

Previsão de riscos de salinização do solo induzidos pela rega

Controlar a salinização do solo é um dos principais desafios da agricultura de regadio. Usar modelos para construir e simular cenários ajuda a prever como poderá ocorrer a salinização do solo. Neste estudo, avaliou-se a dinâmica da água e dos sais no solo com rotação de milho e azevém anual e construíram-se cenários de riscos de salinização do solo, caso a qualidade da água de rega se altere. Os resultados apontam para a acumulação de sais no perfil de solo explorado pelas raízes, para valores superiores aos tolerados pela cultura do milho, podendo levar a perdas de produtividade.

Nádia L. Castanheira, Marta Paz, Fernando P. Pires, Manuel L. Fernandes, Maria Conceição Gonçalves . INIAV, I.P.



Mohammad Farzamian, Maria Catarina Paz, Fernando M. Santos
Instituto Dom Luiz



Riscos de salinização dos solos

Estimativas apontam que 1 a 4 milhões de hectares de solos da União Europeia, e principalmente na região do Mediterrâneo, apresentam níveis de degradação moderados a altos devido a salinização (Van Camp *et al.*, 2004). As condições climáticas e ecológicas da região do Mediterrâneo propiciam a acumulação de sais no solo, por possuírem invernos chuvosos e verões quentes e secos, com alta radiação solar e altas taxas de evapotranspiração. Os sais podem acumular-se com origem em fontes naturais e resultantes da atividade humana. Entre as fontes naturais, estão a deposição de sais pela chuva e o movimento ascendente das águas subterrâneas pela ação capilar, que pode trazer sais das águas subterrâneas para o solo superficial. As fontes resultantes da atividade humana incluem sais adicionados através da água de rega e práticas de fertilização. Os solos da região do Mediterrâneo apresentam maior vulnerabilidade à degradação pelo aumento das áreas de regadio, pela intensificação da agricultura e pela baixa drenagem de alguns destes solos. A vulnerabilidade dos solos

desta região às alterações climáticas foi também identificada pela Agência Europeia de Ambiente (EEA, 2019). As projeções para o clima desta região até ao final do século XXI apontam para o aumento da temperatura média, diminuição da precipitação, aumento da frequência e duração dos períodos de seca. Uma das consequências será a escassez de água de boa qualidade para a rega nestas regiões.

Monitorização da salinidade num solo regado da Lezíria

A salinização resulta do aumento da concentração de sais solúveis, nomeadamente de sódio, cálcio e magnésio, no solo e na solução do solo, para níveis prejudiciais às plantas. As culturas são afetadas pelo efeito tóxico do aumento da concentração dos íões de sódio e cloro, e pelo elevado potencial osmótico da solução do solo que reduz a capacidade de extração de água e de absorção de nutrientes pelas raízes das plantas. O indicador mais utilizado para avaliar os riscos de salinização do solo é a condutividade elétrica que estima o teor de sais solúveis no solo ou na solução do solo.

Equipas do INIAV e do IDL-FCUL têm estudado o risco de salinização em solos da Lezíria de Vila Franca de Xira (Paz *et al.*, 2018). Localizada a aproximadamente 25 km a nordeste de Lisboa, é uma importante área agrícola de cerca de 13 400 hectares com infraestruturas de rega e drenagem. Situada no estuário do rio Tejo, apresenta salinização

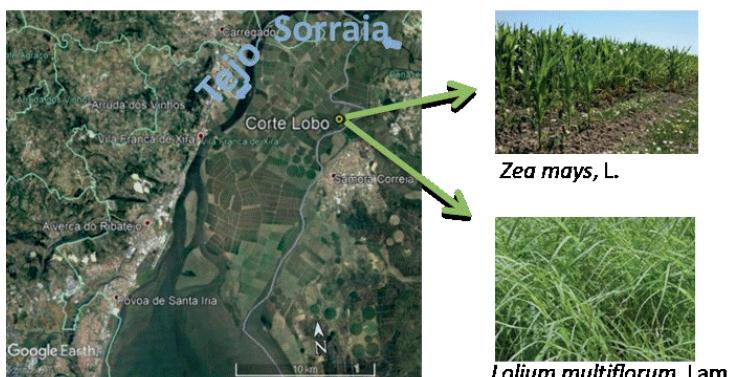


Figura 1 – Localização da área de estudo na Lezíria Grande de Vila Franca de Xira com rotação cultural de milho e azevém anual

