



Mata Atlântica:
árvores absorvem
pelas folhas a
umidade da neblina



Pelas folhas e raízes

Equipes de Brasília e Campinas identificam estratégias de árvores para garantir o suprimento de água | REINALDO JOSÉ LOPES

Em dias de neblina intensa ou umidade do ar muito elevada, certas árvores usam um mecanismo diferente para extrair do ambiente a água de que necessitam para se manterem vivas, crescerem e se reproduzirem. Em vez de absorverem apenas pelas raízes a água disponível no solo, também retiram vapor d'água da atmosfera por meio de suas folhas. “Esse recurso pode permitir às plantas sobreviver a períodos em que a água disponível é pouca”, explica o biólogo Rafael Silva Oliveira, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Recentemente ele identificou essa capacidade de sorver água pelas folhas em árvores da Floresta Amazônica e da Mata Atlântica que florescem a mais de mil metros acima do nível do mar no litoral de São Paulo.

Até então desconhecido entre espécies da flora brasileira, esse fenômeno não é novo. Em 2004 o biólogo Todd Dawson, da Universidade da Califórnia em Berkeley, Estados Unidos, havia descrito essa estratégia de hidratação em uma das árvores mais altas do mundo: a sequóia (*Sequoia sempervirens*), que alcança até 115 metros de altura e vive mais de 2 mil anos. Embora ainda não se saiba ao certo como ocorre a absorção pelas folhas – que não são impermeáveis como se imaginava –, Dawson demonstrou que elas captam até 30% da água que as sequóias consomem ao longo do ano. Na Califórnia as florestas formadas por essas árvores possivelmente nem existiriam caso as folhas das sequóias não fossem capazes de extrair da neblina parte da água de que precisam. “Lá chove pouco, num nível parecido com o da Caatinga no Brasil”, afirma Oliveira, especialista em ecologia vegetal da Unicamp que há quase uma década trabalha em parceria com Dawson.

Folhas que funcionam como esponjas não são o único recurso que permitiram às plantas se adaptarem

ao longo de milhares de anos aos diferentes ambientes do planeta. Em estudos em paralelo desenvolvidos nos últimos anos, Oliveira e o biólogo Augusto Cesar Franco, da Universidade de Brasília (UnB), identificaram em árvores do Cerrado, da Floresta Amazônica e da Mata Atlântica outras estratégias que lhes permitem lidar com a escassez ou a abundância de água. “O Cerrado, por exemplo, é um ecossistema com grande biodiversidade. Há de 60 a 70 espécies de árvore em uns poucos hectares”, diz Franco. “Cada espécie pode ter desenvolvido estratégias diferentes para captar água.”

Nos ambientes com escassez de chuva durante alguns meses do ano a estratégia aparentemente mais interessante desenvolvida pelas árvores é a redistribuição hidráulica: as raízes extraem água das camadas mais úmidas do solo e a depositam nas mais secas. Descrito por Martyn Caldwell e James Richards no final dos anos 1980 em plantas de regiões desérticas, esse fenômeno foi observado recentemente por Oliveira e Franco em árvores de ecossistemas brasileiros.

Na estação seca algumas espécies de árvore do Cerrado e da Floresta Amazônica sorvem água das camadas mais profundas – e também mais úmidas – do solo e a depositam perto da superfície. Além das próprias árvores que fazem esse transporte de água, outras plantas com raízes mais curtas também são beneficiadas por terem acesso à umidade que não conseguiriam alcançar. “Na estação seca, os primeiros 50 centímetros de solo se tornam quase muito secos após um mês sem chuva, enquanto as áreas mais profundas permanecem relativamente mais úmidas”, afirma Franco, cujo trabalho de campo envolve principalmente o Cerrado do Distrito Federal, em áreas como a Reserva Ecológica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Franco explica que, no Cerrado, onde são comuns solos profundos e pouco pedregosos, nos quais a plan-



Cerrado: umidade acumulada em solos profundos ajuda a sobreviver à seca

ta consegue penetrar mais facilmente, as raízes de certas árvores podem descer cerca de 10 metros em busca da água que sobrou da estação chuvosa mais recente. A essa profundidade, a diferença de umidade entre a raiz e o solo é tal que o líquido naturalmente passa para a planta como uma esponja seca mergulhada em uma bacia de água. No solo raso a situação se inverte e são as raízes que perdem água para a terra.

Funcionando como uma bomba-d'água natural, esse mecanismo de distribuição de água depende de dois tipos de raiz, que desempenham tarefas complementares. A raiz principal – em geral mais espessa, com diâmetro semelhante ao do caule – pode crescer vários metros abaixo da terra na vertical em busca da água depositada nas camadas profundas do solo. Já as raízes superficiais se espalham como os braços de um polvo a poucos centímetros de profundidade.

Sol e chuva - Durante o período mais seco a raiz principal de árvores do Cerrado e da Amazônia mergulha fundo em busca da água que sobrou da chuva mais recente e a leva até as raízes superficiais, que, por sua vez, a depositam nas camadas menos profundas do solo. Com a chegada da estação chuvosa a situação se inverte: as raízes superfi-

ciais absorvem a água das chuvas e a transferem para a raiz principal, que a armazena vários metros abaixo da superfície. “As raízes das árvores são condutos passivos”, comenta Oliveira. “Elas exercem um controle no transporte de água e nutrientes que varia de acordo com as condições do ambiente.”

