

4. UMA NOVA PROPOSTA PARA O CONTROLE DAS ERVAS DANINHAS: O USO DE PLANTAS TRANSGÊNICAS

Goran Kuhar Jezovsek¹



Durante séculos, fazendeiros e melhoristas usaram as semelhanças familiares para aumentar a produtividade de plantas e animais. Por exemplo, através do cultivo seletivo de plantas que eram as maiores, mais fortes e menos suscetíveis a doenças, fazendeiros e melhoristas criaram plantas mais produtivas.

Eles

não sabiam, mas estavam praticando uma forma

rudimentar de engenharia genética - um processo fundamental utilizado na biotecnologia.

As regras que regem a transmissão de características genéticas permaneceram um mistério até aproximadamente 150 anos atrás, quando Gregor Mendel começou a estudar a hereditariedade em plantas de jardim.

Utilizando experimentos cuidadosamente planejados e cálculos matemáticos, Mendel concluiu que certas partículas não visíveis carregam as características hereditárias, e que estas características são transmitidas de geração a geração. O mundo científico falhou em reconhecer o significado das descobertas de Mendel até muito depois da sua morte, mas seu trabalho serve como um fundamento para a biotecnologia.

Desde os anos 50, biólogos conseguiram grandes progressos no entendimento da hereditariedade. Começando com a descrição da estrutura do ácido desoxiribonucleico (ADN) feita por James Watson e Francis Crick, cientistas conseguiram

entender como a informação é duplicada e como ela é passada de geração a geração.

Por volta dos anos 80, os cientistas tornaram-se capazes de transferir pedaços de informação genética, chamados genes, de um

¹ Eng.-Agr., M.Sc., Especialista em Biotecnologia, Monsanto do Brasil, Caixa Postal 431, 38406-376 - Uberlândia, MG.

organismo para outro. Esta habilidade de transferir informação genética é conhecida como engenharia genética, um processo utilizado na biotecnologia. Embora ainda seja relativamente nova, a biotecnologia tem um grande potencial. Permite aos pesquisadores desenvolver culturas agrícolas melhoradas, tais como plantas naturalmente protegidas de doenças e pragas. A biotecnologia também fornece novas formas de tratar doenças humanas, de produzir produtos químicos e de eliminar desperdícios.

4.1. O código da vida

Desde o tempo dos estudos de Gregor Mendel com plantas, pesquisadores têm trabalhado para decifrar a linguagem da vida - como as características são passadas de uma geração para a próxima. Para entender esta linguagem, é essencial entender a estrutura dos organismos vivos e como esta estrutura foi descoberta.

A vida é mantida através de um sistema complexo de reações químicas. As proteínas, que são compostas de várias combinações de amino-ácidos, são essenciais à vida - tanto para a estrutura de um organismo, como para as reações metabólicas necessárias para o funcionamento do organismo. O número, ordem e tipo de amino-ácidos em uma proteína específica determinam as propriedades desta proteína.

O ADN contém a informação necessária para as células ordenarem os aminoácidos corretamente em cada proteína produzida por cada organismo vivo. O ADN transmite esta informação hereditária de uma geração para a seguinte.

A molécula de ADN é uma estrutura em dupla hélice, que lembra uma escada em espiral. É composta pela repetição de unidades básicas, os nucleotídeos, que são formados por uma molécula de fosfato, um açúcar (desoxiribose) e uma base nitrogenada, que pode ser de quatro tipos: adenina (A), timina (T), guanina (G) ou citosina (C). As bases ficam no centro da molécula, e servem de ligação entre as duas fitas (Fig. 1). A informação genética é armazenada no ADN como um código, que é baseado na ordem na qual estes pares de bases são ligados. Um segmento de ADN que codifica informação suficiente para produzir uma proteína é chamada de gene. Genes específicos codificam proteínas específicas, e estas proteínas determinam cada aspecto ou característica de um organismo.

Os pesquisadores começaram a entender o ADN já no início do século XIX, quando concluíram que todas as coisas vivas - de humanos a plantas, de bactérias a baleias - são compostos por células que têm os mesmos componentes básicos. Por volta de 1944, pesquisadores determinaram que o ADN, presente no núcleo de cada célula, é a substância responsável pela transmissão da informação hereditária.

