

flor

Para virar

ISABEL GARDENAL
bel@unicamp.br

A descoberta do transporte da proteína Agamous em botões florais de uma planta modelo, a *Arabidopsis thaliana*, pela bióloga Lilian Cristina Baldon Aizza, aluna de doutorado da Unicamp, forneceu a compreensão mais exata do desenvolvimento floral e mereceu destaque na capa da prestigiosa revista *The Plant Journal*, em seu volume 63, publicada em julho. A pesquisa, coordenada pelo docente do Instituto de Biologia (IB) Marcelo Carnier Dornelas, foi desenvolvida em colaboração com pesquisadores da Universidade de Wageningen, Holanda, ao longo de três anos. O artigo figura nas páginas 60 a 72 intitulado "Intercellular transport of epidermis-expressed MADS domain transcription factors and their effect on plant morphology and floral transition". *The Plant Journal* é um periódico de origem britânica de alto impacto na área de Biologia Vegetal.

O trabalho, explica Dornelas, é resultado das investigações de mestrado e doutorado de Aizza, em que acompanhou, além do desenvolvimento floral, os aspectos moleculares dos produtos dos genes que regulam esse desenvolvimento. Para compreender os mecanismos genéticos, Aizza adotou como modelo a planta *Arabidopsis*, a primeira com o genoma totalmente sequenciado e que vem sendo usada como o organismo modelo para estudo da biologia molecular vegetal nas últimas duas décadas. Para se ter ideia, avalia ele, existem hoje cerca de dez plantas com os genomas todos decifrados.

A *Arabidopsis*, descreve Dornelas, é uma planta daninha proveniente do Hemisfério Norte, com algumas espécies do gênero no Brasil. O seu interesse se amplifica, conta, justamente porque todos os seus genes são conhecidos, o mesmo ocorrendo com os mutantes. Acontece que alguns desses mutantes não formam todos os órgãos florais: uns só têm as partes estéreis, outros têm apenas os órgãos reprodutivos femininos e outros ainda unicamente os masculinos.

Mas no início da década de 1990, vindos dos EUA e da Inglaterra, dois grupos de estudiosos descobriram ao mesmo tempo quais são os genes necessários para formar cada um dos órgãos florais. Eles revelaram que bastam três grupos de genes para que ocorra a formação de todos os órgãos.

Dornelas observa que quase todas as flores de que se tem notícia são integradas por sépalas (estruturas que ficam do lado de fora da flor), por pétalas (a parte colorida das flores), por estames (conjunto de órgãos reprodutivos masculinos onde estão os grãos de pólen) e por carpelos (estruturas femininas que posteriormente formarão o fruto).

Além dessa descoberta, verificou-se que, apesar das plantas terem quatro tipos de órgãos, na verdade precisam apenas



Foto: Divulgação

Meristemas florais Arabidopsis em microscopia eletrônica

Foto: Antoninho Perri



A bióloga Lilian Cristina Baldon Aizza e o professor Marcelo Carnier Dornelas: achados importantes

de três grupos de genes para formar as estruturas, chamados genes A, B e C. A sua combinação, no local em que se expressam na flor, ou seja, onde eles estão "ligados" ou "desligados", é que comporá os órgãos florais. Quando há genes do grupo A ligados, exemplifica Dornelas, eles formarão sépalas. Quando há genes do grupo B ligados, combinados com A, serão formadas as pétalas e, quando combinado com o C, os estames. "Toda vez que os genes do grupo C são expressos, formam-se a parte masculina e a feminina."

Isso equivale a dizer, esclarece o professor, que toda vez que for desligado um desses genes será possível perder a formação de um desses órgãos. Se aumentar a expressão dos genes, ligando esse gene em outros lugares onde ele não estava expresso, será aumentada a formação dos órgãos. Por outro lado, em casos em que são desligados os genes do grupo C, não são mais formados frutos. O que esse grupo de genes faz é controlar o equilíbrio de quanto da parte masculina e quanto da feminina pode-se ter numa mesma flor. "Quem forma o fruto, como nos animais (isto é, quem tem os filhos), é a parte feminina. Logo, se ela for perdida, não haverá mais o fruto. Já se tiver apenas a parte masculina também não adianta, porque somente ela não será capaz de formar a geração seguinte."

O que se pretendeu com este trabalho foi mostrar como se faz o controle para que não haja somente a parte masculina ou mais a parte feminina. Fato é que, quanto mais estruturas femininas tiver, maiores serão os frutos. Quanto maior a parte masculina, maior será o número de grãos de pólen. O que Aizza fez foi verificar, por meio da técnica de hibridização *in situ*, onde esses genes estavam expressos, ligados na planta.

Dornelas pondera que atualmente não existe, por parte dos pesquisadores, interesse em sequenciar os genomas de todas as plantas. "O que se faz para uma, vale para outras." Tanto é que, quando Aizza tentou investigar esses mesmos genes em maracujá, que é uma planta que não tem o genoma totalmente sequenciado, ela notou que os genes estavam expressos nos mesmos lugares que em *Arabidopsis*. "Assim, será possível controlar do mesmo modo em maracujá e em qualquer outra planta."

