






Melhoramento genético do milho: o aprimoramento da planta em antagonismo à resistência das pragas

GENETIC IMPROVEMENT OF CORN: THE IMPROVEMENT OF THE PLANT IN ANTAGONISM TO PEST RESISTANCE

Jainy Cristina de Siqueira¹ , Cristiano Reschke Lajus² , Erich dos Reis Duarte³ , Denise Renata Pedrinho⁴ , Aline Vanessa Sauer⁵ 

O principal antagonismo ao melhoramento genético do milho é a resistência criada por parte das pragas. O trabalho objetiva, portanto, relacionar a produção de híbridos com a quebra de resistência das pragas alvo, com a finalidade de chegar mais perto de manter uma variedade melhorada por mais tempo sem a manutenção de seu aprimoramento. Para a construção desse raciocínio, assuntos como o melhoramento e a obtenção de híbridos, a resistência das pragas à planta melhorada e as estratégias de manejo são imprescindíveis e discutidas nos capítulos. Refúgio, controle biológico e feromônios são alguns exemplos de estratégias de manejo integrado que podem retardar o processo de resistência, portanto, muito importantes para o alcance do objetivo. Utilizando estas informações e combinando e melhorando as estratégias de manejo, é possível gerar variedades de milho mais resistentes às pragas e as doenças causadas por elas, com maior qualidade nutricional, altamente produtivas e com menor custo econômico: pontos benéficos tanto para os produtores quanto para os consumidores.

Palavras-chave: Controle genético. Manejo integrado. Obtenção de híbridos. Refúgio. *Zea mays*.

The main antagonism to the genetic improvement of corn is the resistance created by the pests. The work aims, therefore, to link the production of hybrids with the breakdown of resistance of the target pests, in order to get closer to maintaining an improved variety for a longer time without the maintenance of its improvement. For the construction of this reasoning, subjects such as improvement and use of hybrids, resistance to pests in the improved plant and management strategies are essential and discussed in the chapters. Refuge, biological control and pheromones are some examples of integrated management strategies that can delay the resistance process, therefore, very important for achieving the objective. Using this information, combining, and improving management strategies, it is possible to generate maize varieties that are more resistant to pests and the diseases caused by them, with higher nutritional quality, highly productive and with lower economic cost: beneficial point for both consumers and farmers.

Keywords: Genetic control. Integrated management. Obtaining hybrids. Refuge. *Zea mays*.

Autor Correspondente:

Jainy Cristina de Siqueira.
Endereço: Av. Edelina Meneghel Rando, 151, Cep: 86360-000. Bandeirantes, PR, Brasil.

E-mail: jainy_siqueira@hotmail.com.

Declaração de Interesses:

Os autores certificam que não possuem implicação comercial ou associativa que represente conflito de interesses em relação ao manuscrito.

¹ Universidade Pitágoras Unopar (UNOPAR)

² Universidade Comunitária da Região de Chapecó (UNOCHAPECÓ)

³ Universidade Pitágoras Unopar (UNOPAR)

⁴ Universidade Anhanguera - Uniderp (UNIDERP)

⁵ Universidade Estadual Norte do Paraná (UENP)/Universidade Pitágoras Unopar (UNOPAR)

INTRODUÇÃO

O milho apresenta grande importância econômica e social, tendo em vista a sua crescente demanda na alimentação humana, animal e uso industrial (Costa, 2020). No Brasil, conforme dados apresentados pela Conab (2022), na safra de 2021/2022 a produção de milho alcançou 115.602,1 milhões de toneladas, em uma área de 21.238,9 milhões de hectares, sendo referente à primeira, segunda e terceira safras.

O melhoramento genético passou por diversos processos de tentativa e erro, mas somente no final do século XIX Gregor Mendel definiu como as características são passadas de uma geração para a outra, com um experimento de ervilhas, transformando o melhoramento em uma ciência precisa e racional que combina genes de interesse para formar variedades superiores (Luna, 2019).

