



Shoek

PODE ADAPTAR-SE O MICROBIOMA DO SOLO PARA UMA MAIOR TOLERÂNCIA DAS CULTURAS À SALINIDADE?

Em diferentes zonas da Europa, os agricultores veem aumentar a salinidade da água disponível para rega. Como poderão usar esta água de forma a conservar a saúde do solo e manter a produtividade das culturas? Uma solução poderá passar pela adaptação do microbioma do solo ao aumento da salinidade.

Ana Marta Paz⁽¹⁾, João Antunes⁽¹⁾, Nácia Castanheira⁽¹⁾, Maria Conceição Gonçalves⁽¹⁾, Åsgeir R. Almås⁽²⁾, Anais Chanson⁽³⁾, Iain Gould⁽³⁾, Matthew Goddard⁽³⁾

⁽¹⁾ Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária



⁽²⁾ Norwegian University of Life Sciences



⁽³⁾ University of Lincoln



A salinidade do solo e produtividade das culturas

É bem conhecido dos agricultores que a elevada concentração de sais solúveis na solução do solo pode levar a redução da produtividade agrícola. A salinidade do solo dificulta a absorção de água e de nutrientes pelas plantas, podendo colocá-las em stress hídrico e défice nutricional, ou ainda causar-lhes toxicidade em resultado da elevada concentração de alguns iões como o sódio ou o cloro. A acumulação de sais no solo pode ter diferentes origens. A salinidade do solo é comumente associada a climas com alguma aridez, onde a evapotranspiração elevada e a precipitação baixa promovem a acumulação de sais nas camadas de solo onde se desenvolvem as raízes. A salinidade do solo pode também ser consequência da subida de águas subterrâneas salinas ou ainda ser resultado de uma inadequada gestão da rega. Em ambos os casos, a água subterrânea ou a água de rega transportam sais que, em condições de insuficiente drenagem, se acumulam na zona radicular do solo. Desta forma, a quantidade e frequência da rega devem ser planeadas por forma a prevenir a acumulação de sais, tendo em conta não só as necessidades das culturas como as necessidades de lavagem dos sais em excesso, a salinidade da água de rega disponível, as propriedades hidráulicas do solo e o clima local (Gonçalves *et al.*, 2015).

No atual contexto de mudança climática, vemos agravados alguns fatores que estão na origem da salinidade do solo. O aumento da temperatura média eleva a evapotranspiração das culturas o que, aliado à diminuição da precipitação em algumas regiões, como é o caso da região mediterrânica, resulta numa redução da capacidade de lavagem natural dos sais para camadas mais profundas do solo. Por outro lado, a subida do nível de água do mar aumenta o risco de intrusão salina nos solos de zonas costeiras, afetando áreas com climas muito variados.

Adaptar o microbioma à salinidade do solo

Em diferentes zonas da Europa, os agricultores veem aumentar o risco de salinidade do solo. Em

Portugal esse risco é conhecido em algumas regiões costeiras de elevada importância agrícola, como é o caso da Lezíria de Vila Franca de Xira ou das margens do rio Sado, devido ao aumento da salinidade da água superficial usada na rega e à subida das águas subterrâneas (Paz *et al.*, 2018).

Na costa leste de Inglaterra, os agricultores têm verificado um aumento da salinidade das águas disponíveis para rega devido à intrusão salina. Na costa sudoeste da Noruega, a água subterrânea em áreas baixas com elevada produtividade agrícola tem vindo a registar um aumento significativo da salinidade, que poderá resultar em salinização do solo no caso de subida da toalha freática (Gould *et al.*, 2021).

Existem várias estratégias para prevenir ou minimizar os efeitos da salinidade do solo, como, por exemplo, a gestão da rega e da drenagem, já aqui mencionada, a adoção de práticas agronómicas que melhorem a estrutura do solo e a capacidade de drenagem, ou a adoção de rotações com espécies mais adequadas às variações intra-anuais da salinidade do solo. Em relação à adaptação ao aumento da salinidade, uma hipótese que tem vindo a ser alvo de crescente interesse é a de os microrganismos do solo terem um papel na tolerância das plantas à salinidade. Vários estudos sugerem que um microbioma bem-adaptado a condições salinas poderá ajudar a combater a perda de produtividade das culturas resultante da elevada salinidade (Paz *et al.*, 2023).

O projeto “SoilSalAdapt – Pré-adaptação do microbioma do solo para uma maior tolerância à salinidade do solo” é coordenado pela Universidade de Lincoln, no Reino Unido, e tem como parceiros a Universidade de Oslo, na Noruega, e o Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária. O

projeto coloca a hipótese de que poderá ser possível pré-adaptar as comunidades microbianas a um ambiente salino através da gestão da salinidade da rega. Esta hipótese será estudada em ensaios com rega de salinidade gradualmente mais elevada, analisando os impactos ao nível do microbioma do solo e da produtividade das culturas.

