênico que recebeu um gene de uma bactéria chamada *Bacillus thuringiensis* (Bt). Esse gene faz com que a planta produza uma proteína natural que mata insetos, especialmente a lagarta-do-cartucho, uma das principais pragas do milho. Como o milho Bt já produz essa proteína inseticida, os agricultores precisam usar menos pesticidas químicos nas plantações. Isso reduz os custos com defensivos agrícolas e diminui a exposição das pessoas e do ambiente a substâncias tóxicas. A proteína Bt é tóxica apenas para certos insetos. Quando a lagarta come o milho Bt, essa proteína atua no intestino do inseto, causando sua morte. Importante: essa toxina não faz mal para seres humanos ou animais porque funciona apenas no sistema digestivo dos insetos.

Aponte o celular para o qr code ao lado para saber mais sobre o Milho Bt e outros transgênicos..

SCAN ME





MOMENTO INTERATIVO



Monte as Duplas Corretas!

Instruções: Ligue os conceitos de acordo com a explicação correta.

Gene Bt

Técnica usada para modificar o DNA de um organismo

Transgênico

Espaço com plantas comuns para evitar resistência

Refúgio agrícola

Planta ou animal que recebeu genes de outra espécie

Engenharia genética

Produz proteína tóxica para certas pragas



Após ligar as frases, crie um texto de acordo com as ligações feitas.

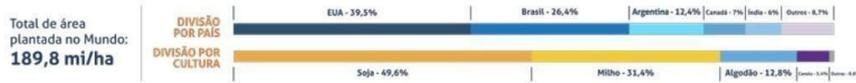
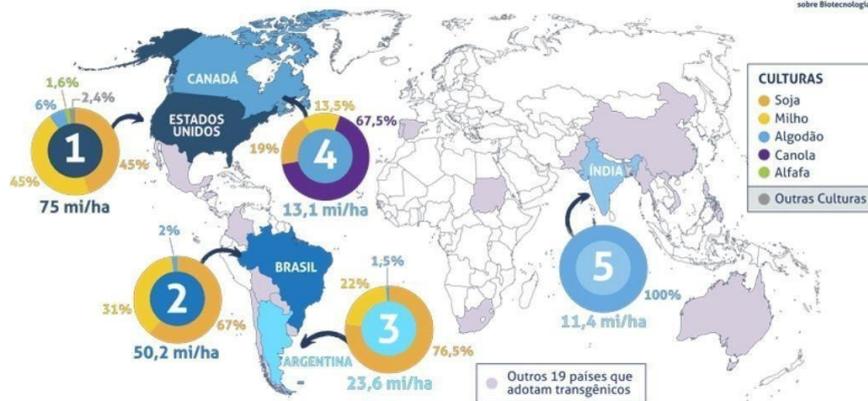


SEGURANÇA ALIMENTAR

A segurança alimentar está ligada ao acesso das pessoas a alimentos suficientes, seguros e nutritivos. Com o crescimento da população mundial, garantir comida para todos se tornou um desafio — e é aí que os transgênicos entram como uma possível solução.

TOP 5: ÁREA PLANTADA COM TRANSGÊNICOS NO MUNDO

(em milhões de hectares – mi/ha)



Fonte: ISAAA 2018

Fonte: ISAAA 2018

O mapa acima mostra os cinco países que mais plantam transgênicos no mundo em 2018

O que isso mostra?

Esses países apostam nas tecnologias genéticas para aumentar a produção de alimentos, principalmente de soja, milho e algodão. As culturas transgênicas podem ser mais resistentes a pragas e doenças, o que ajuda a evitar perdas nas plantações e contribui para a produção em larga escala.

Relação com a segurança alimentar

- Mais produção = mais alimentos disponíveis
- Redução de perdas na lavoura
- Maior eficiência no uso da terra

Para refletir

O gráfico também nos convida a pensar: por que alguns países investem tanto em transgênicos, enquanto outros ainda não possuem investimentos ou possuem dúvidas?

POSSÍVEIS RISCOS

Apesar dos avanços e benefícios dos transgênicos, o tema ainda gera muitas discussões. Parte disso se deve à desinformação, mas também há pontos que precisam ser estudados com cuidado. Alguns possíveis riscos levantados por pesquisadores e especialistas incluem:



- **Resistência microbiana:** O uso de genes que produzem substâncias antibacterianas pode, em alguns casos, colaborar para o surgimento de microrganismos mais resistentes.
- **Pragas resistentes:** O uso contínuo de culturas transgênicas pode favorecer a evolução de pragas que já não são afetadas pelas proteínas transgênicas.
- **Redução da biodiversidade:** O cultivo extensivo de uma única variedade transgênica (monocultura) pode impactar a diversidade das plantas e da fauna local.
- **Impactos sociais:** Pequenos agricultores podem enfrentar dificuldades econômicas e depender de grandes empresas detentoras das sementes transgênicas.