Por meio da combinação das melhores características do milho, é possível obter plantas com maior produtividade, qualidade nutricional, adaptadas às mudanças climáticas e resistentes a pragas e doenças. Entretanto, o antagonismo das pragas surge quando o melhoramento seleciona as mais resistentes, por um processo de seleção natural proposto por Darwin (Santos, 2018).

A presente pesquisa tem como proposta descrever o processo de melhoramento e esclarecer a resistência das pragas diante do aprimoramento de plantas. São conhecimentos que poderão ser de grande contribuição para enriquecer o acervo da comunidade científica, chegando cada vez mais perto de obter uma variedade melhorada por mais tempo sem que perca rapidamente seu aperfeiçoamento. A relevância desse tema é imprescindível para o bom andamento e progresso da agricultura.

O objetivo do trabalho é discutir sobre o melhoramento genético e o processo de produção de híbridos, relacionando sua influência na resistência criada por parte das pragas. Para isso, descrever o processo de melhoramento e obtenção de híbridos, apontar como as pragas se tornam resistentes por meio do processo de melhoramento da planta e disponibilizar o uso dessas informações para chegar mais perto de como manter uma variedade de milho melhorada por mais tempo, são os três tópicos a serem discutidos nos capítulos.

Baseada em uma revisão bibliográfica, esta pesquisa ocorreu por meio de fontes de busca como artigos científicos, revistas, trabalhos acadêmicos, revistas digitais e biblioteca universitária online.

REVISÃO DE LITERATURA

MELHORAMENTO DE MILHO E OBTENÇÃO DE HÍBRIDOS

A genética pode ser caracterizada como uma ciência voltada ao estudo da transmissão das características hereditárias ao longo das gerações. Por volta de 1866, Gregor Mendel propôs algumas leis que se basearam nos estudos realizados com ervilhas, sendo até hoje um suporte para a genética, contribuindo grandemente para o melhoramento genético (Porto, 2015).

O experimento de Mendel é o mais empregado quando se trata hereditariedade, pois demonstrou como as características são passadas de uma geração de milho para outra, tornando-se fundamental para a construção de conceitos frente ao melhoramento genético e os híbridos (Cardoso, 2005). Na primeira lei de Mendel, conhecida como a Lei da Segregação dos Fatores ou Monoibridismo, cada característica isolada é determinada por dois fatores, sendo que um se destaca em relação ao outro, determinando um gene dominante e outro recessivo. Na segunda lei de Mendel nota-se que as características também se manifestam simultaneamente. Estes conceitos foram significativos para o melhoramento genético e a combinação simultânea de genes de interesse (Bueno et al., 2001).

No milho, o processo para a obtenção de um híbrido é através da escolha de duas plantas saudáveis e com características desejáveis. No entanto, a planta melhorada segue carregando

ecessivamente os genes da geração parental e pode ter suas características modificadas depois da autofecundação ou fecundação cruzada (Pizzaia et al., 2012).

Aplicando os princípios da seleção natural apresentados por Charles Darwin, o melhoramento compreende em combinar as melhores características das plantas de milho. Por meio da seleção de duas plantas saudáveis, a fecundação cruzada tem o objetivo de obter uma nova planta com cada vez mais genes de características favoráveis ao plantio, homogêneas e extinguindo aos poucos àquelas de não interesse comercial (Darwin, 2014).

Conforme Flesch e Vieira (1999), o melhoramento genético tem como propósito obter plantas de milho com diferentes arquiteturas, folhas mais eretas e menor porte. Tais características possibilitam uma semeadura com incremento no rendimento de grãos e mais densa, graças a hereditariedade que transmite, por intermédio dos genes, as características de uma planta para a outra.

Para a melhoria de uma população de milho, primeiramente faz-se necessário estabilizar os genótipos-conjunto de genes recebidos do pai e da mãe, tornando-os o mais homogêneo possível. Depois de sucessivas autofecundações (de seis a oito gerações), os genótipos passam a ter aproximadamente 100% de seus genes em homozigose, alcançando uma linhagem pura. Dessa forma, quando dois genótipos com distâncias genéticas que possuem diferentes loci de importância agrônômica são cruzados, ocorre o chamado vigor híbrido (Fu; Dooner, 2002).