primária devido à origem aluvial e marinha do solo, à natureza das marés do estuário e à existência de um lençol freático salino (a cerca de 1 ou 2 m de profundidade). Este estudo foi realizado no âmbito do projeto internacional Saltfree com parceiros da bacia mediterrânea (Portugal, Itália, Tunísia e Egito). Na Lezíria, foi realizado o estudo num solo cultivado em rotação de milho e azevém com textura argilo-limosa e regado com rampa rotativa (fi-

gura 1). Durante dois ciclos de rega (2017 e 2018) foi monitorizada a salinidade e o teor de água no solo através da recolha de amostras de solo a várias profundidades. No laboratório de solos do INIAV, mediu-se a condutividade elétrica no extrato de saturação do solo (EC_e) como indicador da salinidade do solo. A figura 2 mostra a variação da EC_e nas várias datas de amostragem e nas cinco profundidades do perfil de solo, até um máximo de 135 cm. Na figura 2 observa-se um padrão cíclico e sazonal relacionado com a acumulação de sais durante o ciclo de rega e à lavagem na estação das chuvas.

Modelar a água e os sais no solo para gerir os riscos de salinidade

A equipa do INIAV usou o modelo HYDRUS-ID para estudar a dinâmica da água e dos sais no solo em função da qualidade da água de rega (Castanheira et al., 2020). O primeiro passo é calibrar o modelo com medições de campo, para prever o fluxo de água no solo e o transporte de sais. Assim, torna-se possível construir cenários em que

