

O sistema radicular das árvores

por Martin Dobson, Arboricultural Advisory and Information Service

Resumo

O desenvolvimento e a estrutura dos sistemas radiculares das árvores são descritos. Eles são largamente espalhados, estendendo-se radialmente em qualquer direção para distâncias muitas vezes superiores à altura da árvore. Raízes crescem predominantemente perto da superfície do solo - mais de 90% de todas as raízes, e praticamente todas as grandes raízes de sustentação estruturais, estão nos 60cm superiores do solo. A perturbação do solo dentro da área de enraizamento deve ser evitada, pois isso pode afetar significativamente a estabilidade das árvores e a absorção de umidade.

Introdução

1. Esta nota fornece uma visão geral do desenvolvimento e estrutura das raízes das árvores. Revisões úteis também podem ser encontradas em Perry (1982, 1989), Helliwell e Fordham (1992), Sutton (1969, 1991) e Dobson e Moffat (1993).

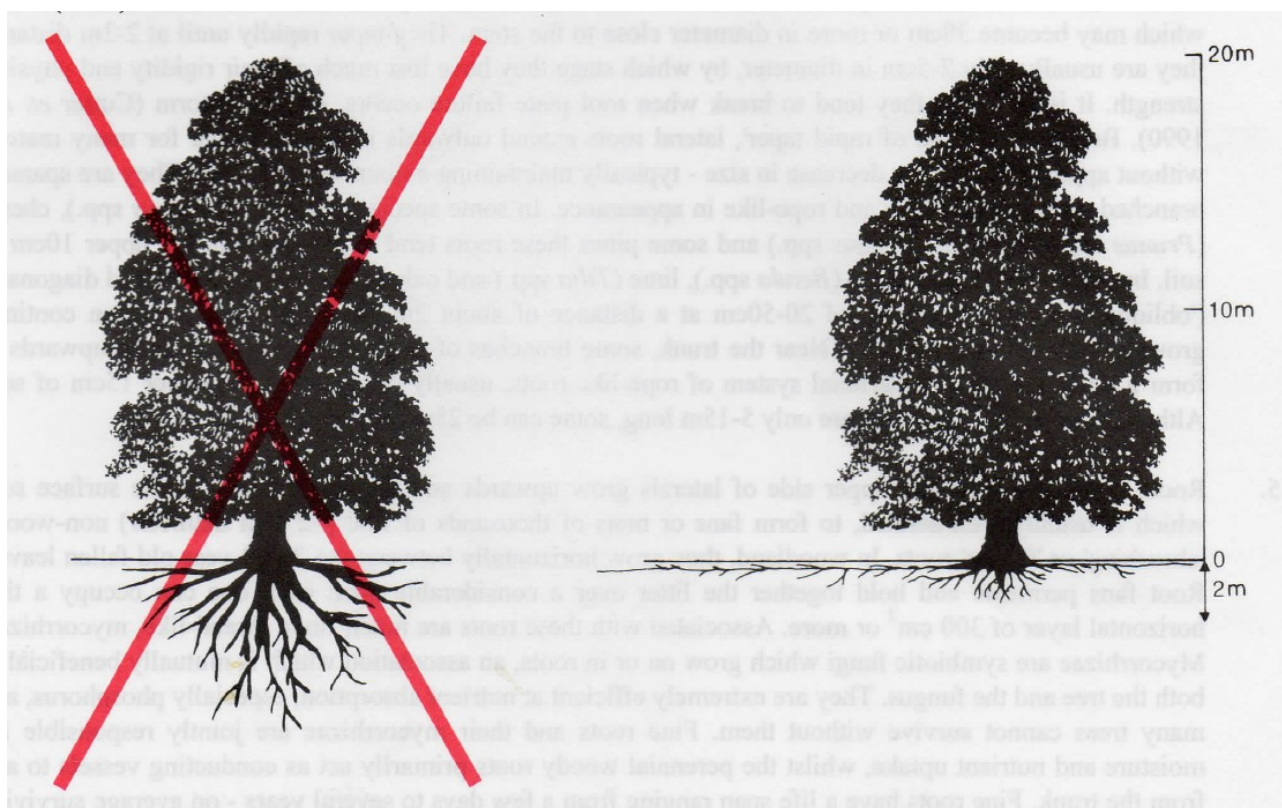


Figura 1 (esq.) - Esta é a ideia comum do que é um sistema de raiz de uma árvore. Na verdade, é completamente errado.