Através do cruzamento de duas linhagens, tem-se um híbrido, que designa a composição genética nas espécies. Os híbridos podem ser do tipo simples, duplo e triplo. O híbrido simples, refere-se ao cruzamento de duas linhagens puras (Krug et al., 1943). O híbrido duplo é alcançado pelo cruzamento de dois híbridos simples (Figura 1). O híbrido triplo, corresponde a uma linhagem pura e um híbrido simples.

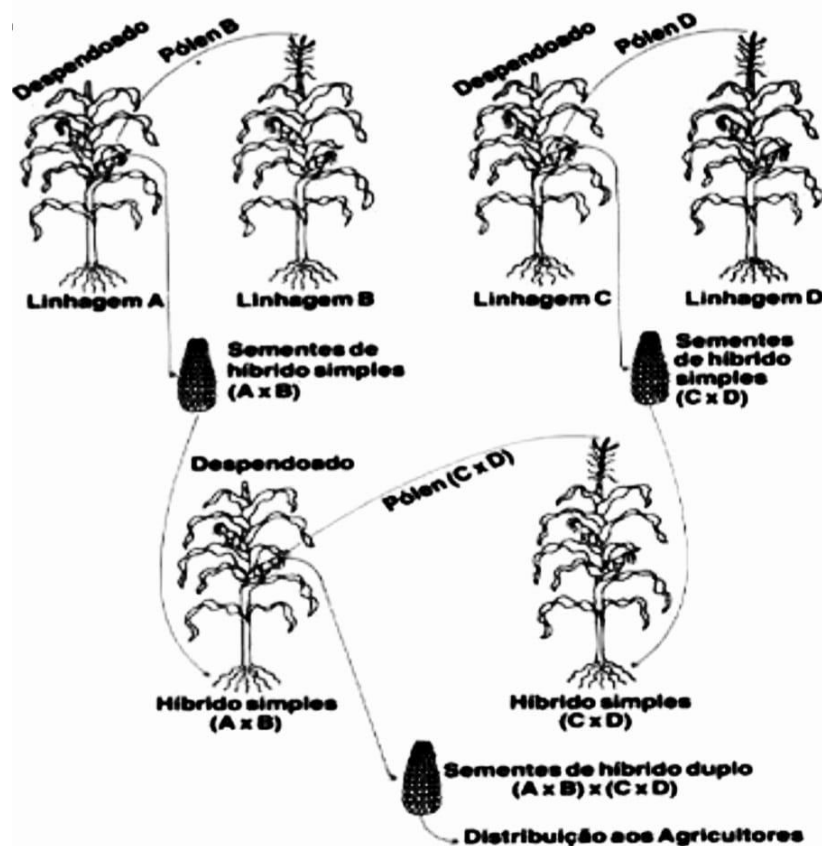


Figura 1 - Esquema de obtenção de híbridos simples (A) e duplo (B) na cultura do milho. Fonte: Nunes (2016).

O hibridismo é resultado da seleção de genes de interesse, correspondendo a plantas melhoradas quanto a resistência a doenças, pragas, acamamento e com maior potencial produtivo (Candido et al., 2010). A utilização do hibridismo é essencial na agricultura que frequentemente apresenta relatos de resistência aos agroquímicos por conta de pragas. Essa resistência faz-se incorporada na planta através dos genes, e o melhoramento diminui consideravelmente o uso de agrotóxicos (Silva, 2015).

RESISTÊNCIA DAS PRAGAS À PLANTA MELHORADA

A resistência das pragas ocorre de maneira proporcional ao melhoramento da planta, sendo uma das maiores oposições em relação ao melhoramento (DIAS, 2015). De acordo com Darwin, a adaptação de uma espécie ocorre pela interação dos seres vivos e o ambiente. Esse pensamento foi chamado de “teoria da descendência com modificação por seleção natural” (Mayr, 2005). Todavia, com a seleção natural, as pragas têm se tornado cada vez mais resistentes, ocasionando a quebra do aprimoramento da planta proporcionado pelo melhoramento vegetal.