Ensaios do projeto SoilSalAdapt

Para testar a hipótese do SoilSalAdapt, são instalados ensaios em vasos com três tipos de solo e diferentes culturas (batata, espinafre e trigo). Os três solos estudados têm texturas franco-arenosas e limosa, de acordo com distribuição do tamanho de partículas apresentada na Tabela 1.

As culturas são regadas com três tratamentos de rega usando água com diferentes níveis de salinidade, indicada pela condutividade elétrica de 0 dSm⁻¹, 3 dSm⁻¹ e 6 dSm⁻¹, respetivamente. Como referência, as orientações gerais sobre qualidade de água para rega apontam para restrições de uso ligeiras a partir de 0,7 dSm⁻¹ e fortes restrições no uso de água com condutividade superior a 3 dSm⁻¹ (FAO, 1985). Nas últimas semanas do ciclo, todos os tratamentos são regados com água de 9 dSm⁻¹. Ao longo do ciclo, os vasos recebem, também, uma rega não salina para simular a chuva, em quantidades equivalentes às normais pluviométricas do local. Para cada combinação de solo-rega são realizadas cinco repetições. Os vasos têm drenagem livre e estão colocados numa estufa aberta lateralmente, junto à Universidade de Lincoln (Figura 1). Ao longo de três anos, de 2022 a 2024, serão implementadas diferentes rotações culturais, incluindo uma cultura não regada (trigo), de forma a testar a duração de eventuais alterações provocadas pelos diferentes tratamentos de rega.

Tabela 1 – Classes texturais e textura dos três solos usados nos ensaios

Classe textural	Areia Grossa (%)	Areia Fina (%)	Limo (%)	Argila (%)
Franco-arenoso 1	1,31	76,05	9,04	13,61
Franco-arenoso 2	57,98	25,01	5,41	11,60
Limoso	20,16	36,32	21,04	22,48



Figura 1 – Ensaio com vasos em estufa na Universidade de Lincoln no Reino Unido.

Depois de cada ensaio, são analisadas a dimensão e a diversidade do microbioma do solo, através da sequenciação genética de ADN e ARN. São também monitorizados indicadores da saúde do solo, como a porosidade e a salinidade, e a produtividade das culturas, através da monitorização do seu peso seco e húmido. Os dados referentes ao solo serão utilizados para desenvolver modelos do movimento da água e sais no solo (usando a ferramenta *Hydrus-1D*), de forma a simular a salinidade do solo com diferentes práticas de rega sob as condições meteorológicas atuais e em cenários de alterações climáticas.

Primeiros resultados

Na fase atual do projeto, é possível analisar os resultados do ensaio decorrido em 2022 e relativo aos diferentes tratamentos de rega na cultura do espinafre. Os resultados preliminares da sequenciação

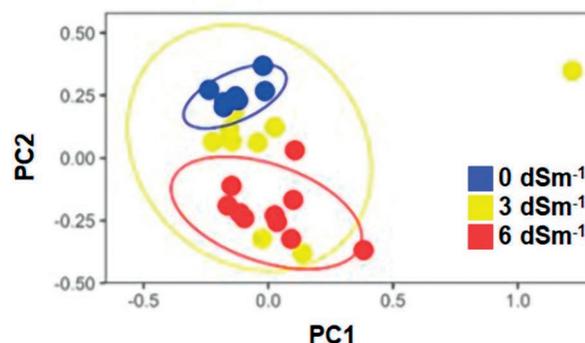


Figura 2 – Análise estatística da diversidade de comunidade bacterianas presentes no solo com diferentes tratamentos de rega (0 dSm⁻¹, 3 dSm⁻¹ e 6 dSm⁻¹).

de ADN permitiram identificar que as comunidades microbianas existentes no solo diferem de acordo com o tratamento de rega. A Figura 2 mostra os resultados da análise estatística (análise de componentes principais) das comunidades bacterianas existentes no solo em cada tratamento de rega. As componentes (PC1 e PC2) que descrevem as comunidades bacterianas, permitem identificar três núcleos distintos de comunidades. Os solos com rega não salina e os solos com rega muito salina (6 dSm⁻¹) apresentam comunidades agrupadas em núcleos bem distintos que não se sobrepõem. Os solos com rega de salinidade intermédia (3 dSm⁻¹) apresentam uma diversidade maior de bactérias, que inclui comunidades presentes nos outros dois outros tratamentos.