Figura 2 (dir.) - O sistema radicular de uma árvore é tipicamente bastante raso (freqüentemente não mais profundo do que 2 m), mas é de grande extensão, com a maioria das raízes encontradas nos 60cm superiores do solo.

2. As raízes das árvores absorvem água e nutrientes do solo, servem como estoque de carboidratos e formam um sistema estrutural que suporta o tronco e a copa. A natureza deste sistema é frequentemente mal compreendida, provavelmente porque ocorre debaixo da terra. Um equívoco comum é que o sistema radicular é um 'reflexo' do tronco e dos galhos (figura 1). Na verdade, **o sistema de raízes das árvores é surpreendentemente raso, dominado por longas, relativamente pequenas e laterais raízes, espalhadas e rentes à superfície do solo**, em vez de uma raiz principal profundamente penetrante. É incomum que as árvores tenham raízes mais profundas do que 2m, embora excepcionalmente algumas raízes, com poucos milímetros de diâmetro, possam se estender até 5m ou mais, solo adentro. A maioria das raízes fica perto da superfície, 90% ou mais delas estão localizadas nos 60cm superiores. Embora a profundidade típica das raízes das árvores tenha sido exagerada, a disseminação das raízes muitas vezes foi subestimada - elas geralmente se estendem para fora muito além da expansão da copa (linha de gotejamento).

Desenvolvimento do sistema radicular

3. Inicialmente, uma semente em germinação tem uma única raiz, a radícula, ou raiz principal, que cresce verticalmente para baixo, desde que as condições do solo sejam adequadas. O alongamento é mais rápido durante 2 ou 3 anos, mas diminui a partir do terceiro ano e para maiores profundidades de solo. As raízes laterais (radiais) crescem horizontalmente e formam um estágio inicial de apoio e logo se tornam amplamente responsáveis pelo suporte estrutural. O desenvolvimento da raiz principal declina, resultando em uma pequena proporção de árvores com uma boa raiz mestra na maturidade. Na verdade, é difícil distinguir uma raiz principal em muitas árvores naturais, pois ocorre frequentemente lesão na ponta da raiz mestra, por exemplo, pela passagem da fauna do solo, podridão radicular, falha na penetração em camadas de solo compactas e duras ou nos viveiros, pelo corte/transplante. Espécies frequentemente consideradas pivotantes, como o carvalho (*Quercus spp.*), o pinheiro (*Pinus spp.*), o cedro (*Abies spp.*), parecem ter uma tendência inerente mais forte de reter uma raiz principal distinta, do que o álamo (*Populus spp.*), salgueiro (*Salix spp.*) e abeto (*Picea spp.*), mas frequentemente a raiz principal não persiste mesmo naquelas espécies. As raízes principais intactas são geralmente maiores logo abaixo do tronco e afinam até atingirem uma profundidade de 0,5 a 1 m, onde muitas vezes elas se dividem em várias raízes menores, mas ainda assim descendentes.

4. As raízes laterais perto da superfície do solo engrossam em anos sucessivos, tornam-se grandes raízes lenhosas e formam o apoio estrutural da árvore adulta - geralmente existem entre quatro e onze raízes que podem engrossar 30cm ou mais, próximas do caule. Elas afinam rapidamente até a distância de 2-3m, quando ficam com 2-5cm de diâmetro, um ponto em que perderam muito de sua rigidez e força física. É aqui que elas tendem a se romper quando ocorre falha na placa radicular, como em tempestades (Cutler et al., 1990). Para além dessa "zona de afunilamento rápido", as raízes laterais estendem-se amplamente por muitos metros, sem uma redução adicional significativa na bitola - tipicamente mantendo um diâmetro de 1-2cm. Elas são esparsamente ramificadas, perenes, de aparência lenhosa e semelhante a cordas. Em algumas espécies, como o freixo (*Fraxinus spp.*), cerejeira (*Prunus spp.*), espinheira branca ou biancospino (*Crataegus spp.*) e alguns pinheiros, estas raízes tendem a crescer para formar um sistema superficial de raízes, geralmente restrito aos 15cm superiores do solo. Embora a maioria das raízes parecidas com cordas tenham apenas 5-15m de comprimento, algumas podem ter mais de 25m.