A expressão de duas ou mais proteínas Bt na mesma planta, conhecida como piramidamento de genes, é considerada uma importante ferramenta de manejo na resistência de insetos praga na cultura do milho. As proteínas inseticidas inseridas no piramidamento, ocasionam alta taxa de mortalidade dos insetos alvo. Ou seja, o método se baseia na capacidade da proteína Bt eliminar todos ou grande parte dos indivíduos suscetíveis da população de insetos praga. O método também é conhecido como controle redundante. Em contrapartida, os indivíduos resistentes a uma das proteínas inseridas no piramidamento de genes serão eliminados por outras proteínas (Bates et al., 2005).

O índice de evolução da resistência é na mesma proporção à quantidade de gerações da praga por ano. Aumentando-se a frequência do alelo R, maior a resistência da praga (ILSI/HESI, 1998). No intervalo de gerações, diminui-se por meio do aumento da temperatura do ambiente. À vista disso, temos os cultivos contínuos de milho Bt como um alto risco de evolução da resistência.

Além da resistência à planta melhorada, o uso de agroquímicos como inseticidas apresenta grande potencial em relação à evolução da resistência das pragas alvo. Os insetos evoluem sua resposta por meio da seleção natural, limitando a eficiência destes recursos a longo prazo (Hawthorne, 1998).

O relatório International Life Science Institute – Health and Environmental Science Institute (1998), aponta diversos aspectos negativos consequentes da evolução da resistência, tais como: (i) perda das culturas Bt como opção de controle de pragas, devido ao aumento da frequência de indivíduos resistentes; (ii) perda das formulações tradicionais de Bt para controle de pragas, importantes para a agricultura orgânica, caso a resistência às plantas Bt implique em resistência a tais formulações; (iii) aumento do uso de inseticidas sintéticos caso as culturas e formulações Bt se tornem ineficientes no controle das pragas alvo; (iv) surgimento de resistência cruzada; (v) impacto sobre o desenvolvimento futuro de culturas resistentes a insetos devido ao descrédito gerado por eventuais falhas; e (vi) impacto negativo sobre a percepção do público sobre os benefícios da biotecnologia num sentido mais amplo.

Grandes áreas das culturas melhoradas e transgênicas cultivadas concentram-se nos EUA, Argentina, Canadá, China, África do Sul e Austrália. Nestes países, predominam as culturas de soja e algodão, modificadas para tolerância à insetos (tabela 1). Porém, prevalecem as características de resistência a insetos e a tolerância a herbicidas (Fresco, 2001; James, 2002; Silva, 2017).

Tabela 1 - Área ocupada pelas principais culturas transgênicas no mundo em 2016. Fonte: adaptado de Silva (2017).

Cultura	Área relativa (%)
Soja transgênica	50,0
Milho transgênico	33,0
Algodão transgênico	12,0
Canola transgênica	5,0
Outros produtos cultivados	1,0
Total	100,0

Nesse cenário, é fundamental que estratégias de manejo, tal como o refúgio, sejam criadas e ocorra um aprimoramento daquelas já existentes. Pois essas medidas trazem benefícios tanto para os agricultores, quanto para os consumidores, gerando variedades de milho mais fáceis e baratas de se produzir, resistentes a pragas e às doenças causadas por elas, com maior qualidade nutricional, altamente produtivas e adaptadas às mudanças climáticas.

MANEJO DE RESISTÊNCIA DO APRIMORAMENTO DA PLANTA

A estratégia de refúgio/alta dose é a principal técnica de manejo de resistência recomendada nos países que adotam a tecnologia de culturas Bt. Os refúgios correspondem a áreas plantadas que não expressam a toxina da planta melhorada. Desse modo, reduz-se o contato das pragas com os genes do melhoramento diminuindo, conseqüentemente, a mutação que confere a elas o alelo de resistência (ILSI-HESI, 1998; Andow et al., 1998).