SOBRE OS MITOS...

Saber o que são os transgênicos é fundamental para desmistificar informações de difícil compreensão que circulam na sociedade. Muitos acreditam que alimentos transgênicos fazem mal à saúde, que alteram o nosso DNA. Mas será que isso é verdade?

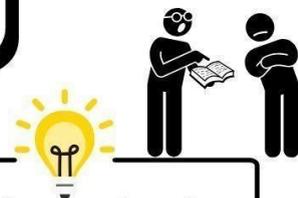
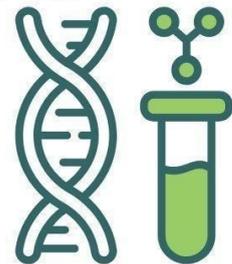
Esses mitos existem por vários motivos:

- Falta de informação científica acessível, com linguagem simples;
- Notícias falsas que se espalham nas redes sociais;
- Desconfiança da população em relação às grandes indústrias alimentícias;
- Pouco debate nas escolas, dificultando a construção do pensamento crítico.



IMPORTANTE!

- ✓ Tomar decisões alimentares conscientes;
- ✓ Identificar informações falsas;
- ✓ Participar de debates sociais com responsabilidade;
- ✓ Entender como a ciência pode ajudar na segurança alimentar.



Conhecimento é poder.
E quando sabemos,
podemos escolher
melhor!



Desvende as frases: Verdade ou mito?



Leia cada frase com atenção. Algumas são verdadeiras e outras são mitos que circulam por aí. Você consegue identificar o que é fato e o que é mentira e expique os falsos?



- Diversos países utilizam transgênicos na agricultura há anos.
- Se um alimento tem transgênico, ele deveria causar reações alérgicas.
- Transgênicos são feitos inserindo genes de interesse em outro organismo.
- Todo transgênico tem veneno escondido.
- O milho Bt reduz o uso de pesticidas ao matar pragas específicas.
- Os transgênicos sempre eliminam o uso de agrotóxicos completamente.
- Até hoje, os estudos não confirmaram que transgênicos fazem mal à saúde.
- Comer transgênicos por muito tempo pode alterar o DNA humano.
- O uso da biotecnologia permite criar plantas mais resistentes a doenças.
- Os alimentos transgênicos são testados antes de serem liberados para consumo.

CONCLUSÃO

Ao longo desta cartilha, vimos que os transgênicos fazem parte do nosso cotidiano e da agricultura moderna. Aprendemos sobre sua criação, suas vantagens, os pontos de debate e os principais mitos que cercam esse tema.

Agora, é com você! Use esse conhecimento para refletir, discutir e buscar ainda mais informações. A ciência avança, e o nosso olhar crítico deve crescer junto com ela.



Entender é o primeiro passo para transformar. Compartilhe o que você aprendeu!



Fonte: Canva



MOMENTO VÍDEO



Você tem interesse em conhecer mais sobre os transgênicos? Pegue a pipoca e se divirta assistindo os vídeos abaixo!

Scan me



Instruções: Escaneie o QR Code com seu celular para assistir ao vídeo.