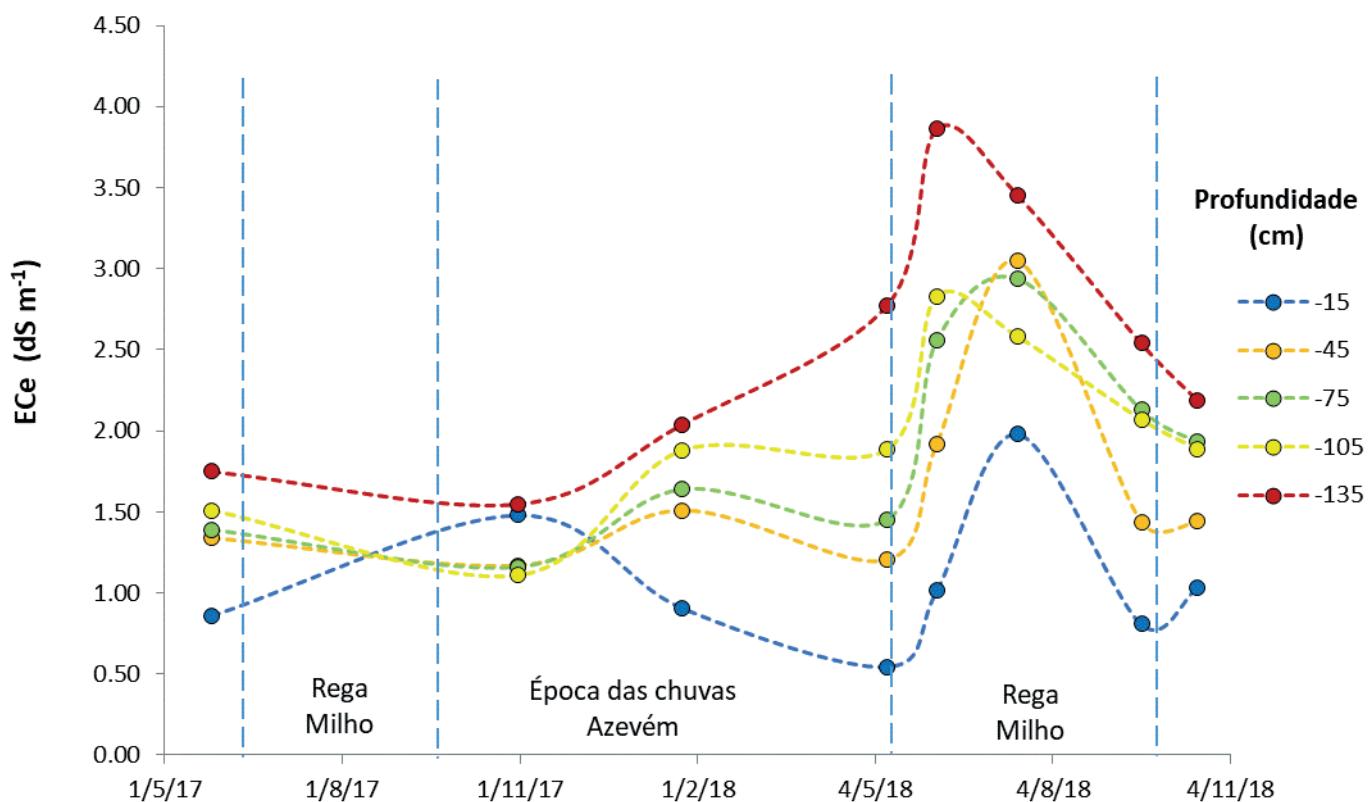


Figura 2 – Variação da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (EC_e) ao longo das datas de amostragem e para as cinco profundidades no campo de estudo na Lezíria

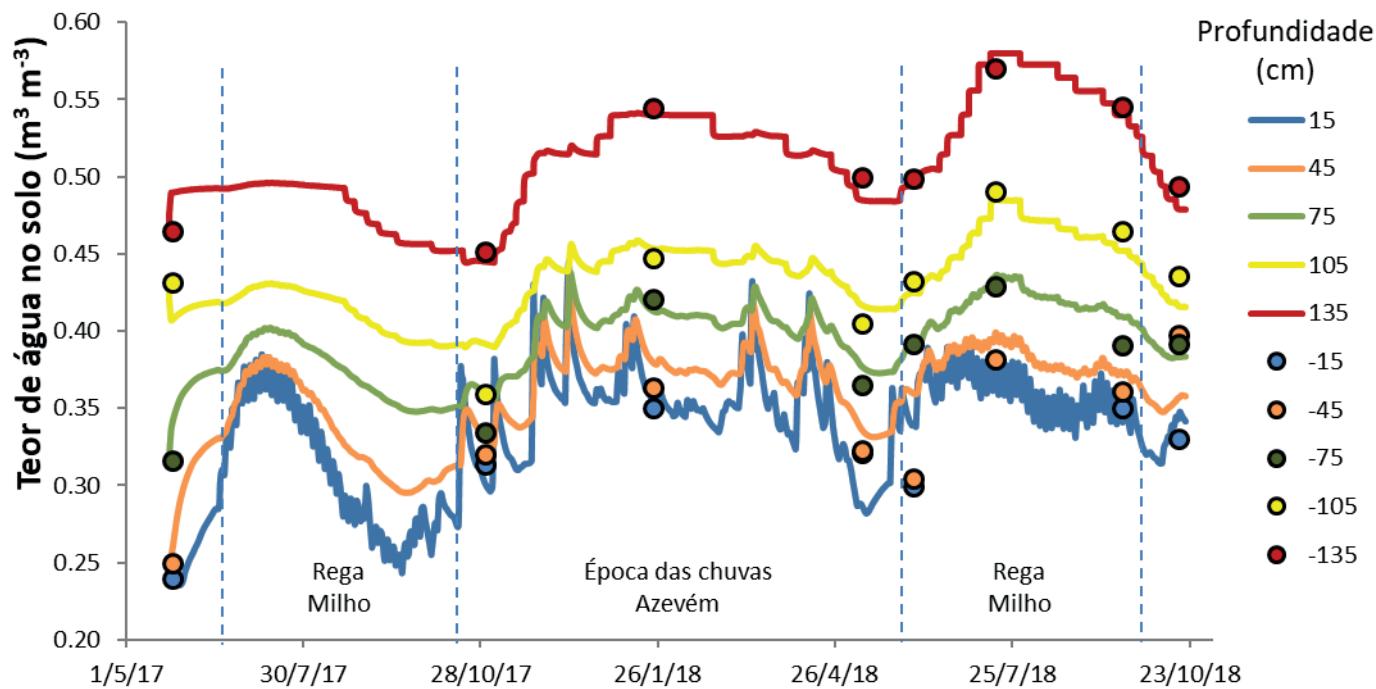


Figura 3 – Teor de água no solo medido (pontos) e previsto (linha sólida) para as diferentes profundidades do solo de maio de 2017 a outubro de 2018 com o HYDRUS-1D na Lezíria

se varia a qualidade da água de rega e avaliam-se os riscos de salinização do solo induzidos pela rega. A figura 3 mostra o teor de água no solo medido (representado em pontos) e o previsto pelo modelo (representado em linhas) para as diferentes profundidades do perfil de solo. Observa-se que existe concordância entre os valores medidos e os previstos pelo modelo (este ajuste foi validado estatisticamente).