Em conformidade com o relatório de ILSI/HESI (1998), o refúgio/alta dose fundamenta-se nos seguintes pressupostos básicos: (i) os tecidos da planta devem ser altamente tóxicos; (ii) os alelos de resistência devem ser suficientemente raros; e (iii) o arranjo do refúgio deve ser tal que os insetos homozigotos resistentes da área da cultura transgênica tenham alta probabilidade de acasalar com os homozigotos passíveis do refúgio.

O primeiro pressuposto básico refere-se à toxicidade da planta em uma alta dosagem, garantindo que a dose seja adequada para eliminar todas as pragas, evitando o processo de seleção natural das que possuem uma maior frequência de genes de resistência. Para que sejam raros os casos de alelos de resistência, pode ser realizado o acasalamento das pragas-alvo resistentes com as susceptíveis, reduzindo a evolução do gene de resistência (ILSI/HESI, 1998). Em relação ao arranjo do refúgio, deve ser disposto de uma forma que os insetos homozigotos resistentes (RR) da área da cultura transgênica venham se acasalar com os homozigotos suscetíveis (SS) do refúgio (ILSI/HESI, 1998).

Buscando-se a efetivação do refúgio, retardando a evolução da resistência através do acasalamento de pragas susceptíveis e resistentes, é fundamental que os insetos do refúgio e da área do milho melhorado geneticamente atinjam a fase adulta ao mesmo tempo, para aumentar os índices de acasalamentos. Deve ser plantado no refúgio e o restante da área uma variedade similar, diferindo

apenas quanto a presença da toxina, no caso de transgênicos, ou da planta melhorada com o acréscimo de genes de interesse (Onstad; Gould, 1998).

Conforme apresentado na Tabela 2, o percentual da área da lavoura a ser semeado com milho com a ausência da toxina para o refúgio, segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) é de 10% do total da lavoura, 20% para soja e de 5 a 20% para algodão.

Tabela 2 - Recomendações de refúgio preconizadas pelas empresas detentoras das tecnologias. Fonte: adaptado de Embrapa (2014).

Cultura	Empresa	Nome Comercial	Proteína	% de refúgio estruturado
Algodão	DOW	Widestrike	Cry1Ac e CryF	5%
Algodão	MONSANTO	Bollgard	Cry1Ac	20%
Algodão	MONSANTO	Bollgard II	Cry1Ac e Cry2Ab2	5% (sem pulverização diferencial para lagartas em relação ao BGI) ou 20% (permitindo pulverização diferencial de lagartas)
Algodão	BAYER	TwinLink	Cry1Ab E CryAe	20% com algodão não Bt. Recomendação de aplicação de inseticidas quando o ataque de lagartas atingir o nível de ação específico pré-estabelecido.
Milho	DOW	Herculex	Cry1F	10%
Milho	DOW	Herculex RR	Cry1F	10%
Milho	DOW	PowerCore	Cry1A 105, Cry2Ab2, Cry1F	10%
Milho	DuPont-PIONEER	Yieldgard	Cry1Ab	10%
Milho	DuPont-PIONEER	Herculex	Cry1F	10%
Milho	DuPont-PIONEER	Intrasect	Cry1Ab e Cry1F	10%
Milho	MONSANTO	Yieldgard	Cry1Ab	10%
Milho	MONSANTO	VTPRO	Cry1A 105 e Cry2Ab2	10%
Milho	MONSANTO	VTPRO2	Cry1A 105 e Cry2Ab2	10%
Milho	MONSANTO	VTPRO3	Cry1A 105, Cry2Ab2 e Cry38b1	10%

Milho	MONSANTO	VTPROMAX	Cry1A 105, Cry2Ab2 e Cry1F	10%
Milho	SINGENTA	Agrisure TL	Cry1Ab	10%
Milho	SINGENTA	Agrisure Viptera	VIp3Aa20	10%
Milho	SINGENTA	Agrisure TLTG Viptera	Cry1Ab e VIp3Aa20	10%
Milho	SINGENTA	Agrisure Viptera3	Cry1Ab e VIp3Aa20	10%
Soja	MONSANTO	INTACTA RR2 PRO	Cry1Ac	20 % (estruturado)

Vale ressaltar que, a exposição das pragas à doses subletais é um motivo que contribui para a falta de sincronia no acasalamento, pois algumas espécies podem ter seu desenvolvimento retardado e maior duração da fase imatura. Mas o retardo no desenvolvimento pode ter efeitos positivos como fatores de mortalidade e redução da taxa de crescimento populacional (ILSI/HESI, 1998).