Através dos anos 50 e 60, os biólogos aprenderam que o ADN funciona como um plano para cada processo bioquímico dentro da célula e conseqüentemente, dentro do organismo como um todo. De fato, o ADN contém toda a informação necessária para um organismo se desenvolver desde um óvulo fertilizado até a maturidade.

Em 1953, James Watson e Francis Crick descobriram o código para a estrutura em dupla hélice do ADN, pelo que receberam o Prêmio Nobel em 1962. Por volta de 1973, pesquisadores desenvolveram a habilidade de isolar genes.

Nesta época já estava claro que a linguagem da vida - o código genético - é basicamente o mesmo para todos os seres vivos.

Com base nestas descobertas, pesquisadores imaginaram que se eles pudessem modificar o ADN em uma célula, as células poderiam produzir uma nova proteína útil. Esta proteína poderia conferir uma nova característica desejável para a célula ou mesmo para todo o organismo.

4.2. Tornando a Engenharia Genética possível

Nos anos 80, pesquisadores desenvolveram as ferramentas necessárias para transferir genes específicos de um organismo para outro, permitindo a expressão de características desejáveis no organismo receptor.

O que tornou isso possível foi a descoberta de enzimas - as enzimas de restrição - que podiam ser utilizadas como 'tesouras' moleculares para cortar ou remover um segmento de gene de uma cadeia de ADN em um local específico. Estas enzimas reconhecem seqüências de nucleotídeos e cortam a molécula sempre no mesmo ponto. Existem várias destas enzimas, muitas das quais foram catalogadas de acordo com o ponto no qual elas cortam uma molécula de ADN.

As 'tesouras' enzimáticas também podem ser utilizadas para abrir um plasmídeo - um anel de ADN normalmente encontrado em bactérias. Os plasmídeos podem passar entre algumas células bacterianas e trocar informação genética.

Para transferir informação genética de uma célula para outra, uma enzima faz uma abertura em um plasmídeo bacteriano. Os pesquisadores copiam ou colocam um segmento retirado de uma fita de ADN doador no plasmídeo. Como as extremidades livres, tanto do plasmídeo, como do segmento gênico doador são quimicamente 'adesivas', elas podem se ligar uma a outra - recombinar - para formar um plasmídeo contendo o novo gene. Esta técnica é chamada de clonagem de

genes ou tecnologia do ADN recombinante (rADN) - termos utilizados concomitantemente com engenharia genética. O novo plasmídeo agora carrega instruções genéticas, permitindo que, quando inserido em uma bactéria, esta produza uma nova proteína que leva à expressão da nova característica.

Os pesquisadores desenvolveram a primeira aplicação comercial deste processo quando, em 1982, eles produziram insulina humana para o tratamento da diabetes. Para fornecer insulina em quantidades necessárias para uso médico, eles isolaram o gene que produz a insulina humana e o transferiram para uma bactéria. As bactérias se multiplicam e crescem em um tanque de fermentação, produzindo a insulina enquanto vivem e crescem. A insulina é então isolada e purificada para o tratamento da diabetes.

Outras aplicações para esta técnica de 'cortar e colar' incluem o melhoramento de culturas vegetais através do uso de bactérias do solo. Por exemplo, pesquisadores da Monsanto utilizam o ADN do plasmídeo de uma bactéria que ocorre naturalmente chamada *Agrobacterium tumefaciens* como o meio de introduzir novos genes em plantas. O plasmídeo atua como uma ferramenta que permite aos pesquisadores inserir novos genes que codificam proteínas específicas. Estas proteínas produzem características desejáveis em uma planta, como proteção contra doenças.

4.3. A engenharia genética torna novos benefícios possíveis

O sucesso de uma planta geneticamente melhorada depende basicamente da habilidade de, a partir de células individuais modificadas, desenvolver plantas inteiras. Algumas plantas - batata, tomate, canola - crescem facilmente de células individuais ou tecido vegetal. Outras como milho, trigo e soja são mais difíceis de crescer.

O processo para crescer uma plântula melhorada de batata, por exemplo, começa por crescer plantas estoque em condições de total assepsia. Pesquisadores primeiro cortam meristemas em pequenos pedaços. Em seguida, adicionam os genes melhorados para as células das plantas de batata, utilizando a *Agrobacterium* e o sistema de corta e cola. Leva apenas dois dias para o *Agrobacterium* inserir os novos genes nas células vegetais, mas menos que uma em cada 10.000 células aceita com sucesso os novos genes.

