

QUAIS SEGREDOS RIZÓBIOS, AGROBACTÉRIAS E FITONEMATÓIDES TÊM EM COMUM?

Por Fábio Bueno dos Reis Junior¹ e Rodrigo da Rocha Fragoso²

“Nenhuma ‘planta’ é uma ilha!” As plantas, assim como os demais seres vivos, não estão isolados em seu ambiente, mas interagem com outros seres vivos, além dos fatores abióticos (ar, água, luz, temperatura, etc). Ou seja, as plantas formam diversos tipos de interação ecológica com uma infinidade de seres vivos, como mutualismo, comensalismo, inquilinismo, parasitismo, herbivoria, etc.

Dentre esses tipos, algumas interações mutualísticas e parasitárias são muito intrigantes devido a grande sofisticação e intimidade envolvidas no processo. Nesses casos, o contato físico é intenso, já que uma espécie habita dentro da outra, e cada qual exerce grande influência sobre a outra. Neste contexto, três grupos de microrganismos, os rizóbios, as agrobactérias e os fitonematóides, são extremamente importantes para a agricultura mundial, cada qual do seu jeito, e por isso são muito estudados pelos pesquisadores do mundo inteiro há várias décadas.

Os rizóbios são bactérias de solo responsáveis pelo processo de fixação biológica de nitrogênio em raízes de leguminosas. O nitrogênio é abundante na sua forma inorgânica (N₂), constituindo 78% do ar atmosférico, porém relativamente raro em íons absorvíveis por plantas, como nitratos, nitritos e amônio. Os rizóbios, quando associados às raízes, transformam o nitrogênio inorgânico do ar em nutrientes nitrogenados para planta, isso em troca de produtos fotossintéticos da planta.

Para se ter uma idéia, no Brasil a inoculação de sementes de soja com rizóbios gera uma economia anual superior a US\$ 6 bilhões, que seriam gastos com adubação nitrogenada. Vários rizóbios (*Rhizobium* spp., *Bradyrhizobium* spp., *Sinorhizobium* spp., *Mesorhizobium* spp.) interagem simbioticamente com leguminosas e induzem a formação de nódulos radiculares. Esses nódulos são estruturas, geralmente arredondadas, resultantes da modificação de células da planta e do acúmulo dessas bactérias. Com maestria, os genes de nodulação dos rizóbios (NodA, NodB, NodC, NodD, NodL, NodX e NodN) orquestram uma reprogramação da expressão genética das células vegetais, resultando na modificação fisiológica da raiz necessária para o convívio mutualístico da planta com o rizóbio.

¹ pesquisador da Embrapa Cerrados E-mail: fabio@cpac.embrapa.br

² pesquisador da Embrapa Cerrados E-mail: rodrigo.fragoso@cpac.embrapa.br

Além dos rizóbios, outras bactérias têm ajudado muito nossa agricultura, mas de uma forma bem diferente. Quase todas pesquisas com plantas GM (geneticamente modificada) contam com a ajuda da agrobactéria (*Agrobacterium tumefaciens* e *Agrobacterium rhizogenes*) para a introdução do gene de interesse agrônômico na célula vegetal e inserção desse no genoma da planta. Mas a agrobactéria, que hoje é amplamente utilizada como ferramenta biotecnológica de engenharia genética, é por natureza um fitopatógeno que gera tumores vegetais, na doença conhecida como galha-de-coroa.

No caso da galha-de-coroa, a agrobactéria introduz seus genes para “escravizar” a célula vegetal, de forma semelhante aos vírus. O tumor na coroa (junção entre o caule e a raiz) é resultante de células vegetais cuja programação genética natural foi alterada pela introdução dos genes bacterianos. Interessante pensar que os gêneros *Agrobacterium*, *Rhizobium* e *Phyllobacterium* encontram-se dentro da mesma família *Rhizobiaceae* e alguns taxonomistas têm proposto a classificação de *Agrobacterium* como sendo *Rhizobium*.

Entretanto, essas bactérias com parentesco próximo, têm relações ecológicas opostas, sendo simbioses formador de nódulos ou parasitas formadores de tumores. O mais curioso é que *A. tumefaciens* (ou *Rhizobium radiobacter*) parece ter perdido parte do repertório genético necessário para a simbiose, mas que utiliza alguns genes remanescentes (NodL, NodX e NodN) na interação parasitária, induzindo tumores vegetais, no lugar dos nódulos. Neste caso, o parasitismo da agrobactéria teria evoluído do mutualismo de uma bactéria ancestral semelhante a rizóbio por perda de algumas funções e capacidades de modificar as células vegetais, associadas à perda de determinados genes.

Os fitonematóides endoparasitas sedentários, divididos em três gêneros *Globodera* spp., *Heterodera* spp. (ambos nematóides formadores de cisto) e *Meloidogyne* spp. (nematóides formadores de galha), são os patógenos mais danosos para várias culturas pelo mundo afora, representando perdas na agricultura mundial de US\$ 157 bilhões anualmente. Dentre os fitonematóides, *Meloidogyne incognita*, devido a sua distribuição mundial, reprodução por partenogênese e ampla gama de plantas hospedeiras, é provavelmente o patógeno de plantas cultivadas mais importante. Esses fitonematóides penetram na raiz da planta hospedeira e migram pelo cilindro vascular, via força mecânica do estilete e degradação enzimática da parede celular e lamela média. Quando atingem o parênquima vascular, eles secretam várias proteínas que induzem a modificação de células vegetais, formando o sítio de alimentação, que funciona como dreno de nutrientes para o fitopatógeno. Já era sabido que fitonematóides e rizóbios apresentavam uma sobreposição nos mecanismos de modificação das células vegetais nas interações parasitárias e simbióticas, respectivamente.

Inicialmente imaginou-se que essa sobreposição era resultante de convergência evolutiva, ou seja, ambos evoluíram interações com plantas e coincidentemente exploravam as mesmas vias de sinalização celular vegetal.

Alternativamente, alguns pesquisadores sugeriram algo bem menos provável, a transferência horizontal de genes. Segundo essa hipótese, genes de rizóbios, de alguma forma (diferente de reprodução sexuada), em algum momento (como milhões de anos atrás), foram transferidos para fitonematóides.

Recentemente, houve uma comprovação que exatamente a mesma via de transdução de sinais é ativada e que as modificações fisiológicas e celulares são similares durante a formação do sítio de alimentação, assim como na formação dos nódulos. Muito mais intrigante que a relação entre rizóbios e agrobactérias, foi a identificação de quatro genes (NodL, treonina aldolase, glutamina sintetase, proteína hipotética) do fitonematóide *M. incognita* que apresentam grande semelhança com genes de rizóbios, aumentando a especulação em torno da transferência horizontal de genes.

Como exemplo, o gene NodL é encontrado em rizóbios e agrobactérias (bactérias com história evolutiva próxima) e está presente também em alguns fitonematóides (provavelmente por transferência horizontal de genes, já que bactérias e nematóides têm distância evolutiva enorme), devendo então ter função preponderante nas diferentes interações desses três microrganismos com as plantas. Apesar de serem funcionalmente distintos, os nódulos, os tumores e os sítios de alimentação, compartilham várias características anatômicas e morfológicas. Conjuntamente consideradas, as evidências fisiológicas, celulares e moleculares sugerem que essas interações parasitárias e simbióticas são tão parecidas e, às vezes, seu limite é tão tênue, justamente porque são orquestradas por genes quase idênticos, que provavelmente compartilham a mesma origem evolutiva.

Fonte: Embrapa Cerrados

Endereço: <http://www.paginarural.com.br/artigos_detalhes.php?id=1767>