



## TEMPERATURA DO SOLO, FACTOR A TER EM CONTA

Em Maio, foi publicado na revista científica *Frontiers of Plant Science* o artigo “O papel da temperatura do solo em vinhas mediterrânicas num contexto de alterações climáticas”\*, de um grupo de investigadores portugueses. Falámos sobre o tema com dois dos autores: Joaquim Miguel Costa e Manuel Madeira, professores do Instituto Superior de Agronomia (ISA/Universidade de Lisboa) e investigadores do Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food (LEAF), do Centro de Estudos Florestais (CEF) e do Laboratório Associado TERRA.

Carlos Afonso

**O que está a acontecer com a temperatura do solo, quais são as causas e que impactos isso pode ter nas culturas? E esta situação tende a intensificar-se?**

É ainda limitada a informação sobre o acréscimo da temperatura do solo a nível regional, mas tem-se vindo a constatar e prever um aumento para algumas regiões do globo, como América do Norte, Europa e China. Tal tendência está associada ao incremento da temperatura do ar e maior secura motivados pelas alterações climáticas, que deverão ser particularmente acentuados no Sul da Europa (região mediterrânica), devido a condições naturais de maiores temperaturas do ar e maiores níveis de secura. A região mediterrânica tem clima sazonal, no qual a evapotranspiração (ET) é mais limitada pelo baixo teor de água do solo do que pela radiação solar. Além

disso, o baixo teor do solo em água amplificará os extremos de calor na região, com grande impacto potencial no crescimento, produção e mesmo qualidade das culturas. Eventos extremos como as ondas de calor do ar, deverão ter efeitos directos na temperatura do solo, nomeadamente na camada superficial. As ondas de calor co-ocorrem com condições de forte deficiência hídrica, pelo que serão de esperar eventos extremos da temperatura do solo. Aliás, estudos realizados entre nós apontam para temperaturas próximas de 60 °C na superfície do solo (zona exposta ao sol). Tais eventos caracterizam-se por se desviarem das normais climatológicas para um dado período de referência (anomalias). O acréscimo da temperatura do solo deverá ter potencial impacto nas culturas lenhosas e feitas em linha – como, por exemplo, a vinha

– e com grande porção do solo exposto à radiação solar. A temperatura do solo influencia a fisiologia, o crescimento e produtividade da videira, pois afecta processos biofísicos e biológicos na superfície do solo – fenologia, crescimento e respiração, por exemplo. A temperatura nas camadas superficiais do solo afecta o crescimento e a actividade radicular e a absorção de água e de nutrientes, a actividade e a diversidade biológica e a dinâmica da matéria orgânica. Por estas razões, a temperatura do solo deverá ser um factor a analisar com mais detalhe, especialmente em culturas permanentes e expostas a condições cada vez mais extremas de radiação solar, seca e temperatura, no curto e médio prazo.

**A vinha e outras culturas permanentes são as mais afectadas pelos problemas decorrentes do aumento da temperatura do solo?**

As culturas permanentes ou lenhosas – como vinha, olival, amendoal, entre outras – na região mediterrânica são espécies resistentes, mas ainda assim podem ser vulneráveis à combinação de longos períodos quentes e secos e com elevada radiação solar. Essas vulnerabilidades observam-se, por exemplo, na vinha. Temperaturas mais elevadas do ar e do solo promovem o abrolhamento precoce e aceleram a floração e a maturação, antecipando datas da vindima, o que é negativo para a composição dos bagos – por exemplo, elevada concentração de açúcares, menor acidez e aromas – e resultar em vinhos desequilibrados. Também os fenómenos de senescência acelerada, queima e queda de folhas precoce são problemas que afectam a produção e mesmo a perenidade das plantas. As condições de seca acentuam os efeitos negativos do *stress* térmico, pois solos secos impedem o arrefecimento por evapotranspiração, resultando em temperaturas supra-óptimas para a planta, o que afecta negativamente a fotossíntese, a produtividade e as reservas de hidratos de carbono. Tal poderá condicionar a sustentabilidade do sector em muitas regiões mediterrânicas. Por isso, os cenários climáticos são desfavoráveis a uma expansão do cultivo de vinha em certas regiões e podem obrigar mesmo a uma relocalização de vinhedos – por exemplo, para maior altitude e mesmo latitudes –, se tal for viável em termos económicos e sociais. Ao carácter agreste do clima somam-se as tendências de aumento da temperatura – nomeadamente das máximas e no Verão –, a que se associam as ondas de calor. Também é expectável maior frequência de dias com temperaturas máximas extremas, tanto no ar como no solo. Em paralelo, emerge a tendência para uma diminuição da precipitação anual: por exemplo, segundo o IPMA, o ano hidrológico 2021/2022 – de 1 de Outubro de 2021 a 30 de Setembro de 2022 – terminou com um défice de precipitação de -393.8 mm, sendo o terceiro mais seco desde 1931, depois de 2004/2005 e 1944/1945. Tal situação suporta as tendências de progressiva escassez de água e de eventos climáticos mais extremos que colocam riscos ao sector, exigindo o desenvolvimento de estratégias de adaptação e de mitigação no curto prazo, que sejam práticas, eficientes e de custo baixo, preferencialmente.