O controle biológico também é uma estratégia de manejo interessante, visando introduzir na lavoura os inimigos naturais das pragas-alvo. Esses insetos, além de não trazerem prejuízos às lavouras, alimentam-se de ovos e larvas da praga, reduzindo a incidência dos danos na lavoura (Cruz et al., 1999).

Através das informações de descrição do processo de melhoramento, obtenção de híbridos, identificação dos meios pelos quais as pragas tornam-se resistentes, outros trabalhos científicos também podem se utilizar desses conhecimentos com a finalidade de obter uma variedade de milho melhorada por mais tempo sem a manutenção em seu aprimoramento, obtendo variedades que sejam mais produtivas, resistentes e de menor custo econômico (Amabile et al., 2018).

COMENTÁRIOS

Os objetivos propostos que buscavam relacionar o melhoramento genético com a resistência criada por parte das pragas, foram amplamente alcançados. Por meio da discussão da obtenção de híbridos, foi possível identificar a forma com que ocorre o melhoramento e os seus processos para a obtenção de linhagens, o cruzamento destas e, por fim, a obtenção do híbrido, que proporciona plantas melhoradas em relação a resistência a doenças e pragas e maior potencial produtivo.

Nesse contexto, foi tratado também que, a resistência das pragas à planta melhorada baseia-se na teoria de seleção natural proposta por Darwin, onde os patógenos menos adaptados não sobrevivem, restando apenas os mais fortes que se reproduzem, gerando sua descendência com genes mais adaptados, portanto, mais resistentes.

Visando manter a planta melhorada por mais tempo sem a manutenção de seu aprimoramento, identificou-se por meio da pesquisa que com as técnicas adequadas de manejo é possível retardar a evolução da resistência das populações de pragas alvo. Além disso, incentiva propostas de novos trabalhos científicos que, com base nessas informações, possam chegar cada vez mais perto de obter uma variedade melhorada por mais tempo sem a manutenção de seu aprimoramento: mais resistentes, produtivas e de menor custo econômico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) AMABILE, R. F. **Melhoramento de Plantas, variabilidade genética, ferramentas e mercado**. Brasília: SBMP. 2018.
- (2) ANDOW, D. A.; ALSTAD, D. N.; PANG, Y. H.; et al. Using F2 screen to search for resistance alleles to *Bacillus thuringiensis* toxin in European corn borer (Lepdoptera: Crambidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 91, n.3, p.579-584, 1998.
- (3) BATES, S. L.; ZHAO, J. Z.; ROUSH, R. T.; SHELTON, A.M. Insect resistance management in GM crops: past, present and future. **Nature Biotechnology**, v. 23, p. 57-62, 2005.
- (4) BESPALHOK, J. C.; GUERRA, E. P.; OLIVEIRA. **Introdução ao melhoramento de plantas**. Curitiba: Edgard Blücher Ltda, p. 14. 2010.
- (5) BUENO, L. C. S.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, S. P. **Melhoramento genético de plantas: princípios e procedimentos**. Lavras: UFLA, 2001.
- (6) CARDOSO, I. **Agroecologia e produção do espaço: a experiência dos agricultores da Agreco**. 2005. 133p. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2005.
- (7) CANDIDO, L. S.; COUTO, M. F.; GARCIA, F. Q.; et al. (2022). Ganhos Genéticos por Índices de Seleção na População Isanão VF-1 de Milho em Época de Segunda Safra. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, XXVIII, Goiânia. **Anais...** Associação Brasileira de Milho e Sorgo, Goiânia, Brasil.
- (8) COSTA, N. V. **Seleção de linhagens de milho a partir do esquema de *topcrosses* com testadores recíprocos intergrupos**. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas), Universidade Federal do Goiás, Goiânia, GO, 2020.
- (9) CONAB (2022). Acompanhamento da safra brasileira - grãos: 7º levantamento, Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em 09 mai. 2022.
- (10) CRUZ, I.; FIGUEIREDO, M. L.; MATOSO, M. J. **Controle Biológico de *Spodoptera frugiperda* Utilizando o Parasitoide de Ovos *Trichogramma***. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 1999.
- (11) DARWIN, C. **A Origem das Espécies**. São Paulo: Martin Claret, 2014.
- (12) DIAS, V. C. **A sinfonia da natureza - Charles Darwin e as origens**. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais), Pontifícia Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 2015.
- (13) FLESCHE, R. D.; VIEIRA, L. C. Espaçamento e população de plantas na cultura do milho. **Agropecuária Catarinense**, v. 12, n. 2, p. 28-31, 1999.
- (14) FU, H.; DOONER, H. K. Intraspecific violation of genetic colinearity and its implications in maize. IN: PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, v. 99, n. 14, p. 9573- 9578, Washington, Estados Unidos, 2002.
- (15) FRESCO, L.O. Genetically modified organisms in food and agriculture: where are we? Where are we going? IN: CONFERENCE ON CROP AND FOREST BIOTECHNOLOGY FOR THE FUTURE, Falkenberg. **Proceedings...** Falkenberg: Royal Swedish Academy of Agriculture and Forestry, 2001.
- (16) HAWTHORNE, D. Predicting insect adaption to a resistant crop. **Journal of Economic Entomology**, v. 91, n. 3, p. 565-571, 1998.