5. No lado superior das raízes laterais, crescem para cima raízes ramificadas, que se dividem profusamente na superfície do solo, que geralmente é bem arejado, e formam leques ou esteiras de milhares de fibras finas (<2 mm de diâmetro) não-lenhosas, as raízes "absorventes" ou "alimentadoras". Na floresta, elas crescem horizontalmente entre as folhas caídas de 2 a 3 anos. Estas raízes em leque penetram e mantêm a cobertura sobre uma área considerável; cada uma pode ocupar uma fina camada horizontal de 300 cm² ou mais. Associadas a estas raízes estão as micorrizas, muito mais finas e parecidas com fios. As micorrizas são fungos simbióticos que crescem sobre ou nas raízes, numa associação que é mutuamente benéfica tanto para a árvore como para o fungo. São extremamente eficientes na absorção de nutrientes, especialmente fósforo, e muitas árvores não conseguem sobreviver sem elas. Raízes finas e suas micorrizas são conjuntamente responsáveis pela absorção de umidade e nutrientes, enquanto as raízes lenhosas perenes atuam principalmente como vasos condutores de/para o tronco. As raízes finas têm um tempo de vida variando de alguns dias a vários anos - em média sobrevivendo por 1-2 anos.

6. Raízes ramificadas a partir do lado inferior das laterais são conhecidas como 'raízes descendentes' e geralmente ocorrem a alguns metros do caule. Elas tem 1-2cm de diâmetro, crescem para baixo, e em contraste com a raiz principal ou as laterais oblíquas, dividem suas extremidades em raízes finas e não lenhosas.

Distribuição das raízes

7. A variabilidade das condições do solo e a presença de obstáculos e barreiras ao crescimento das raízes resultam em uma variável e imprevisível distribuição, dentro da visão geral já apresentada. Isso ocorre porque **o crescimento das raízes é oportunista, ocorrendo somente onde o ambiente do solo pode sustentá-lo**. As raízes proliferam onde quer que encontrem condições favoráveis, razão pela qual a maior concentração de raízes é encontrada perto da superfície, onde o solo é mais solto e água, oxigênio e nutrientes estão mais prontamente disponíveis. Quanto maior a profundidade do solo, maior é a densidade e menor a aeração, conseqüentemente, o número e o tamanho das raízes diminui drasticamente com a profundidade (ver parágrafos 11-13). Portanto, abaixo de 1m é raro encontrar muitas raízes, maiores que alguns mm de diâmetro.

Profundidade da raiz

8. As raízes mais profundas são geralmente encontradas diretamente abaixo ou próximas do tronco, como a principal e as raízes oblíquas laterais ou as raízes descendentes. A profundidade máxima das raízes varia muito, de apenas 10 a 20 cm em solos encharcados para, excepcionalmente, dezenas de metros em solos bem arejados ou rochas fissuradas. No entanto, não existe uma espécie de árvore intrinsecamente "profundamente enraizada" ou "pouco enraizada" (Sutton, 1969). Todas as árvores podem desenvolver um sistema radicular profundo (2-3m de profundidade) se as condições do solo permitirem. As diferenças aparentes na capacidade de enraizamento dependem da capacidade geneticamente determinada das raízes para tolerar condições difíceis do solo, como a má aeração e compactação. É essa propensão que faz com que os sistemas radiculares de algumas árvores sejam mais profundos do que outros sob as mesmas condições.

9. Enquanto as características genéticas de uma árvore desempenham algum papel no padrão de enraizamento, as condições do solo são de importância primordial. Assim, a penetração descendente das raízes das árvores pode ser interrompida pela excessiva pedregosidade, estratos de óxido de ferro (*iron pans*), camadas compactas do solo (especialmente argilas compactas), leito rochoso, aeração deficiente e lençóis

freáticos altos ou encravados. Mesmo as raízes principais são incapazes de continuar crescendo quando atingem tais condições - elas seguem horizontalmente ou morrem. Onde as raízes profundas morrem, várias raízes substitutas podem se desenvolver logo atrás do tecido morto e estas, por sua vez, também tornam-se horizontais ou morrem. Obstruções no solo em profundidades rasas são comuns no Reino Unido e, portanto, não é de surpreender que um levantamento das placas de raízes de árvores derrubadas pelo vento no sul da Inglaterra após as tempestades de 1987 e 1990 revelou que 44% das placas de raízes eram mais rasas do que 1m, 95% foram mais rasas que 2m e a placa de raiz mais profunda foi de apenas 3m (Cutler et al., 1990). Este padrão está de acordo com a grande quantidade de dados disponíveis a partir de escavações de sistemas de raízes que indicam que **a profundidade média das raízes está tipicamente na faixa de 1 a 2m.**

