

Estrutura e funcionamento das raízes em sobreiro: o uso de água

O conhecimento da estrutura e funcionamento das raízes é fundamental para sustentar melhores práticas de gestão e antever algumas respostas dos sobreiros às alterações climáticas. Mobilizações de solo que danifiquem ou destruam as raízes podem desacoplar as árvores das fontes de abastecimento de água, induzindo artificialmente stress hídrico e comprometendo a sua sobrevivência.

Os sobreiros ocupam com frequência solos delgados e/ou com baixa capacidade de retenção de água, e estão sujeitos à elevada variabilidade sazonal e intra-anual da precipitação e à escassez de água no verão, características do nosso clima. Estas são condições propícias à ocorrência de défices hídricos. O impacto de períodos de seca nas árvores depende da sua intensidade, duração, frequência, das características edafoclimáticas locais, da fase fenológica em que ocorrem, e da interação com outros tipos de stress.

Para sobreviverem e crescerem em ambiente Mediterrânico, os sobreiros desenvolveram estratégias adaptativas que lhes permitem, dentro de certos limites, manter um balanço favorável entre a água perdida pelas folhas (ex: folhas pequenas e espessas, perdas de água reguladas pelos estomas, redução da área foliar em períodos críticos descartando as folhas) e a água captada pelas raízes (acesso a diferentes fontes de abastecimento através do enraizamento em profundidade e em extensão). No entanto, quando os limites de tolerância da espécie são ultrapassados pode ocorrer mortalidade. A manutenção de conforto hídrico em períodos de seca permite também que os sobreiros consigam um balanço de carbono favorável (trade-off carbono-água via estomas).

Na zona mais quente e seca do clima Mediterrânico (*Csa* – classificação de Köppen-Geiger), que em Portugal corresponde à zona sul, a aridez está a aumentar (Spinoni et al., 2015), facto que poderá estar a contribuir para a redução da produtividade, para o aumento da mortalidade arbórea, e a condicionar a sustentabilidade do ecossistema montado de sobreiro. Neste contexto é fundamental adaptar a gestão florestal a estes condicionalismos, procurando minimizar riscos, otimizar o uso dos recursos,

promover a melhoria da produtividade e a manutenção dos serviços ecossistémicos. Isto implica, entre outros aspetos, um melhor conhecimento do funcionamento hídrico dos sobreiros e da vegetação que lhes está associada nos montados, para melhor fundamentar as recomendações de gestão. Diversos trabalhos têm analisado as respostas da parte aérea dos sobreiros à seca. A resposta da componente subterrânea, raízes em interação com fatores físicos e biológicos do solo, tem sido menos estudada. Canadell et al. (1996) verificaram que o enraizamento em profundidade tende a aumentar com a aridez, sendo fundamental na adaptação das árvores em regiões áridas e semiáridas. A exploração de lençóis freáticos (reservatório mais eficiente para transferência intersazonal e interanual de água do que o solo) tem sido também documentada em diferentes estudos (O'Grady et al., 2006; David et al., 2007, 2013; Barbata et al., 2015; Yin et al., 2015).

O recurso a métodos de injeção de ar e escavação mecânica, a técnicas inovadoras de medição dos fluxos de seiva em troncos (transpiração-uso de água) e raízes de sobreiros, e a isótopos estáveis (^{18}O e deutério,

Teresa S. David, Clara A. Pinto . INIAV, I.P.



Nadezhda Nadezhina . Institute of Forest Botany, Dendrology and Geobiocenology, Mendel University, Brno, República Checa

Jorge S. David . Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa

traçadores do movimento da água), associado à monitorização de variáveis ambientais (meteorológicas, água do solo e do lençol freático) e outras variáveis fisiológicas, permitiu-nos conhecer: (1) os padrões de enraizamento – estrutura; (2) o funcionamento hídrico – estado hídrico dos sobreiros ao longo do ano e origem da água usada em cada período (solo não saturado e saturado) (David et al., 2004, 2007, 2013).

A estrutura das raízes

Os padrões de enraizamento dos sobreiros dependem de características genéticas, das condições ambientais locais (climáticas, tipo de solo, litologia), da idade e densidade das árvores, do tipo de vegetação do sobocerto e da gestão praticada nos montados (ex: mobilizações de solo). Diferentes padrões de enraizamento podem resultar em diferentes tipos de funcionamento.