Mediante essa técnica, a bióloga avaliou onde os genes estavam ligados e verificou que aqueles genes necessários

para constituir o fruto ficavam localizados no centro da flor. A parte que devia formar a sépala e pétala ficava na parte exterior da flor. "Parece óbvio que os genes necessários para formar a parte interna tenham que se expressar internamente. Já os genes que são necessários para formar a parte externa tenham que se expressar na parte externa da flor", constata o coordenador da pesquisa.

Mas a pergunta é: será que isso é verdade se for obtido este gene para formar a parte do fruto e expressá-lo apenas na primeira camada de células da flor inteira? O que vai acontecer? Se a expressão desse gene deve determinar o local em que estes órgãos serão formados, seria esperado encontrar carpelos (a parte central da flor) em toda a flor. "Resultaria numa flor só com carpelos, e não é isso o que acontece", garante Dornelas.

A pesquisa de Aizza demonstrou que na planta transgênica produzida pelos holandeses, e que foi tida como modelo neste estudo, realmente o gene estava expresso na periferia da flor. Ocorre que esta flor, a qual expressa este gene apenas desta maneira, produz os órgãos normais. O que está acontecendo então? A bióloga fez com que aquele gene somente se expressasse numa parte e averiguou que o produto do gene, que é a proteína Agamous, caminha dentro da flor.

Aizza comprovou que o que se pensava – que o padrão de expressão em que o gene está ligado e desligado determina a formação dos órgãos – não estava completamente correto porque, mesmo que expressasse este gene no local em que em geral ele não ocorreria, o produto do gene, a proteína Agamous, caminharia dentro do botão floral até onde ela se fizesse necessária. Agora, qual é o mecanismo que faz esta proteína caminhar? Ainda não existe uma resposta. "Mas que isso acontece, acontece mesmo, e ninguém havia revelado o 'carreamento' dessas proteínas", sinaliza Dornelas. O conhecimento sobre esse mecanismo, acredita ele, envolverá a continuidade da colaboração com a Universidade de Wageningen.

Conclusões

Além do gene Agamous, foram estudados os genes Apetala 3 (AP3), Pistillata (PI) e Sepallata 3 (SEP3). Em nenhum desses produtos, relata Aizza, foi observada a migração para outras ca-

madas celulares. Concluiu-se que apenas a proteína Agamous teve esta migração entre as camadas e mais: não interferiu no tempo de florescimento. Como o que vale para *Arabidopsis*, vale também, em princípio, para todas as plantas, se aumentada a quantidade do gene Agamous, ele vai continuar produzindo a mesma quantidade de frutos, porque a proteína produzida por este gene vai migrar no botão floral e acabar chegando na região onde se formam os frutos. Assim, o número de frutos será igual. "Desta forma, o mecanismo que se pensava para aumentar a produtividade, através da manipulação desses genes, não vai funcionar como as pessoas estavam imaginando", destaca Aizza. "É muito mais complicado".

Aizza desenvolveu o mestrado e está cursando o doutorado na Unicamp. No mestrado, estudou o desenvolvimento da coroa em flores de *Passiflora* (maracujazeiro). Coroa é uma estrutura somente encontrada em *Passiflora*, com as características – a partir do crescimento de sépalas e pétalas – as mais variadas em diferentes morfologias para atração dos polinizadores. Durante o doutorado, a pesquisadora prossegue trabalhando com a coroa, porém relacionada com a pigmentação, pois a atração de polinizadores determinaria quais deles seriam atraídos para tais flores. O artigo publicado trabalhou com os mesmos genes envolvidos no desenvolvimento floral avaliados nas duas teses. Estes trabalhos tiveram financiamento da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Artigo

Urbanus, S.L.; Martinelli, A.P.; Dihn, Q.D.; Aizza, L.C.B.; Dornelas, M.C.; Angenent, G.C.; Immink, R.G.H. Intercellular transport of epidermis-expressed MADS domain transcription factors and their effect on plant morphology and floral transition. *The Plant Journal*, 63: 60-72, 2010.

Publicação

Dissertação de mestrado "Desenvolvimento da coroa em flores do gênero *Passiflora* (*Passifloraceae*)"

Autora: Lilian Cristina Baldon Aizza

Orientador: Marcelo Carnier Dornelas

Unidade: Instituto de Biologia (IB)

Financiamento: Capes e CNPq



Reprodução

Pesquisa foi capa do periódico The Plant Journal: alto impacto



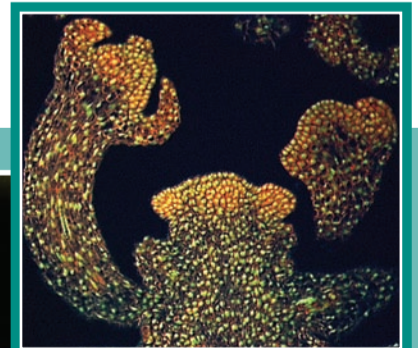
Estufa de Arabidopsis no Instituto de Biologia



Inflorescência Arabidopsis



Flor Arabidopsis normal



Meristemas florais Arabidopsis em microscopia fluorescência_RNA