**Portugal é particularmente vulnerável a esta situação? E há regiões com mais impacto/risco?**

Portugal está numa região de transição climática, muito vulnerável e exposto às alterações climáticas. Os cenários elaborados por grupos nacionais e internacionais antecipam acréscimo de temperatura e de escassez de água, maior frequência e intensidade de eventos extremos (ondas de calor, seca extrema) e também maior variabilidade interanual. Esta variabilidade é também um risco em si mesmo, pois limita a tomada de decisão e a previsibilidade – por exemplo, a gestão da água disponível para rega. As regiões mais vulneráveis de Portugal são aquelas que têm naturalmente níveis de precipitação mais baixa e temperaturas mais elevadas, como o sul do País (Alentejo) e zonas do interior norte e centro (Douro, Beira Interior). São também as regiões mais susceptíveis ao processo de desertificação e as que exigem estratégias de adaptação e de mitigação das alterações climáticas para a agricultura.

**Há ou começa a haver, em Portugal, mais consciência e acção, por parte da produção, para a vertente da temperatura do solo? E que ferramentas, recursos e práticas podem ser usadas na produção para ter mais informação sobre a situação da temperatura do solo e poder actuar de forma adequada?**

Existe uma crescente percepção do sector quanto às questões do solo. O solo, tal como a água, é um recurso escasso, que necessita de ser bem gerido e conservado. Os solos portugueses são, em geral, pobres e pouco férteis e sujeitos a fenómenos de erosão devido às condições climáticas e a uma má gestão. Apesar de haver mais informação e tecnologia disponível, há ainda boas práticas que não são implementadas e erros a evitar, nomeadamente aquando da instalação de novas vinhas ou pomares. A deficiente caracterização do solo e da variabilidade espacial dos perfis e da fertilidade, conjuntamente com épocas tardias de plantação ou material de plantação de baixa qualidade, podem comprometer a saúde, o crescimento e a produção e gerar elevada heterogeneidades nas parcelas. A sensorização tem vindo a aumentar em sectores como a viticultura, a olivicultura e a fruticultura e a oferta de ferramentas é mais vasta, não só para monitorizar características do solo (por exemplo, electrocondutividade) e da planta. Talvez faltem mais evidências para se otimizar a sensorização térmica em vinhas e pomares através de sensores fixos e pontuais



› Redes de sombreamento para proteger cachos dos pássaros e do escaldão (ISA)



› *Mulches* orgânicos testados no ISA. Abertura de perfil para caracterização do perfil do solo e sua profundidade e existência de impermeabilizações

ou através de sistemas móveis e de imagens. De facto, sistemas de imagem térmica podem funcionar como indicadores de *stress* hídrico das plantas ou como indicadores de falhas (fugas, entupimentos) nos sistemas de rega. Além disso, é de se considerar também utilizar estes dados térmicos (solo, ar e planta) para alimentar sistemas de suporte à decisão e para uma gestão mais eficiente das culturas lenhosas e prevenção e mitigação dos efeitos e riscos climáticos. No entanto, é preciso ainda incrementar a compreensão das características do solo (físicas, químicas e biológicas) e compreender melhor as correlações entre a temperatura e humidade do solo e os seus efeitos no solo e nas culturas. Os técnicos das empresas, dos serviços de apoio e das associações de produtores têm aqui um papel determinante para otimizar a transferência de informação e de tecnologias relacionadas com a sensorização climática e do solo.