Desde os primeiros estádios de germinação das bolotas é visível o rápido enraizamento em profundidade (Fig. 1) em plântulas de regeneração natural, o que facilita o acesso à água e nutrientes e permite alocar reservas. A instalação de parcelas experimentais em diferentes condições de clima, solo e hidro-

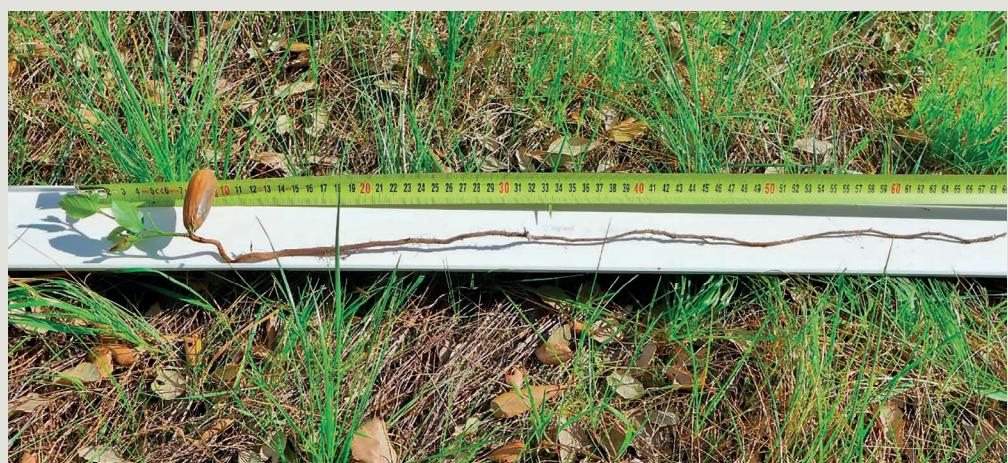


Figura 1 – Desenvolvimento vertical da raiz de uma plântula de sobreiro de regeneração natural

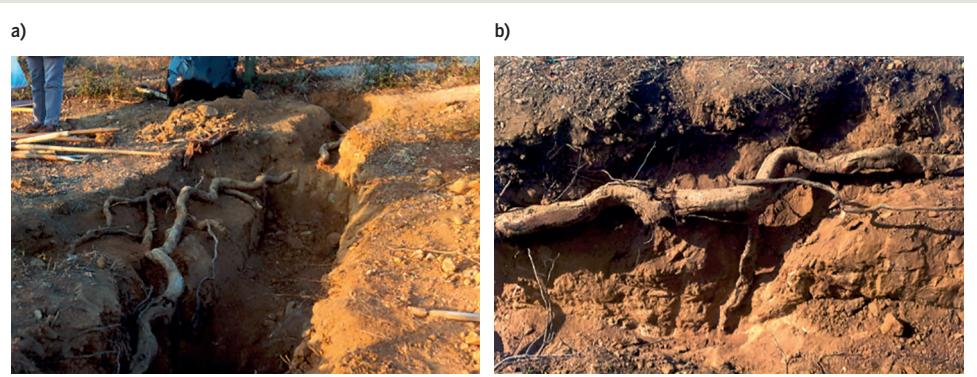


Figura 2 – a) Desenvolvimento horizontal das raízes excedendo os limites de projeção da copa; **b)** Penetração de raiz profundante por fractura de rocha

geologia, na região de Évora e na Companhia das Lezírias, permitiu observar que:

- Num leptosolo sobrejacente a gnaisse fraturado da região de Évora, o sistema radicular apresentou um forte desenvolvimento horizontal (Fig. 2a), excedendo largamente os limites de projeção das copas, com enxertos entre raízes da própria árvore, o que permite maximizar a exploração de água e nutrientes. O enraizamento em profundidade foi visível através de fraturas na rocha subjacente (Fig. 2b).

- Num cambissolo dístico sobrejacente a granito consolidado da região de Évora, o acesso das raízes a água de profundidade foi mais dificultado pelas características da rocha.
- Num solo arenoso da Companhia das Lezírias foi possível analisar o desenvolvimento do sistema radicular, em profundidade, até ao nível mínimo do lençol freático no verão. O recurso a um sistema de injeção de ar ligado a um compressor, para exposição do sistema radicular superficial, e a posterior escavação mecânica,

permitiu observar um sistema radicular dimórfico, constituído por uma rede densa de raízes superficiais (Fig. 3a), ligadas a raízes de desenvolvimento vertical (profundantes) (Fig. 3b), e uma raiz principal ramificada, em profundidade, num conjunto de raízes pouco lenhificadas, filamentosas. Estas raízes, imersas durante parte do ano (lençol freático relativamente superficial flutuando entre 1,5 e 4,5 m de profundidade no inverno e fim de verão, respetivamente), apresentam adaptações a condições de deficiência de oxigénio.

O funcionamento das raízes

A monitorização dos fluxos de seiva nos troncos permitiu verificar que quando o solo superficial seca, se as raízes conseguirem captar fontes de água subterrânea, os sobreiros podem continuar a transpirar e crescer no verão (diferentes surtos de crescimento vegetativo) (David et al., 2007, 2013; Pinto et al., 2011).