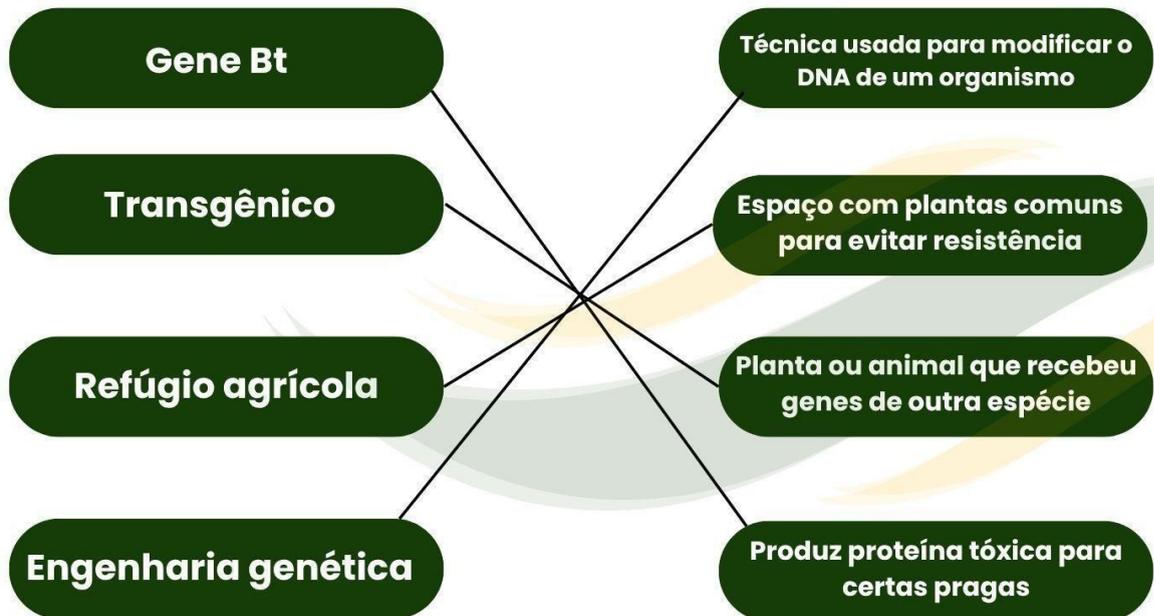
FOLHA DE RESPOSTA



MOMENTO INTERATIVO

Monte as Duplas Corretas!

Instruções: Ligue os conceitos de acordo com a explicação correta.



Após ligar as frases, crie um texto de acordo com as ligações feitas.

RESPOSTA

Por meio da engenharia genética, cientistas inserem genes em organismos para criar novas características. Um exemplo é o gene Bt, que faz a planta produzir uma proteína que combate pragas. Quando uma planta recebe esse gene, ela se torna um transgênico. Para evitar que as pragas se tornem resistentes, os agricultores usam o refúgio agrícola, que mantém plantas comuns ao redor das modificadas.

FOLHA DE RESPOSTA

Desvende as frases: Verdade ou mito?



Leia cada frase com atenção. Algumas são verdadeiras e outras são mitos que circulam por aí. Você consegue identificar o que é fato e o que é mentira e explique os falsos?



- ✓ Diversos países utilizam transgênicos na agricultura há anos.
- ✗ Se um alimento tem transgênico, ele deveria causar reações alérgicas.
- ✓ Transgênicos são feitos inserindo genes de interesse em outro organismo.
- ✗ Todo transgênico tem veneno escondido.
- ✓ O milho Bt reduz o uso de pesticidas ao matar pragas específicas.
- ✗ Os transgênicos sempre eliminam o uso de agrotóxicos completamente.
- ✓ Até hoje, os estudos não confirmaram que transgênicos fazem mal à saúde.
- ✗ Comer transgênicos por muito tempo pode alterar o DNA humano.
- ✓ O uso da biotecnologia permite criar plantas mais resistentes a doenças.
- ✓ Os alimentos transgênicos são testados antes de serem liberados para consumo.

EXPLICAÇÃO

Diversos países utilizam transgênicos na agricultura há anos.

✓ Verdadeiro – Muitos países como Estados Unidos, Brasil, Argentina e Índia usam transgênicos em grande escala há décadas para aumentar a produtividade agrícola.

Se um alimento tem transgênico, ele deveria causar reações alérgicas.

✗ Falso – Transgênicos são testados exaustivamente para evitar qualquer potencial alergênico antes de sua liberação para consumo.

Transgênicos são feitos inserindo genes de interesse em outro organismo.

✓ Verdadeiro – Essa é a definição básica da transgenia: introduzir um gene específico de um organismo em outro para obter uma característica desejada, como exemplo resistência a pragas.

Todo transgênico tem veneno escondido.

✗ Falso – Isso é um mito. Por exemplo, o milho Bt produz uma proteína que afeta somente pragas específicas e é inofensiva para humanos.

O milho Bt reduz o uso de pesticidas ao matar pragas específicas.

✓ Verdadeiro – O milho Bt combate diretamente algumas pragas agrícolas, o que diminui a necessidade de aplicar pesticidas químicos.

Os transgênicos sempre eliminam o uso de agrotóxicos completamente.

✗ Falso – Eles podem reduzir o uso de agrotóxicos, mas não eliminá-los totalmente, e em alguns casos ainda é necessário utilizar defensivos.

Até hoje, os estudos não confirmaram que transgênicos fazem mal à saúde.

✓ Verdadeiro – As evidências científicas acumuladas indicam que os transgênicos aprovados são seguros para o consumo humano.

Comer transgênicos por muito tempo pode alterar o DNA humano.

✗ Falso – Não há nenhuma evidência científica que comprove essa ideia. O DNA dos alimentos é degradado no processo digestivo e não interfere no nosso DNA.

O uso da biotecnologia permite criar plantas mais resistentes a doenças.

✓ Verdadeiro – Um dos grandes avanços da biotecnologia é o desenvolvimento de cultivares mais resistentes a doenças e estresses ambientais.