Após o êxito da transferência de genes, os pesquisadores transferem as plantas para um meio semelhante à gelatina e depois para um meio de cultura. Após quatro semanas, as transferem novamente, para promover o desenvolvimento de novos brotos, o que leva aproximadamente quatro semanas. Os pesquisadores cortam os brotos da planta original e os transferem para dar espaço para a formação de um sistema radicular forte. Utilizando este processo, especialistas em cultura de tecidos podem produzir plântulas de batata modificadas a partir de células individuais em aproximadamente doze semanas. Finalmente, colocam as plântulas em vasos com solo, e as crescem até a maturidade em câmaras de crescimento ou casas de vegetação, onde as plantas amadurecem e finalmente produzem sementes para o cultivo de plantas melhoradas.

Para algumas espécies, como milho e trigo, pode-se utilizar um equipamento especial chamado 'acelerador de partículas', ao invés do *Agrobacterium*, para transferir características em uma planta. Os pesquisadores banham esferas microscópicas de ouro ou tungstênio em ADN contendo as características desejadas. As microesferas são então inseridas nas plantas utilizando o equipamento especial, que dá uma espécie de tiro sobre o tecido vegetal. Enquanto as esferas passam através das células, parte da cobertura de ADN fica para trás, misturando-se com o ADN da célula vegetal para adicionar uma nova característica benéfica.

Décadas de pesquisa permitem a especialistas em plantas aplicar seu conhecimento de genética para melhorar várias culturas como milho, soja, algodão, canola e batata. Estes pesquisadores trabalham cuidadosamente para assegurar que as culturas melhoradas são iguais às culturas tradicionais, a não ser pela inclusão das características benéficas.

4.4. Aumentando o suprimento de alimentos do mundo através da biotecnologia vegetal

4.4.1. Aplicações em plantas

Por séculos, produtores realizaram melhorias em culturas agrícolas através do cultivo selecionado e da hibridação - a polinização controlada de plantas. A biotecnologia vegetal é uma extensão deste melhoramento tradicional de plantas, com uma diferença importante: a biotecnologia vegetal permite a transferência de uma maior variedade de informação genética de forma mais precisa e controlada.

Diferentemente do melhoramento tradicional, que envolve o cruzamento de centenas de genes, a biotecnologia vegetal permite a transferência de apenas um ou poucos genes desejáveis (Fig. 2). Esta ciência mais precisa permite que os melhoristas vegetais desenvolvam culturas com características benéficas específicas, sem as indesejáveis, como aquelas que reduzem a produtividade.

Muitas dessas características desejáveis em novas variedades de plantas combatem as pragas agrícolas - insetos, doenças e plantas daninhas - que podem ser devastadoras para as culturas. Outras fornecem melhoria de qualidade, como frutas e verduras mais saborosas; vantagens para o processamento, como tomates com um maior teor de sólidos; e melhorias nutricionais, como oleaginosas que produzem óleos com um menor teor de gorduras saturadas. Melhorias como estas podem ajudar a fornecer um suprimento de alimentos abundante e saudável, além de proteger o meio ambiente para as gerações futuras.

4.4.2. Proteção contra plantas daninhas

Agricultores têm combatido as plantas daninhas desde o início da agricultura. As plantas daninhas não só competem com as culturas pela água, nutrientes, luz solar e espaço, mas também são hospedeiras de pragas e doenças, entopem sistemas de irrigação e drenagem, reduzem a qualidade da cultura e colocam sementes na colheita.

Os produtores podem combater o mato através do cultivo, de herbicidas ou, normalmente, uma combinação dessas técnicas. Infelizmente, o cultivo mecânico deixa o solo exposto à erosão por vento e água, uma consequência séria de longo prazo para o meio ambiente. Por esta razão, cada vez mais fazendeiros preferem os métodos de cultivo reduzido ou plantio direto.

Culturas tolerantes a herbicidas oferecem aos produtores uma ferramenta muito importante para o combate das plantas daninhas e são compatíveis com os métodos de plantio direto, que ajudam na conservação do solo. Culturas tolerantes a herbicidas dão aos produtores a flexibilidade de aplicá-los somente quando necessário, de reduzir o seu uso e de utilizar herbicidas com características ambientais desejáveis.