(17) ILSI/HESI - INTERNATIONAL LIFE SCIENCE INSTITUTE - Health and environmental science institute. **An evaluation of the insect resistance management in Bt field corn: a science based framework for risk assessment and risk management: report of an expert panel.** Washington: ILSI Press, 1998.

(18) JAMES, C. **Global status of commercialized transgenic crops**, Ithaca: ISAAA, 2002.

(19) KRUG, C. A.; VIÉGAS, G. P.; PAOLIÉRI, L. Híbridos comerciais de milho. **Bragantia**, v. 3, p. 367-552, 1943.

(20) LUNA, E. R. M. **A formação de alunos monitores de biologia no ensino médio numa perspectiva sócio-histórica.** Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática), Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, PE, Brasil. 2019.

(21) MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Refúgio: como adotar o refúgio?** 2014.

(22) MAYR, E. **Biologia, ciência única.** Tradução Leite, M. São Paulo: Companhia das Letras. 2005.

(23) SANTOS, J. B. **Seleção de estirpes de *Bacillus spp.* tóxicas a *Meloidogyne spp.* e promotoras de crescimento vegetal.** Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade de Brasília, Brasília, DF. 2018.

(24) SILVA, R. C. O avanço mundial dos transgênicos. 2017. Disponível em <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/27406451/o-avanco-mundial-dos-transgenicos>. Acesso em 20 mai. 2022.

(25) ONSTAD, W.D.; GOULD, F. Modeling the Dynamics of Adaptation to Transgenic Maize by European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 91, n. 3, p. 585-593, 1998.

(26) PORTO, V. B. **Genética.** (2.ed.) Fortaleza: Ciências Biológicas, 2015.

(27) PIZZAIA, D.; ZAROS, L. G.; ROSÁRIO, M. F. **Varição e Herança.** Natal: Editora da UFRN, 2012.

(28) SILVA, S. C. **Uma proposta metodológica para o trabalho com transgênicos no ambiente escolar.** Monografia (Especialização em Genética), Universidade Federal do Paraná, Jandaia do Sul, PR, Brasil, p. 24, 2015.

(29) VANDERPLANK, J. E. **Plant Diseases: Epidemics and Control.** Academic Press, New York, 1993.

Recebido: 09 de maio de 2022

Versão Final: 02 de junho de 2022

Aprovado: 08 de junho de 2022



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.