Balanço de água no solo para os ciclos de rega de milho

O modelo usado permite simular a água, o calor, o transporte de sais no solo, considerando também a captação de água pelas plantas, nas várias camadas de um perfil de solo. Os principais componentes do balanço de água em solos de regadio são a rega, precipitação, escorrimento superficial, drenagem, evaporação, ascensão capilar, transpiração da cultura e a variação do armazenamento de água no solo. A tabela I mostra os componentes do balanço de água no solo estimados com o modelo nos dois ciclos de rega de milho (2017 e 2018). Este balanço é calculado pela diferença entre as entra-

das e saídas de água à profundidade das raízes da cultura (a 45 cm de profundidade neste estudo). As entradas de água são os consumos de água pela cultura e os componentes que introduzem água no sistema solo-planta. Existem também saídas de água representadas pelas componentes da evapo-

TABELA 1 – BALANÇO DE ÁGUA NO SOLO CALCULADO COM HYDRUS-1D NA ZONA DAS RAÍZES (45 cm DE PROFUNDIDADE) PARA OS DOIS CICLOS DE REGA DE MILHO NA LEZÍRIA

	Ciclos de rega		
	2017 (111 dias)	2018 (117 dias)	
	(mm)		
Entradas	Precipitação (R)	8	34
	Rega (I)	360	360
	Δ armazenamento do solo (S)	-9	-2
	Ascensão capilar (CR)	110	100
	R + I + S + CR	470	492
Saídas	Evaporação (Ea)	119	100
	Transpiração atual (Ta)	320	330
	Drenagem (D)	42	56
	Ea + Ta + D	481	486
	Δ armazenamento do solo = teor de água final – teor de água inicial		

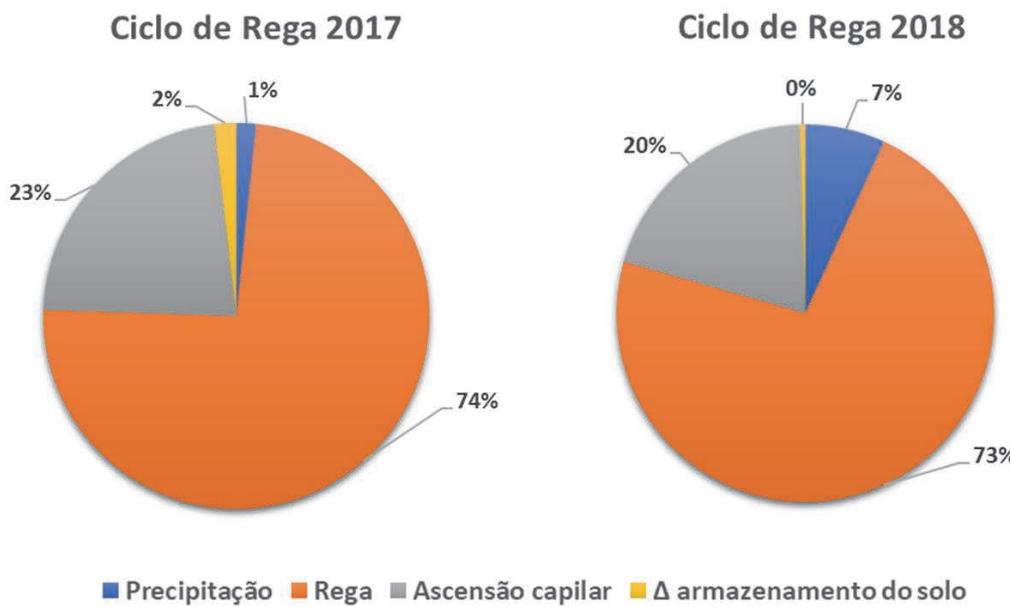


Figura 4 – Percentagem de cada componente de entrada de água do balanço de água no solo realizado com o modelo HYDRUS-1D para os dois ciclos de rega do milho na Lezíria (Portugal)

ração atual, transpiração atual e drenagem, não existindo neste estudo, a componente do escorimento superficial. O consumo total de água pela cultura, nos dois ciclos de rega, foi de 470 mm, em 2017, e 492 mm, em 2018. Nos dois ciclos, o milho não registou reduções reais na transpiração (T_a) devido a stress hídrico.

