

BIOTECNOLOGIA

Novas tecnologias, novos desafios

Em uma lavoura de batatas, pequenos besouros amarelos com listras pretas começam a devorar avidamente as folhas das plantas. Para conter a praga, o fazendeiro pulveriza a superfície das folhas com um tipo de spray capaz de desligar a expressão de um gene do besouro, bloqueando a produção de uma proteína, sem a qual ele morre. A praga é, então, contida. Esse é um exemplo de uma das novas tecnologias de engenharia genética aplicada ao controle de pragas e melhoramento de plantas chamada de RNA de interferência (RNAi). Seu objetivo é desligar a expressão de determinados genes, que suprimem a produção de uma proteína específica de um organismo. Se considerarmos os investimentos feitos por grandes multinacionais do setor de biotecnologia, o RNAi pode ser a próxima revolução no controle de pragas, desde a introdução dos organismos geneticamente modificados (OGMs) nos anos 1980. No entanto, da mesma forma que acontece com os transgênicos, a tecnologia está longe de ser um consenso na comunidade científica e deve levantar novas questões



Engenharia genética visa o besouro-da-batata e não a planta

sobre as vantagens, riscos e diretrizes (ou novas diretrizes) para sua regulamentação em vários países, incluindo o Brasil.

COMO FUNCIONA O spray que controla o besouro da batata está sendo desenvolvido pela norte-americana Monsanto. Ao ser aplicado na plantação ele carrega moléculas RNA que entram no besouro, selecionam um RNA mensageiro (RNAm, responsável por levar a informação do DNA do núcleo até o citoplasma, onde a proteína será produzida) entre milhares de moléculas e se ligam a ele para, então, desligar a produção de uma proteína específica. A Monsanto aponta como vantagens da tecnologia baseada no RNAi, a

possibilidade de desligar seletiva e temporariamente a expressão dos genes alvo sem alterar o genoma da planta, ou seja, sem produzir uma planta transgênica, o que poderia encurtar - e baratear - o caminho para sua aprovação por órgãos reguladores.

Entretanto, uma das maiores preocupações dos especialistas em relação ao RNAi recai justamente sobre um de seus pontos fortes: a especificidade do alvo. Ao direcionar um pequeno RNA para silenciar um RNAm do besouro, por exemplo, é possível atingir outros polinizadores e insetos, caso a sequência do RNAm desses insetos seja parecida. Como o genoma de muitos polinizadores e insetos ainda é desconhecido, garantir a segurança da tecnologia

com RNAi é um desafio. De acordo com Paulo Paes de Andrade, professor da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), ex-membro da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), pela Lei de Biossegurança (11.105/2015), qualquer atividade envolvendo OGMs têm que ser autorizada pelo Ministério da Agricultura, entretanto, no caso do produto da Monsanto, como as batatas seriam apenas pulverizadas com o RNAi e não teriam a incorporação de DNA ou RNA recombinante ao seu genoma, elas não seriam consideradas transgênicas. Já o spray poderia ser objeto de regulamentação dependendo da interpretação que se faz da normativa.

EDITANDO GENOMAS Outra ferramenta de engenharia genética que tem animado produtores agrícolas e também pesquisadores da área é a tecnologia CRISPR/Cas9. Ao comparar várias bactérias, cientistas observaram um padrão curioso em certas regiões de DNA: trechos formados por sequências palíndromas espaçadas entre si por sequências únicas - nomeadas de Repetições Palindrômicas Curtas Agrupadas e Regularmente Interespaçadas ou CRISPR (na sigla em inglês). Essas sequências únicas eram idênticas ao DNA de vírus que atacam bactérias e que funcionam como uma “etiqueta” para