Os pesquisadores da Monsanto desenvolveram culturas tolerantes a herbicidas, tais como canola, milho, algodão e soja, que toleram o herbicida Roundup®, um produto não seletivo conhecido por suas características ambientais favoráveis.

O Roundup controla efetivamente uma grande variedade de gramíneas e plantas de folha larga através da inibição da EPSP sintetase, uma enzima que participa na via metabólica da biossíntese de aminoácidos aromáticos (tirosina, fenilalanina e triptofano) essenciais ao crescimento das plantas (Fig. 3). Em outras palavras, o Roundup inibe o crescimento através da colocação de um bloqueio nas vias metabólicas das plantas. O gene inserido nestas culturas tolerantes a herbicidas - conhecidas como culturas RoundupReady® - faz com que as plantas produzam um tipo diferente de EPSP sintetase, que não

é inibida pelo herbicida, fornecendo um desvio ao redor do bloqueio. Este desvio torna possível que as culturas RoundupReady desenvolvam-se mesmo após o Roundup ser aplicado sobre elas para controlar plantas daninhas.

O Roundup é favorável do ponto de vista ambiental porque se liga fortemente às partículas do solo e se degrada rapidamente em componentes que ocorrem naturalmente, como o dióxido de carbono. Inicialmente registrado e introduzido nos Estados Unidos em 1974, o glifosato, ingrediente ativo do Roundup, tem atualmente registro em mais de 100 países ao redor do mundo. Além disso, em mais de vinte anos de uso comercial em diversos países, nenhum caso de desenvolvimento de resistência foi reportado.

Tradicionalmente, os agricultores têm aplicado herbicidas com efeito residual que permaneciam no solo antes e depois da emergência das culturas, para controle do mato. Com a possibilidade de aplicar o Roundup somente quando as plantas daninhas constituírem problema efetivo, podem reduzir o número e a quantidade de herbicidas utilizados durante a safra.

Três culturas Roundup Ready já são comerciais nos Estados Unidos: a soja, o algodão e a canola. Em seu segundo ano de utilização a soja Roundup Ready é um sucesso, com uma área plantada superior a 3 milhões de hectares.

4.5. Garantindo a segurança dos produtos

Os consumidores têm que saber se o alimento que consomem é seguro, não importando como ele é produzido ou desenvolvido. Os Estados Unidos têm uma longa história de apreciar a fonte de alimentos mais segura do mundo - graças em parte às leis do governo americano. Alimentos desenvolvidos através da biotecnologia são submetidos a regulamentos comparáveis àqueles desenvolvidos por métodos tradicionais.

As várias companhias, incluindo a Monsanto, que produzem produtos de biotecnologia, têm seus próprios processos revisionais, geralmente com o auxílio de especialistas independentes. Além disso o Departamento de Agricultura (USDA), a Administração de Alimentos e Drogas (FDA) e a Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos Estados Unidos estabeleceram normas para produtos de biotecnologia.

4.5.1. Desenvolvimento de novas variedades de plantas

4.5.1.1. Administração de Alimentos e Drogas

A FDA é a principal agência responsável por atestar a segurança de alimentos e produtos alimentares. Em meados de 1992, a FDA publicou no Registro Federal uma política em relação ao seu papel na regulamentação de novas variedades vegetais. Este documento declarava que as características de um alimento, e não o método utilizado para produzi-lo, são a base do papel da FDA em atestar a segurança de alimentos produzidos de novas variedades vegetais.

Em consistência com a sua política “produto, não processo”, a FDA julga alimentos desenvolvidos através da biotecnologia vegetal para determinar sua equivalência com alimentos produzidos pelos métodos tradicionais. “Equivalente” neste contexto quer dizer que não há alteração significativa no valor nutricional ou na composição dos alimentos.

Companhias que desejam introduzir uma cultura modificada entram com um processo de consulta junto à FDA. A agência estabeleceu padrões para auxiliar as pessoas envolvidas com o desenvolvimento de plantas a avaliar suas novas variedades. Estes padrões consistem em questões de segurança e faz recomendações indicando quando um fabricante precisa consultar a FDA em questões que vão de tóxicos vegetais naturais à composição nutricional e a possível efeito alergênico.