A figura 4 representa a proporção das várias componentes de entrada de água para o balanço de água no solo realizado com o modelo. Deste modo, é possível quantificar as várias componentes do balanço de água no solo e entender qual o contributo de cada uma para o cultivo de milho. Neste estudo, a quantidade de água aplicada por ciclo de cultivo (360 mm) poderia ser entendida como insuficiente para alcançar uma boa produção. No entanto, após realizar o balanço de água com o modelo, entendemos que a componente de ascensão capilar neste solo e a elevada capacidade de retenção de água, muito contribuem para que o milho não revele stress hídrico. Na figura 4 observa-se que a ascensão capilar representou 23% do total de consumos de água pela cultura em 2017 (110 mm) e 20% em 2018 (100 mm). Este contributo é atribuído à presença de um nível freático mais superficial na Lezíria.

Previsão de riscos de salinização induzidos pela qualidade da água de rega

Foram construídos e analisados três cenários com o modelo HYDRUS-1D para avaliar os riscos de salinização do solo. Os três cenários consideram a aplicação de três qualidades da água de rega: cenário S_{1.5}, S₃ e S₅, que correspondem a uma condutividade elétrica da água de rega de (ECw) de 1,5, 3 e 5 dS m⁻¹, respetivamente. Estes cenários foram comparados com as condições atuais da Lezíria (B), ou seja, considerando uma ECw de 0,48 dS m⁻¹. Várias condições foram mantidas idênticas: o mesmo período de dois ciclos de rega (2017-2018), a rotação entre milho e azevém anual, a mesma quantidade de água aplicada por ciclo de cultivo do milho (360 mm com uma média de 10 mm por evento de rega), seguindo o mesmo calendário de rega e as mesmas condições de fronteira a usar no modelo para a água e os sais no solo.

Os sais tendem a acumular-se inicialmente na superfície do solo e depois são transportados para baixo e para os lados, dependendo dos volumes e frequência de rega, precipitação, taxas de evapotranspiração e das propriedades hidráulicas do solo. Para o modelo usado neste estudo, é considerado