Os alimentos transgênicos são testados antes de serem liberados para consumo.

✓ Verdadeiro – Todos os transgênicos passam por uma rigorosa avaliação de biossegurança por órgãos reguladores antes de chegarem ao mercado.

FOLHA DE RESPOSTA

CAÇA-PALAVRAS



Leia cada frase abaixo e complete com o termo correto que você encontrou no caça-palavras..

1-Técnica que usa uma bactéria do solo como vetor de genes:

Resposta: AGROBACTERIUM

2-Nome do plasmídeo modificado usado por essa bactéria: _____

Resposta: TI

3-Técnica que utiliza micropartículas de tungstênio ou ouro para inserir genes: _____

Resposta: BIOBALISTICA

4-Fragmento de DNA inserido na planta para expressar uma nova característica: _____

Resposta: GENE

5-Molécula circular usada como vetor para carregar o gene de interesse:

Resposta: PLASMIDEO

6-Enzima utilizada para cortar o DNA no ponto exato desejado:

Resposta: RESTRICAO

7-Local onde as células vegetais modificadas são cultivadas até virar uma planta: _____

Resposta: LABORATORIO

8- Células vegetais que recebem o novo gene: _____

Resposta: CELULAS

9-Técnica que permite transferir genes entre organismos de espécies diferentes: _____

Resposta: TRANSGENIA

10-Fase em que os cientistas selecionam as plantas que incorporaram o novo gene: _____

Resposta: SELECAO



REFERÊNCIAS

AGRICULTURA A A Z. Fatos e mitos sobre os alimentos transgênicos. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=Pe_ljdvFxxs. Acesso em: 31 maio 2025.

BRASIL ESCOLA OFICIAL. Transgênicos – Brasil Escola. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=HJB7l3sZNTE>. Acesso em: 31 maio 2025.

CROPLIFE. Algodão Bt – CropLife. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/algodao-bt/>. Acesso em: 22 maio 2025.

CROPLIFE. Arroz dourado está perto de chegar ao consumidor após 20 anos – CropLife. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/arroz-dourado-esta-perto-de-chegar-ao-consumidor-apos-20-anos/>.

CROPLIFE. Desmistificando a soja transgênica – CropLife. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/desmistificando-a-soja-transgenica/>.

CROPLIFE. Mamão transgênico: tecnologia salvou agricultores do Hawaii – CropLife. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/mamao-transgenico-tecnologia-salvou-agricultores-do-hawaii/>.

CROPLIFE. O milho Bt no Brasil: não podemos esquecer da revolução que ele provocou na cultura – CropLife. Disponível em: <https://croplifebrasil.org/o-milho-bt-no-brasil/>. Acesso em: 22 maio 2025.

DIÁRIO AGRÍCOLA. Brasil é responsável por 26% da área plantada com transgênicos no mundo, aponta estudo inédito | AgroPlanning. Disponível em: <https://www.agroplanning.com.br/2018/06/26/brasil-e-responsavel-por-26-da-area-plantada-com-transgenicos-no-mundo-aponta-estudo-inedito/>. Acesso em: 22 maio 2025.

EMBRAPA. Soja RR – Portal Embrapa. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/rr>.

FIOCRUZ. Tocando a Real – Transgênicos | Portal Fiocruz. Disponível em: <https://fiocruz.br/video/tocando-real-transgenicos>. Acesso em: 31 maio 2025.

GOLDEN RICE. Golden Rice. Disponível em: <https://cban.ca/gmos/issues/golden-rice/>.

IFOPE. Alimentos transgênicos: o que são e por que são tão polêmicos. Disponível em: <https://blog.ifopecom.br/alimentos-transgenicos/>.

INDEA. Algodão transgênico é testado pela Embrapa. Disponível em: <https://www.indea.mt.gov.br/-/algodao-transgenico-e-testado-pela-embrapa>. Acesso em: 22 maio 2025.



REFERÊNCIAS



INSTANTE BIOTEC. Como são regulamentados os OGM? #InstanteBiotec 79. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=mojvNPBof4s>. Acesso em: 31 maio 2025.

LEA, I. A Synopsis of the Family Unionidæ. [S.l.]: Wentworth Press, 2019.

ROCHA, A.; LOURENÇÃO, A. L.; ELISA, M. Resistência de híbridos de milho convencionais e isogênicos transgênicos a *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Bragantia*, v. 74, n. 1, p. 50–57, 1 mar. 2015.

TODA MATÉRIA. O poder da biotecnologia: ciência e tecnologia se aliam. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=Qr5J8bc5N_w. Acesso em: 31 maio 2025.