Com base na análise da estrutura e funcionamento das raízes, na Companhia das Lezírias, foi possível estimar a contribuição relativa das fontes potenciais de água (solo

The poster features a central graphic with various cereal grains (corn, rice, barley, oats, wheat) arranged in a circular pattern around a central text area. The text includes "CEREALIS DE PORTUGAL", "FEIRA DO RIBATEJO.", "FNA17", "FEIRA NACIONAL DE AGRICULTURA", "10 a 18 JUNHO", and "CNEMA SANTARÉM". Below the text is a website address: "WWW.FEIRANACIONALAGRICULTURA.PT". The background is a textured, light-colored surface with illustrations of cereal plants at the bottom.

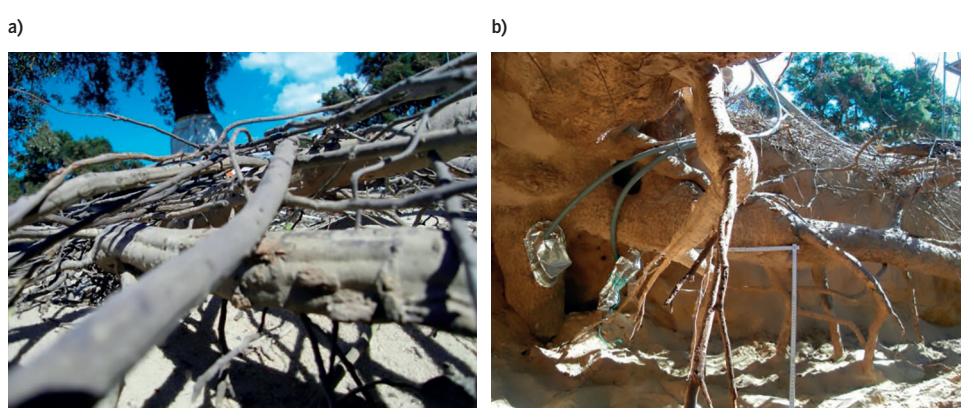


Figura 3 - a) Rede densa de raízes superficiais; b) Raízes profundantes partindo de raízes superficiais

não saturado e saturado) para a transpiração das árvores, assim como a magnitude da redistribuição hidráulica – movimento de água através das raízes entre zonas de solo com potenciais de água distintos. No fim do verão (solo seco à superfície), as raízes redistribuíram água do solo profundo, saturado (mais húmido), para o solo superficial – elevação hidráulica (*Hydraulic lift*).

Com base nas medições contínuas de fluxo de seiva nas raízes, e num modelo neelas baseado e validado pelas medições de fluxo de seiva nos troncos, foi possível simular o funcionamento das raízes ao longo do ano. Os resultados evidenciaram o uso preferencial de água do solo superficial durante a maior parte do ano (cerca de 70% em termos anuais) e de água subterrânea no verão (cerca de 80% do mês mais seco) (Fig. 4). O uso preferencial de água subterrânea no verão foi também confirmado pela análise da composição isotópica em ^{18}O e deutério da água do xilema de raminhos, água do solo e água do lençol freático. Apesar da reduzida magnitude do *Hydraulic lift* (6% da transpiração no mês mais seco), o seu impacto ecológico é relevante. Esta água, elevada para a superfície, é disponibilizada às raízes finas da própria árvore (maior longevidade das raízes), e às raízes da vegetação do sobcoberto, fa-

cilitando também a absorção de nutrientes do solo superficial e contribuindo para a manutenção das interações planta-planta (coexistência de espécies, estabelecimento de plântulas). O processo de redistribuição hidráulica constitui, pois, um importante serviço prestado pelas raízes dos sobreiros ao ecossistema.

Impacto na gestão

O conhecimento da estrutura e funcionamento das raízes é fundamental para sustentar melhores práticas de gestão e antever algumas das respostas dos sobreiros às alterações climáticas. É importante ter presente que em ambiente Mediterrânico: (1) as restrições hídricas são a principal limitação à sobrevivência e produtividade das árvores; (2) é previsível um aumento da incidência de episódios de seca extrema, potenciadores de stress hídrico e mortalidade; (3) as árvores em stress hídrico são mais vulneráveis ao ataque de pragas e doenças; (4) a competição pelos recursos disponíveis pode ser minimizada ajustando, por exemplo, a densidade das árvores e a densidade da vegetação do sobcoberto (competição); (5) as raízes dos sobreiros são fundamentais na adaptação à seca, procurando captar reservas de água subterrânea; (6) as mobilizações de solo, que

danifiquem ou destruam as raízes, podem desacoplá-las das fontes de abastecimento de água, induzindo, artificialmente, stress hídrico e comprometendo a sobrevivência das árvores.