É também possível apresentar os resultados preliminares do impacto dos três tratamentos de rega na produtividade do espinafre. A Figura 3 mostra

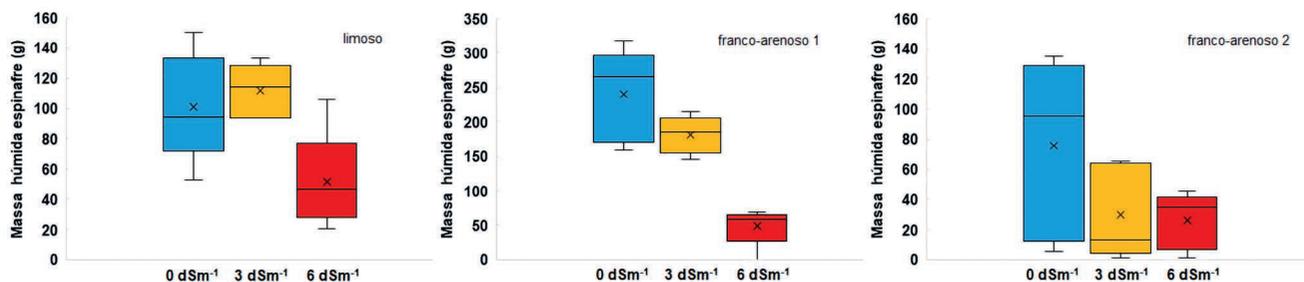


Figura 3 – Massa húmida dos espinafres colhidos em cada um dos tratamentos de rega (0 dSm⁻¹, 3 dSm⁻¹ e 6 dSm⁻¹) nos solos limoso, franco-arenoso 1 e franco arenoso 2. As caixas mostram a média (cruz dentro da caixa), mínimo e máximo (linhas horizontais externas) para as cinco repetições.

a gama de massa húmida dos espinafres nas cinco repetições de cada tratamento de rega, para cada um dos tipos de solo. No caso do solo limoso, a figura mostra que a produtividade é significativamente mais baixa na rega de 6 dSm⁻¹, mas aponta para resultados comparáveis entre os tratamentos com 0 dSm⁻¹ e 3 dSm⁻¹. No caso do solo franco-arenoso 1, a produtividade diminui com o aumento salinidade da água de rega, reduzindo drasticamente na rega com 6 dSm⁻¹. Para o solo franco-arenoso 2 (com uma percentagem de areia grossa muito superior ao 1), a produtividade dos dois tratamentos salinos é comparável entre si, mas é reduzida em relação ao tratamento não salino.

Primeiras conclusões e próximos passos

Os resultados preliminares mostram que as comunidades bacterianas do solo diferem após os tratamentos de rega, resultando a rega com salinidade intermédia numa maior diversidade de comunidades bacterianas. Nos próximos passos do projeto, a análise do microbioma do solo será alargada a outras comunidades microbianas de forma a continuar o estudo da capacidade de adaptação do microbioma.

Os resultados também evidenciam que as variações de produtividade estão relacionadas não apenas com a salinidade da água de rega mas também com as propriedades do solo, uma vez que no solo limoso não houve perda de produtividade no espinafre entre a rega com 0 e com 3 dSm⁻¹. Assim, para além da biodiversidade do solo, serão estudadas outras propriedades do solo, como a estrutura ou matéria orgânica, que poderão estar associadas a uma maior tolerância das culturas.

A modelação da variação do teor de água e salinidade do solo permitirá simular os impactos das opções de rega, tendo em conta as propriedades do solo, culturas e condições climáticas. Estas simulações permitirão tomar opções de gestão da rega de forma a minimizar a salinidade do solo e preservar a produtividade das culturas.

Na última parte do projeto, em função dos resultados dos ensaios em vasos, pretende-se testar as estratégias de “pré-adaptação” do microbioma em

explorações agrícolas no Reino Unido e em Portugal. 

Agradecimentos

O projeto SoilSalAdapt (<https://doi.org/10.54499/EJP-Soils/0003/2021>) é financiado pelas seguintes instituições: *Biology and Biological Sciences Research Council*, *Research Council of Norway* e Fundação para a Ciência e Tecnologia.



Bibliografia

- FAO (1976). *Water quality for agriculture*. FAO Irrigation and Drainage Paper 29.
- Gonçalves, M.C.; Martins, J.C.; Ramos, T.B. (2015). A salinização do solo em Portugal. Causas, extensão e soluções. *Revista de Ciências Agrárias*, **38**(4):574–586. <https://doi.org/10.19084/RCA15140>.
- Gould, I.; Waegemaeker, J.; Tzemi, D.; Wright, I.; Pearson, S.; Ruto, E.; Karrasch, L. et al. (2021). Salinization Threats to Agriculture across the North Sea Region. In: *Future of Sustainable Agriculture in Saline Environments*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003112327-5>.
- Paz, A.M.; Amezketa, E.; Canfora, L.; Castanheira, N.; Falsone, G.; Gonçalves, M.C.; Gould, I. et al. (2023). Salt-Affected Soils: Field-Scale Strategies for Prevention, Mitigation, and Adaptation to Salt Accumulation. *Italian Journal of Agronomy*, **18**(2). <https://doi.org/10.4081/ija.2023.2166>.
- Paz, A.M.; Castanheira, N.; Pires, F.; Fernandes, M.L.; Gonçalves, M.C.; Farzaman, M.; Paz, C.; Santos, F. (2018). Mapeamento da salinidade do solo: casos de estudo na Lezíria Grande de Vila Franca de Xira. *Vida Rural*, **1840**:42–44.