identificar os vírus invasores. As enzimas Cas (proteínas associadas a CRISPR) reconhecem a “etiqueta” e usam essa informação para localizar e clivar o DNA dos vírus, impedindo sua ação nas bactérias. Por engenharia genética é possível direcionar o sistema CRISPR/Cas9 para clivar o DNA em uma localização específica. A tecnologia é revolucionária porque permite “editar” a sequência do genoma com precisão não somente de vírus, mas também de plantas, fungos e animais, inclusive em embriões humanos, o que tem gerado discussões a respeito dos aspectos éticos de sua utilização. Não por acaso, o CRISPR vem despertando o interesse de várias empresas de biotecnologia. Uma parceria da gigante norte-americana DuPont com a *spin of* Caribou Biosciences, resultou no desenvolvimento de um milho resistente à seca que deve chegar ao mercado entre cinco a dez anos, tempo inferior ao que o melhoramento convencional levaria. Alguns países já aprovaram a comercialização de plantas editadas com a tecnologia CRISPR/Cas sem a necessidade de avaliação de risco, como acontece com outros organismos geneticamente modificados (OGMs). O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, por exemplo, declarou que não vai regular culturas

editadas com essa tecnologia porque ela não envolve a transferência de genes entre espécies (ou seja, não produz um transgênico).

OGM E OGE “No entanto, a não regulamentação da tecnologia em alguns países ocorre para os casos de mutação simples, sem inserção de novas sequências”, explica Celso Fiori, da empresa da área de biotecnologia GranBio Ltda. De todo modo, esse posicionamento abre um imenso campo de oportunidade para um mercado que era de difícil acesso pelo custo da regulação de um transgênico. “As novas tecnologias (sobretudo edição de genes) são muito mais baratas e fáceis de dominar. Mas se forem regulamentadas com o rigor aplicado aos transgênicos, somente as grandes corporações poderão pagar os custos”, acredita Andrade. Para ele, a oposição cega à biotecnologia leva ao monopólio. “Se houver uma redução de custos regulatórios para produtos dessas novas tecnologias, muitas empresas poderão trabalhar com uma grade de produtos além das commodities”, aponta o pesquisador da UFPE. Ainda segundo ele, como a engenharia genética só lida com a informação genética *in vitro*, todo organismo cujo genoma for modificado *in vivo*, sem incorporação de um DNA recombinante, não é

OGM e, portanto, não está regulado pela legislação brasileira, que só trata de OGMs. Apesar de afirmar que a lei brasileira, pelos moldes em que foi escrita há mais de dez anos, não abrange os organismos geneticamente editados (OGEs). Mesmo assim, do ponto de vista prático, para Andrade, ambos são organismos modificados e não deveriam ser diferenciados na avaliação de riscos. Nesse sentido, esses avanços tecnológicos podem demandar que o marco regulatório da biossegurança seja modernizado. É o que pensa Celso Fiori: “O Brasil possui potencial agrícola e industrial extraordinários. Nossos representantes do executivo precisam de agilidade e conhecimento para viabilizar o desenvolvimento e aplicação das tecnologias, sem colocar em risco a população, o meio ambiente, os produtores e consumidores dessas tecnologias”, diz. Já para o professor do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Rubens Onofre Nodari, os OGEs se enquadram na Lei de Biossegurança e deveriam ser regulamentados e avaliados como qualquer OGM. A avaliação de risco proposta pela Lei de Biossegurança possibilitaria, por exemplo, limitar o tamanho da alteração no DNA por meio das chamadas NBTs (new

breeding techniques) ou novas tecnologias de melhoramento. “Uma mutação, ou mesmo uma mudança na conformação de uma proteína pode ter um efeito drástico”, afirma ele.

TEMA POLÊMICO A adequação ou modernização das normas de segurança para as NBTs, estão sendo discutidas por um grupo específico na CTNBio. Segundo informa Fiori, esse grupo já elaborou uma versão normativa com diretrizes para essas novas tecnologias que será discutida na plenária e votada pela comissão dentro de alguns meses. “Podemos adiantar que essa norma caminha no mesmo sentido do entendimento de outros países, criando um mecanismo de ‘fast track’ para avaliar os organismos modificados por essas técnicas sem a presença de novas moléculas de DNA no produto final. O processo de aprovação deverá consistir em uma consulta à CTNBio, com informações que permitam avaliar o caso em um período curto e sem a necessidade de apresentação de resultados experimentais extensos” acrescenta Fiori.