Na maioria das vezes, a avaliação formal da FDA de novos produtos produzidos através da biotecnologia não é necessária porque os produtos são equivalentes àqueles já no comércio.

4.5.1.2. Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

O USDA regulamenta a produção e a pesquisa agrícola - incluindo o desenvolvimento de novas variedades de plantas - principalmente através do seu Serviço de Inspeção Sanitária Animal e Vegetal (APHIS).

Para garantir que as novas variedades de plantas não sejam um perigo para a produção agrícola ou ao ambiente durante seu cultivo, o APHIS regula o desenvolvimento das pesquisas requisitando autorizações para testes de campo, transporte e entrega de qualquer planta ou semente modificada através da biotecnologia. Por exemplo, quando a Monsanto quis desenvolver algodão tolerante ao Roundup, o APHIS revisou os protocolos de pesquisa e seus resultados e permitiu o direito de cultivar o algodão modificado em parcelas de teste.

Durante o processo de revisão, o APHIS considera as dúvidas possíveis resultantes de uma nova variedade de plantas. A fecundação cruzada, ou o cruzamento não intencional de um cultivar domesticado com uma espécie aparentada, é uma dessas considerações. Se existe um grande potencial de uma nova variedade de plantas cruzar-se com uma espécie aparentada de planta daninha e transferir a nova característica para seu parente e isso possa consistir em um risco, o APHIS pode não permitir a parcela de testes e o futuro desenvolvimento desta planta.

Para evitar riscos ambientais, a maioria dos pesquisadores evita adicionar características que possam aumentar a competitividade ou outras características indesejadas de plantas daninhas aparentadas.

4.5.1.3. Agência de Proteção Ambiental

A EPA regulamenta qualquer qualidade pesticida que possa estar presente em plantas, e determina os níveis de tolerância para resíduos de pesticida em alimentos, para fornecer uma grande margem de segurança aos consumidores. Neste papel, a agência supervisiona o desenvolvimento de plantas capazes de se proteger contra insetos ou doenças. Por exemplo, a EPA registrou a proteína de proteção produzida pelas plantas de batata NewLeaf da Monsanto.

A EPA também regulamenta o uso de todos os herbicidas. Como parte dessa responsabilidade, a EPA regulamenta o uso de um herbicida em uma nova variedade de plantas tolerantes ao produto específico. Por exemplo, antes que os produtores pudessem utilizar o herbicida Roundup em soja Roundup Ready, a EPA teve que aprovar este novo uso do produto.

4.5.1.4. Supervisão de drogas para animais

Para que uma nova droga veterinária produzida através da biotecnologia seja aprovada para venda nos Estados Unidos, o fabricante deve provar sua eficácia e segurança. A eficácia significa que o produto tem a ação declarada pela empresa (por exemplo, aumentar a produção de leite). Já a segurança cobre três áreas principais: segurança alimentar humana (para aplicação em criações), segurança para os animais receptores e segurança para o ambiente. Além disso, as empresas devem provar para a FDA que elas podem consistentemente produzir a droga com potência e pureza específicas.

A FDA utiliza uma série de passos para monitorar a confiança dos dados apresentados, incluindo a revisão dos estudos antes de sua condução e recomendando alterações ou adiões. A FDA, mais tarde, revisa os dados originais para

checar a precisão e a efetividade dos resultados resumidos e dos métodos estatísticos.

Após a aprovação, a agência continua a monitorar qualquer nova informação sobre os produtos através de sua disponibilidade comercial.

4.5.1.5. O controle governamental no Brasil

No Brasil, o uso de plantas transgênicas foi regulamentado com a aprovação da Lei de Biossegurança, que é a Lei N° 8.974 de 5 de janeiro de 1995, completada pelo Decreto N° 1.752 de 20 de dezembro de 1995.

Esta lei estabelece a formação da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), ligada ao Ministério da Ciência e Tecnologia, designando-a como o órgão responsável pela regulamentação do trabalho envolvendo Organismos Geneticamente Modificados (OGMs), incluídas aí as plantas transgênicas. Além disso, toda a petição envolvendo OGMs feita a qualquer ministério ou órgão público deve ter um parecer emitido pela Comissão.