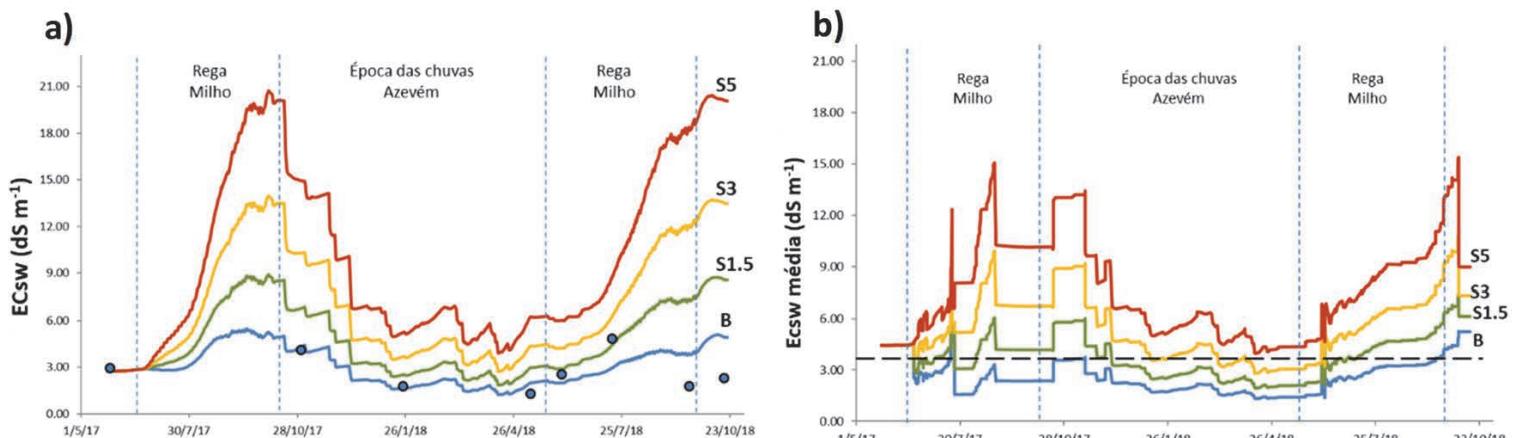


Figura 5 – Condutividade elétrica da água do solo (ECsw) no período simulado com o HYDRUS-1D na Lezíria (Portugal): a) a 15 cm de profundidade (valores medidos em pontos e previstos em uma linha sólida) e b) na zona das raízes para as condições atuais (B) e os cenários de qualidade da água de rega (S1.5 = 1,5, S3 = 3 e S5 = 5 dS m⁻¹). O limite de tolerância do milho aos sais é representado com a linha tracejada horizontal

apenas o movimento descendente para o transporte de sais no solo, e não os movimentos laterais. Avaliou-se o nível de salinidade deste solo da Lezíria a 15 cm de profundidade nos vários cenários com o HYDRUS-1D. A esta profundidade, avalia-se a entrada de sais pela água de rega e, como seria esperado, com o aumento da ECw nos três cenários, aumenta também a salinidade do solo [figura 5 a)]. Na figura 5 b) é apresentada a média da condutividade elétrica da água do solo (ECsw) na zona das raízes do milho e azevém anual, para os três cenários estudados e para as condições atuais. Os cálculos do modelo mostram um aumento da salinidade no solo à profundidade de 45 cm, com o aumento da ECw nos três cenários estudados. Na figura 5 observa-se que os sais se acumulam no solo com padrão cíclico, ou seja, existe acumulação de sais durante os ciclos de rega e ocorre lixiviação na estação chuvosa (que depende da quantidade de água de rega aplicada, precipitação ou evapotranspiração).

Nos três cenários, a ECsw média na zona das raízes aumentou para níveis acima do limite tolerado pela cultura de milho ($> 3,4 \text{ dS m}^{-1}$). Estes níveis de ECsw, poderiam levar a reduções no rendimento da cultura de milho. Enquanto o milho é considerado moderadamente sensível à salinidade, o azevém anual é moderadamente tolerante, com um limite de tolerância de ECsw 12 dS m⁻¹, de acordo com a FAO (2002).

Os sais acumulam-se na zona das raízes nos cenários estudados

Foi avaliada a acumulação ou lavagem de sais na zona das raízes para os três cenários, calculando as diferenças de ECsw no início e no final de cada ciclo de rega, no final da estação das chuvas e no final do período de simulação. Na figura 6 observa-se que a ECsw aumentou nos três cenários no final dos dois ciclos de rega, quando comparada com a simulação das condições atuais. No início do 2.º ciclo de rega, observa-se uma redução da ECsw, indicando que os sais foram lixiviados da zona das raízes pela precipitação ocorrida. Nesta estação das chuvas (2017-2018) ocorreram 485 mm de precipitação distribuídos em 8 meses (de outubro a maio). A precipitação ocorrida não foi suficiente para efetuar a lavagem dos sais no solo para níveis semelhantes ao início do primeiro ciclo de rega, registando-se aumentos da ECsw de 1,9, 4,6 e 6,8 vezes para os cenários S1.5, S3 e S5, respetivamente. O modelo simulou com sucesso o teor de água e o transporte de sais no solo estudado na Lezíria. Na simulação das condições atuais (B), os riscos de salinidade induzidos pela rega foram baixos. Os riscos de salinidade aumentam quando a água de rega tem uma condutividade elétrica de 3 e 5 dS m⁻¹. Nestes cenários S3 e S5, as quantidades de sais na zona das raízes aumentam para níveis acima da to-