As intervenções ao nível da gestão devem ter em consideração as condições edafoclimáticas locais, as características adaptativas dos sobreiros, as características da vegetação do sobcoberto e os cenários previsíveis das alterações climáticas. É fundamental melhorar o conhecimento dos processos fisiológicos subjacentes à resposta das árvores à seca e a outros tipos de stress que, em campo, se conjugam. ☀

Referências

- Barbeta, A.; Mejía-Chang, M.; Ogaya, R.; Voltas, J.; Dawson, T.E.; Peñuelas, J., 2015. The combined effects of a long-term experimental drought and an extreme drought on the use of plant-water sources in a Mediterranean forest. *Global Change Biol* 21: 1213–1225.
- Canadell, J.; Jackson, R.B.; Ehleringer, J.R.; Mooney, H.A.; Sala, O.E.; Schulze, E. D., 1996. Maximum rooting depth of vegetation types at the global scale. *Oecologia* 108: 583–595.
- David, T.S.; Ferreira, M.I.; Cohen, S.; Pereira, J.S.; David, J.S., 2004. Constraints on transpiration from an evergreen oak tree in southern Portugal. *Agric For Meteorol* 122: 193–205.
- David, T.S.; Henriques, M.O.; Kurz-Besson, C.; Nunes, J.; Valente, F.; Vaz, M.; Pereira, J.S.; Siegwolf, R.; Chaves, M.M.; Gazarini, L.C.; David, J.S., 2007. Water-use strategies in two co-occurring Mediterranean evergreen oaks: surviving the summer drought. *Tree Physiol* 27: 793–803.
- David, T.S.; Pinto, C.A.; Nadezhina, N.; Kurz-Besson, C.; Henriques, M.O.; Quilhó, T.; Cermak, J.; Chaves, M.M.; Pereira, J.S.; David, J.S., 2013. Root functioning, tree water use and hydraulic redistribution in *Quercus* suber trees: A modeling approach based on root sap flow. *Forest Eco Manag* 307: 136–146.
- Miller, G.R.; Chen, X.; Rubin, Y.; Ma, S.; Baldocchi, D.D., 2010. Groundwater uptake by woody vegetation in a semiarid oak savanna. *Water Resour Res* 46, W10503 (14 pp).
- O'Grady, A.P.; Cook, P.G.; Howe, P.; Werren, G., 2006. Groundwater use by dominant tree species in tropical remnant vegetation communities. *Aust J Bot* 54(2): 155–171.
- Pinto, C.A.; Henriques, M.O.; Figueiredo, J.P.; David, J.S.; Abreu, F.G.; Pereira, J.S.; Correia, I.; David, T.S., 2011. Phenology and growth dynamics in Mediterranean evergreen oaks: Effects of environmental conditions and water relations. *Forest Eco Manag* 262 (3): 500–508.
- Yin, L.; Zhou, Y.; Huang, J.; Wenninger, J.; Zhang, E.; Hou, G.; Dong, J., 2015. Interaction between groundwater and trees in an arid site: Potential impacts of climate variation and groundwater abstraction on trees. *J Hydrol* 528: 435–448.

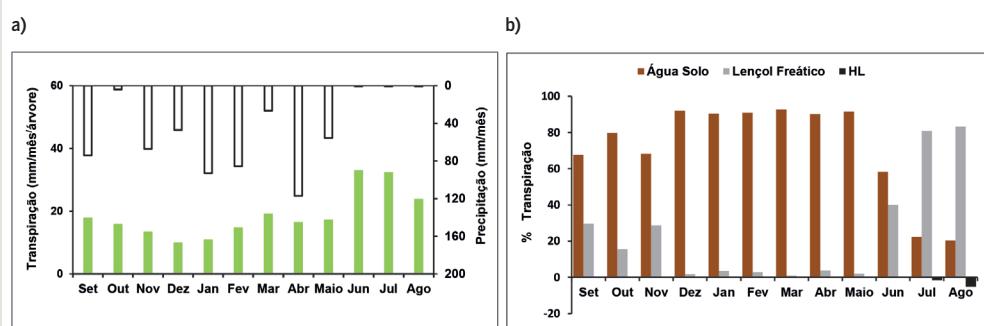


Figura 4 - a) Variação mensal da transpiração e da precipitação durante um ano em que o défice hídrico estival se prolongou até novembro (primeiros 3 meses dos gráficos); b) Contribuição relativa (%) da água do solo e da água do lençol freático para a transpiração mensal (forte dependência da água subterrânea nos meses mais secos), e contribuição do *Hydraulic lift* (HL) (adaptado de David et al., 2013)