A CNTBio é formada por especialistas da área de biotecnologia, representantes de vários ministérios, de um órgão de defesa do consumidor, do setor empresarial e de um órgão de proteção da saúde do trabalhador.

Para que uma instituição possa realizar testes com as variedades transgênicas, deve requerer à CNTBio um Certificado de Qualidade em Biossegurança (CQB) que garante que a instituição pode manipular os materiais transgênicos com riscos mínimos para as pessoas e para o meio ambiente.

Além disso, toda a importação de sementes e alteração no uso de defensivos agrícolas, notadamente os herbicidas, devem ser aprovadas pelo Ministério da Agricultura.

A Monsanto já obteve a autorização para a importação de sementes e para realizar testes com a soja RoundupReady, o que deve acontecer ainda no ano de 1997.

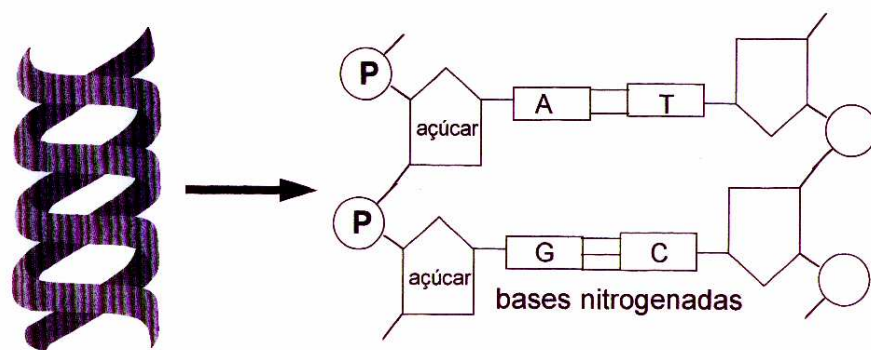


FIG. 1. Estrutura do DNA.

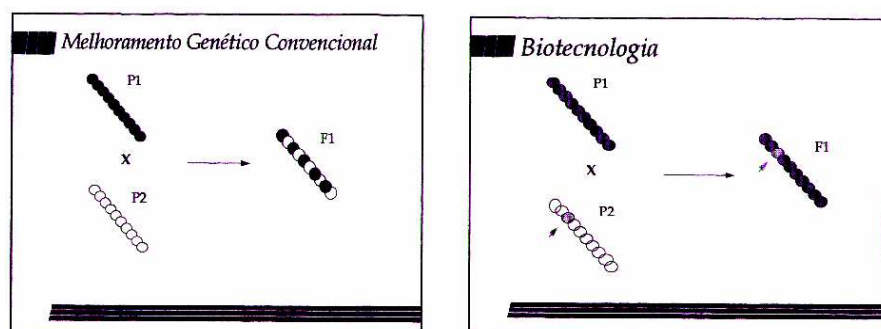


FIG. 2. Melhoramento Convencional X Biotecnologia.

Enquanto o Melhoramento Convencional mistura os genes dos pais, a Biotecnologia permite a transferência de um único gene desejado.

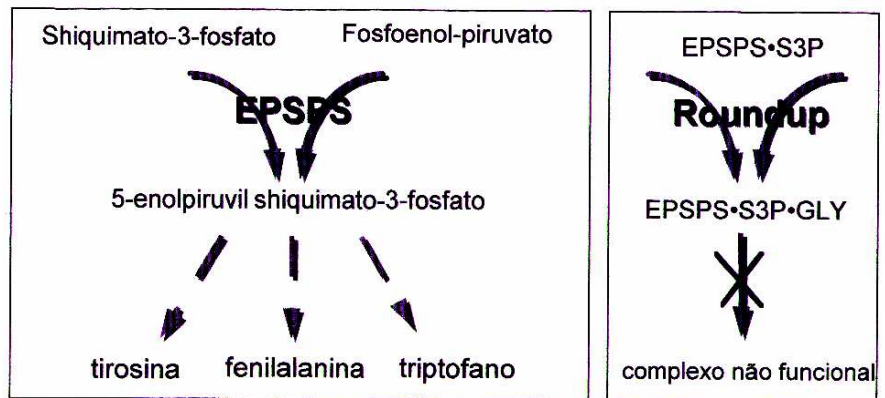


FIG. 3. Roundup - modo de ação.