**Como se pode diminuir o impacto das alterações climáticas no solo? Essas soluções são sobretudo adequadas à vinha ou podem também ser eficazes para outras culturas permanentes?**

São múltiplas as acções que podem ser usadas na região mediterrânica para mitigar e reduzir o impacto das alterações climáticas e que deverão combinar estratégias de gestão do solo e da copa das plantas com uma utilização mais eficiente da água de rega. O uso de castas/clones e de porta-enxertos mais adaptados é também uma decisão essencial, mas no curto prazo a rega é ainda a estratégia de adaptação mais importante e mesmo eficiente para enfrentar os impactos das alterações do clima nas culturas lenhosas na região mediterrânica, em especial nas vinhas. A rega e o aumento da humidade do solo funcionam como moderador dos extremos microclimáticos térmicos ao nível de solo, plantas e atmosfera. A rega e níveis mais elevados de água no solo promovem a transpiração foliar e o arrefecimento evaporativo das plantas, favorecendo também a evaporação da água a partir da superfície do solo e o seu arrefecimento. Todavia, a escassez de água obriga a uma gestão mais criteriosa da rega nas vinhas e outras culturas lenhosas. Aspectos básicos como o conhecimento detalhado do perfil do solo (propriedades, fertilidade) nas novas vinhas e naquelas já instaladas é crucial para se incrementar a eficiência da rega e da fertilização, assim como

para mitigar os efeitos do *stress* hídrico e térmico. Também são cruciais medições da temperatura do solo, do ar e das plantas (pontuais ou baseadas em imagens), combinadas com sistemas de sombreamento das plantas e cobertura do solo e, em casos mais desenvolvidos, com utilização de sistemas de suporte à decisão para a gestão mais eficiente das culturas lenhosas e prever e mitigar os riscos climáticos. A temperatura do solo e das culturas em condições mais quentes e secas pode ser influenciada pela cobertura do solo com vegetação (natural ou semeada) ou com recurso ao *mulching*. Os *mulches* protegem o solo da erosão, aumentam a infiltração e retenção de água, diminuem a evaporação e podem actuar como fonte de nutrientes e de matéria orgânica, melhorando as condições físicas, químicas e biológicas do solo e promovendo o crescimento em profundidade das raízes – e assim fomentando o uso de recursos de camadas mais profundas do solo. Contudo, é essencial uma estratégia definida quanto à gestão das coberturas vegetais – por exemplo, corte, pastoreio, incorporação de material orgânico – consoante as condições ecológicas locais, as disponibilidades hídricas e de materiais para cobertura do solo (resíduos orgânicos, palha) e as características das culturas. O *mulching* pode controlar pragas e infestantes e manter os níveis de produção sob condições climáticas adversas. A utilização de *mulches* influencia a temperatura máxima e mínima do solo e limita as flutuações diárias da temperatura. A adaptação ao acréscimo da temperatura do solo é favorecida também por um desenvolvimento radicular em maior profundidade e o uso de porta-enxertos com maior plasticidade quanto à temperatura óptima. A selecção de novos porta-enxertos em viticultura e fruticultura é assim um desafio para enfrentar os problemas das culturas lenhosas associados às alterações climáticas globais. Também a orientação das linhas das culturas influencia a exposição das plantas à luz solar e, conseqüentemente, a temperatura do solo e das plantas. O espaçamento das linhas influencia a temperatura do solo pela maior ou menor percentagem de sombra na superfície do mesmo. A combinação da densidade de plantas e do grau de sombreamento pode ajudar a minimizar o impacto de níveis elevados de radiação e de calor nas culturas feitas em linha e mesmo nas coberturas vivas do solo, beneficiando a actividade do sistema biológico do solo. Devem ser concebidas, à escala regional e local, estratégias especializadas de adaptação às alterações climáticas que considerem o clima, o solo e os recursos hídricos, dando mais atenção ao contínuo “solo-planta-atmosfera” e ao efeito potencial da variabilidade das características dos solos – retenção e reserva de água, cor, textura, etc. Estas directrizes ajudarão a otimizar a utilização de recursos disponíveis e a desenvolver uma viticultura mais sustentável e contribuinte de serviços de ecossistemas. Trata-se de uma abordagem que estimula a inovação no sector vitivinícola e que o pode ajudar a reduzir a sua vulnerabilidade ambiental (e económica) e aumentar a sua resiliência perante um clima em mudança. ●

\* [www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2023.1145137/full](http://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2023.1145137/full)