Segundo Andrade, a CTNBio já tem longa experiência com avaliação de risco e pode assumir essa nova categoria de produtos sem qualquer adicional de complexidade. Ele destaca, no entanto, que o foco

da avaliação deve ser o produto e não a tecnologia: “a CTNBio deve orientar o legislativo nesse aspecto, mas é preciso fugir à tentação de regulamentar tecnologias, isso é danoso ao país: o que importa é o produto, independentemente de como tenha sido produzido”, avalia. “A lei deve se basear nos riscos avaliados e não em hipotéticos, percebidos pelo legislador ou pelo público”, acrescenta. Na mesma linha de raciocínio, Fiori acredita que ferramentas como CRISPR e o RNAi representam uma evolução dos mecanismos de modificação genética e controle de pragas. “Conhecendo os mecanismos de ação, creio que os efeitos serão positivos e de certa forma controlados. Não é prudente generalizar, uma vez que as técnicas são apenas ferramentas que nos permitem realizar modificações genéticas. Cada produto terá uma modificação genética diferente e, por isso, deve passar por uma análise individual”, acredita. A avaliação do produto deve levar em conta o contexto de sua aplicação. Essa é a opinião do pesquisador da UFSC. Se a tecnologia será aplicada para plantas, em que modelo de produção agrícola? Uma monocultura, sem rotatividade do cultivo e com baixa diversidade genética, poderia esconder questões problemáticas sobre as

práticas tecnológicas, tratando apenas o sintoma e não a causa (que pode ser o próprio modelo, isto é, o monocultivo). Assim, a reflexão sobre novas ferramentas biotecnológicas na agricultura deveria considerar alternativas de práticas de manejo como por exemplo misturar sementes, explorando a diversidade das variedades também como estratégia para controle de doenças, tanto para eliminar a necessidade de aplicação de fungicidas quanto como alternativa para o aumento da produtividade. As novas tecnologias, como o RNAi e a CRISPR/Cas, podem revolucionar a biotecnologia vegetal, permitindo a modificação de plantas de maneira mais rápida e precisa. Além disso, essas técnicas podem revolucionar também a forma com que a regulamentação e a sociedade entendem o melhoramento de culturas. Entretanto, é preciso considerar os riscos e potenciais impactos dessas tecnologias em campo, o que coloca novos desafios para a regulamentação dessas tecnologias. A participação de vários atores – empresas, produtores, cientistas e a sociedade – é fundamental para direcionar a aplicação dessas ferramentas biotecnológicas na agricultura.

Karina Yanagui

ENERGIA RENOVÁVEL

Faltam estratégias no Brasil para gerar energia das marés

Em tempos de preocupação com o futuro do planeta, a exploração de energia limpa deve ser prioridade. Energia solar, eólica (do vento), do bagaço de cana são bem conhecidas, mas pouco se ouve falar sobre a energia que vem do mar, obtida da força das marés, a maremotriz. “É uma fonte renovável, não poluente, inesgotável e, sobretudo, previsível. Este último atributo é um grande diferencial em relação às energias eólica

e solar, que têm incertezas associadas quanto à disponibilidade”, defende Osvaldo Ronald Saavedra, professor do Instituto de Energia Elétrica da Universidade Federal do Maranhão (UFMA). O Brasil possui um dos maiores potenciais mundiais localizado no Maranhão, com 8 metros de nível de maré, mas ainda faltam incentivos para reduzir custos de investimento e incentivar esse potencial. A energia das marés não utiliza combustíveis fósseis nem gera resíduos ao meio ambiente. “Pode ser destacada a possibilidade de abastecimento de comunidades remotas e isoladas, bases científicas e militares e aplicação para atividades pesqueiras e portuárias”, diz Rafael Malheiro Ferreira,

Wikipedia/Divulgação



Motor para geração de energia a partir de marés, na costa de Portugal