Propagação da raiz

10. A propagação da raiz não está confinada à área delimitada por uma projeção descendente das pontas dos galhos, como muitas vezes foi suposto. A escavação revelou que as raízes podem crescer a uma distância considerável além da área da copa; tipicamente estendendo-se para fora por uma distância equivalente a pelo menos a altura da árvore, e alguns casos (particularmente em solos inférteis ou compactos) até 3 vezes a altura das árvores. Raízes distantes do tronco são geralmente muito próximas à superfície do solo (Figura 2). Obstáculos no solo, como pedras, calçadas ou as fundações prediais fornecem uma barreira física à extensão da raiz (ver Marshall et al., em preparação). As raízes que se deparam com tais obstáculos tipicamente desviam deles e, uma vez livres da obstrução, retomam sua direção original de crescimento.

Fatores que afetam a distribuição das raízes

Densidade do solo

11. O crescimento da raiz diminui acentuadamente com o aumento da densidade do solo; o crescimento ótimo é alcançado em aproximadamente $1,2 \text{ g cm}^{-3}$ de densidade ou menos. Em solos argilosos pesados, o crescimento efetivamente cessa a uma densidade $1,6 \text{ g cm}^{-3}$ e em solos arenosos mais claros a cerca de $1,7 \text{ g cm}^{-3}$. A compactação pode ser uma ocorrência natural em alguns locais, por exemplo, causada por glaciação ou pode ser induzida, como na passagem repetida de veículos sobre a superfície do solo. Nos solos compactados, muitas vezes é difícil estabelecer árvores porque as raízes não penetram de forma eficaz. As árvores que crescem nesses solos desenvolvem um sistema radicular muito raso, com um grande número de raízes laterais na parte relativamente menos densa do solo (Dobson e Moffat, 1993). Raízes que atingem um subsolo compacto tendem a se deformar ou se ramificar profusamente e continuar lateralmente, acima do plano de compactação. Se estas raízes encontrarem um caminho através da camada compacta, como uma fissura ou um canal radicular deteriorado, elas podem retomar o crescimento para baixo. Se o solo abaixo da obstrução for favorável, então as raízes podem proliferar novamente, produzindo um sistema radicular de dois níveis. Árvores estabelecidas, que experimentam repentina compactação do solo (por exemplo, pelo movimento de máquinas em canteiros de obras) freqüentemente sofrem a morte da raiz, e a copa morre devido à incapacidade da árvore para se adaptar rapidamente a esta mudança das condições do solo.

Aeração do solo

12. Para que as raízes sobrevivam, o oxigênio deve estar disponível no solo, no entorno delas. O fornecimento de oxigênio às raízes é determinado pela estrutura e textura do solo; em solos com textura grossa ou solta, as folgas de ar entre as partículas de terra são relativamente grandes e assim o oxigênio atmosférico se difunde rapidamente no solo, e o produto residual da respiração, o dióxido de carbono, pode se dissipar. Este processo é inibido em solos de textura fina (argilosa), encharcado e compactado porque os poros são pequenos e também podem ser preenchidos com água - a difusão gasosa é 10.000 vezes mais rápida no ar do que na água.

13. A aeração deficiente do solo, especialmente a produzida pelo encharcamento prolongado, inibe o crescimento de novas raízes e pode resultar na morte e deterioração de uma grande porção do sistema radicular existente. As árvores que estão em tais condições tendem a ser caracterizadas por sistemas radiculares muito rasos, semelhantes a placas, onde as raízes estão confinadas ao solo superior, mais aeróbico. As raízes das árvores dormentes toleram períodos de aeração deficiente melhor do que as de árvores que crescem ativamente, porque sua taxa de respiração é reduzida e elas precisam de menos oxigênio.

Fertilidade

14. O solo fértil estimula o crescimento dos brotos relativos às raízes e aumenta a ramificação delas. Raízes de árvores estabelecidas proliferam em áreas de solo úmido que são ricas em nutrientes, especialmente nitrogênio e fósforo. Em geral, os solos com baixa fertilidade produzem sistemas radiculares longos, finos, mal ramificados e superficiais, enquanto locais com maior fertilidade produzem raízes bem ramificadas e profundas (desde que o solo esteja suficientemente solto e o oxigênio disponível).