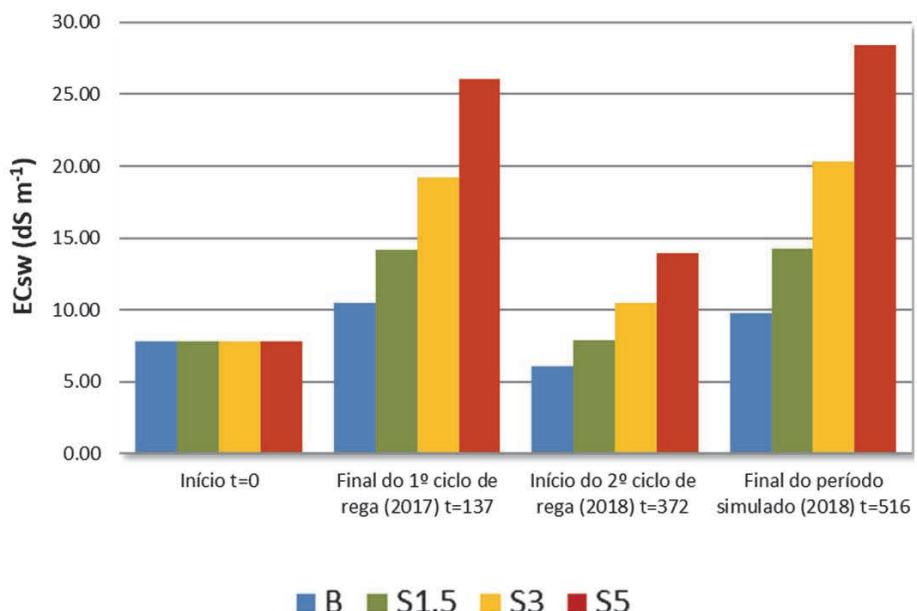


Figura 6 – Balanço de sais no solo calculado com o HYDRUS-1D na zona das raízes (45 cm de profundidade) para os três cenários estudados ($S1.5 = 1,5$; $S3 = 3$ e $S5 = 5 \text{ dS m}^{-1}$) e para as condições atuais (B), no início e final de cada ciclo de rega de milho, no final da estação das chuvas e no final do período simulado na Lezíria

lerância do milho, o que resultaria em reduções de produtividade com as perdas económicas associadas e os riscos ambientais relacionados com a salinidade. Em anos de seca, em que ocorre menos precipitação, a acumulação de sais no solo aumentará devido à rega e à evapotranspiração mais elevada. A Lezíria é uma região particularmente sensível, pela influência das marés e maior probabilidade de intrusão salina, que pode reduzir a qualidade e quantidade de água disponível para a rega. O uso de modelos como o HYDRUS-1D ajuda a conhecer os fluxos de água e a dinâmica de sais no perfil do solo, o que possibilita gerir riscos de contaminação, construir cenários para prever riscos de salinização no solo induzidos pela água de rega e por outras fontes, e assim entender quais as práticas de rega mais adequadas ao sistema cultural. ☀

Agradecimentos

Os resultados apresentados neste artigo foram obtidos no âmbito dos projetos SALTFREE (ARIMNET2/0004/2015 e ARIMNET2/0005/2015), financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia. As equipas tiveram apoio da Associação de Beneficiários da Lezíria Grande de Vila Franca de Xira.

Referências

- Castanheira, N.L.; Paz, A.M.; Farzamian, M.; Paz, M.C.; Santos, F.M.; Fernandes, M.L.; Pires, F.P. e Gonçalves, M.C. (2020). Modelling of soil water and salt dynamics and prediction of salinity risks in Lezíria (Portugal) in response to different irrigation water qualities. *Revista de Ciências Agrárias*, **43**(2):161-173. <https://doi.org/10.19084/rca.19646>.
- EEA (2019). Climate change adaptation in the agriculture sector in Europe. *EEA Report N.º 4/2019*.
- FAO (2002). Agricultural drainage water management in arid and semi-arid areas. *FAO irrigation and drainage paper 61*. Rome: FAO. Annex 1. Crop salt tolerance data.
- Paz, A.M.; Castanheira, N.; Pires, F.; Gonçalves, M.C.; Farzamian, M.; Paz, M.C. e Monteiro, F.S. (2018). Mapeamento da salinidade do solo: casos de estudo na Lezíria Grande de Vila Franca de Xira. *Vida Rural*, **1840**(66):42-44.
- Van-Camp, L.; Bujarrabal, B.; Gentile, A.R.; Jones, R.J.A.; Montanarella, L.; Olazabal, C. & Selvaradjou, S.K. (Eds.) (2004). *Reports of the technical Working Groups Established under the Thematic Strategy for Soil Protection*. EUR 21319 EN/6. 872 pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.