É relativamente fácil determinar onde a água da seiva da planta vem por meio da medição das proporções de duas formas do hidrogênio encontrado na água: o deutério, que apresenta no núcleo uma partícula de carga elétrica



Ação integrada: raiz principal coleta água e distribui para as superficiais

positiva (próton) e outra sem carga (nêutron), e o hidrogênio comum, o elemento químico mais abundante no Universo, formado por apenas um próton. Se a planta sorve preferencialmente água do solo profundo, pobre em deutério, sua seiva conterá teores mais baixos desse elemento.

Também é possível determinar se o fluxo de água se dá do solo para as raízes ou das raízes para o solo usando uma técnica que mede a dispersão do calor por meio de sensores instalados nas raízes das árvores. “Chegávamos a cavar até 50 centímetros em volta das raízes laterais ou da raiz principal para instalar um aquecedor alguns milímetros abaixo da casca”, conta Oliveira. O aquecedor é colocado entre dois sensores de calor, um deles disposto um pouco acima e o outro um pouco abaixo das raízes verticais. A maneira como o pulso de calor se propaga pela raiz (aquecendo mais o sensor de cima ou o de baixo) permite estabelecer a direção predominante do fluxo de seiva. A repetição desse procedimento a cada meia hora revela um retrato da redistribuição hidráulica ao longo do ano.

Embora a redistribuição hidráulica tenha sido elucidada há mais de uma década, a vantagem adaptativa que ela proporciona às plantas que têm esses dois sistemas de raízes permanece um

tanto nebulosa. “Ainda estamos testando hipóteses”, afirma Franco, cujo trabalho mais recente sobre o tema foi publicado em janeiro deste ano na revista *Tree Physiology*. A principal delas é que, embora o transporte de água das regiões mais profundas para a superfície faça a planta perder alguma umidade, ele ajuda a manter vivas e funcionais as raízes que estão poucos centímetros abaixo do chão.

Benefício duplo - A saúde dessas raízes é importante porque são elas que fazem a maior parte do trabalho de absorção de nutrientes, em especial num solo relativamente pobre, como o do Cerrado – quando mais fundo, há menos nutrientes disponíveis. “Mesmo na seca essas raízes teriam acesso à água e à atividade de microorganismos do solo, indispensáveis para a fixação de nutrientes”, diz o pesquisador da UnB. Uma possível desvantagem é que, ao umedecer o solo superficial, as árvores também podem favorecer espécies competidoras. “Temos evidências de que algumas plantas sem o sistema duplo de raízes usam a umidade trazida para o solo superficial pela redistribuição hidráulica. Mas ainda não se pode dizer se a sobrevivência delas depende dessa água”, diz Oliveira.

Estratégias mais eficientes de busca por água se justificam não apenas no Cerrado, caracterizado por uma estação seca que vai de maio a setembro na qual é comum não chover durante três meses. Também são necessárias na Amazônia. “Na Amazônia quase metade das florestas cresce sob um clima com estação seca bem definida”, afirma o biólogo da Unicamp.

Cinco anos atrás Oliveira analisou na Floresta Nacional do Tapajós, no Pará, região que recebe 2 mil milímetros de precipitação anual (500 milímetros a mais que o Cerrado do Distrito Federal), o transporte de água em três espécies de árvore representantes da estrutura da Floresta Amazônica: a caferana (*Coussarea racemosa*), que cresce à sombra das árvores mais altas; o breu (*Protium robustum*), que chega a 20 metros de altura e integra a parte média do dossel, onde as copas das árvores se encontram; e a maçanduba (*Manilkara huberi*), que alcança mais de 40 metros e pode ultrapassar o dossel. As três espécies realizavam redistribuição

Amazônia: vapor d'água liberado pela floresta influencia o clima regional

hídrica como as árvores do Cerrado – das zonas profundas para a superfície na estação seca e da superfície para o fundo na chuvosa –, segundo estudo publicado em 2005 na *Oecologia*.

Na Amazônia a redistribuição hídrica permite que as árvores eliminem água pelas folhas – ou transpirem, como dizem os botânicos – a uma taxa tão elevada que influencia até mesmo o clima da região. “Na estação seca, a redistribuição hídrica leva a transpiração a aumentar cerca de 30%. Isso faz com que a temperatura do ar na Amazônia seja bem mais baixa que a esperada para essa época do ano”, afirma Oliveira, que descreveu esses resultados em 2005 em um artigo dos *Proceedings of the National Academy of Sciences*.

Franco e Oliveira também estão ajudando a desfazer o mito de que as plantas não realizam trocas de gases à noite. Eles encontraram evidências de que, na estação seca, árvores do Cerrado, da Amazônia e da Mata Atlântica mantêm parcialmente abertas durante à noite os estômatos, estruturas microscópicas das folhas responsáveis pela absorção de gás carbônico do ambiente e pela liberação de oxigênio para a atmosfera. É uma observação inesperada, uma vez que os estômatos abertos deixam escapar água e o gás carbônico absorvido só é utilizado para a fotossíntese na presença de luz. “Por estarem com os estômatos abertos, podem iniciar a fotossíntese mais rapidamente quando o dia começa”, diz Franco. Como a abertura dos estômatos controla o fluxo de água na planta, outra possível explicação é que mantê-los abertos à noite favoreça a obtenção de nutrientes em regiões onde o solo é pobre. ■

► Artigos científicos

1. OLIVEIRA, R. S. *et al.* Hydraulic redistribution in three Amazonian trees. *Oecologia*. v. 145, n. 3, p. 354-363. set 2005.
2. SCHOLS, F. G. *et al.* Hydraulic redistribution of soil water by neotropical savanna trees. *Tree Physiology*. v. 22, p. 603-612. 2002.