As raízes das árvores e o lençol freático

15. É um equívoco comum que as árvores são fortemente dependentes do lençol freático para ter umidade durante os secos meses de verão. Na maior parte do Reino Unido, o lençol freático está situado no fundo do solo, muito além do alcance das raízes das árvores, e nada contribui para atender a demanda de água das árvores. Árvores e outras vegetações em geral são totalmente dependentes de chuvas recentes e da água armazenada no solo (Helliwell e Fordham, 1992). Moffat (1995) demonstrou que a demanda de água de árvores na maior parte do Reino Unido e para a maioria dos tipos de solo, mesmo durante o verão seco, estão disponíveis em uma profundidade de solo de cerca de 1,5 m. Nos raros casos em que as raízes estão ao alcance do lençol freático, elas muitas vezes proliferam logo acima, na "franja capilar" mas elas são incapazes de crescer nos poros saturados do lençol freático devido à má aeração. Helliwell (1993) fornece mais informações sobre lençóis freáticos e árvores.

Implicações práticas

16. **As raízes das árvores podem se estender radialmente a uma distância equivalente a pelo menos a altura da árvore e estão localizadas principalmente nos 60cm superiores do solo.** As principais raízes estruturais são geralmente encontradas nos 30cm superiores e afunilam substancialmente dentro de cerca de 3m do tronco. A grande maioria das raízes finas e absorventes está ainda mais próxima da superfície do solo. Assim, **qualquer perturbação do solo dentro da zona de enraizamento irá danificar as raízes das árvores e deve ser evitada.** Dentro da área de enraizamento, devem ser especialmente evitados:

- remoção do solo e nivelamento do terreno

- abertura de valas, mesmo uma vala rasa (<150 mm) (ver NJUG, 1995)
- compactação do solo por movimento de veículos ou armazenamento de materiais
- depósito de materiais tóxicos ou impermeáveis

Quanto mais perto do tronco essas operações ocorrerem, maiores serão os danos e a perda de raízes. Isso reduzirá cada vez mais a capacidade da árvore de absorver água suficiente para sustentar a folhagem – pode resultar na morte da copa. **Se as raízes maiores que 20cm forem cortadas entre 2 a 3m do tronco, a estabilidade pode ser afetada e a árvore fica em perigo.**

17. Há considerável desinformação sobre o dano que pode ser causado pelas raízes das árvores. É verdade que sob algumas circunstâncias elas podem causar danos às estruturas construídas. Mas, danos diretos são raros e geralmente ocorrem somente quando as árvores estão situadas a menos de 1 ou 2m de distância de estruturas leves, como paredes de garagem, lajes de pavimentação e calçadas (BS 5837: 1991). A pressão direta exercida pelas raízes da árvore pode ser medida e é surpreendentemente pequena (MacLeod e Cram, em preparação). Danos indiretos a estruturas podem ocorrer onde as raízes das árvores contribuem para a secagem de solos encolhíveis de argila e onde as fundações são incapazes de acomodar movimentos (ver Biddle, 1992 para informações mais detalhadas). Existem diretrizes para determinar a profundidade apropriada de fundações para novas casas em solos argilosos (NHBC, 1992).

Referências e leitura adicional

Biddle, P.G. (1992). Tree roots and foundations. *Arboriculture Research Note 108/92/EXT*. Arboricultural Advisory and Information Service, Farnham.

BS 5837. (1991). *Guide for trees in relation to construction*. British Standards Institution, London.

Cutler, D.F., Gasson, P.E. and Farmer, M.C. (1990). The wind blown tree survey: analysis of results. *Arboricultural Journal* **14**, 265-286.

Dobson, M.C. and Moffat, A.J. (1993). *The potential for woodland establishment on landfill sites*. HMSO, London.

Helliwell, D.R. (1993). Water tables and trees. *Arboriculture Research Note 110/93/EXT*. Arboricultural Advisory and Information Service, Farnham.

Helliwell, D.R. and Fordham, S.J. (1992). *Tree roots and tree growth*. Reading Agricultural Consultants, Didcot, England.

Marshall, D.J. *et. al.* (in preparation). Tree root barriers. *Arboriculture Research and Information Note*. Arboricultural Advisory and Information Service, Farnham.

MacLeod, R.D. and Cram, W.J. (in preparation). Forces exerted by tree roots. *Arboriculture Research and Information Note*. Arboricultural Advisory and Information Service, Farnham.

Artigo traduzido livremente por Eusébio Pizutti, em agosto de 2018.

Texto original disponível em: Arboriculture - Martin Dobson - *Tree root systems* - <https://www.trees.org.uk/Trees.org.uk/files/61/6181f2b7-e35d-4075-832f-5e230d16aa9e.pdf>