



RELATÓRIO FINAL DE PROJECTO

(Período: Janeiro 2004 – Outubro 2007)

Projecto AGRO 727 – Demonstração e divulgação de gestão integrada da salinidade e da fertilização azotada em solos regáveis do Alentejo

(Programa AGRO, Medida 8, Acção 8.1)

Entidades Participantes e Responsáveis:

Universidade de Évora (Coordenador)

Francisco Lúcio dos Santos

Instituto Nacional dos Recursos Biológicos I.P.

Maria da Conceição Gonçalves

Instituto Superior Técnico

Ramiro Neves

Laboratório Nacional de Engenharia Civil

Teresa Leitão

Centro Operativo e Tecnológico de Regadio

Cristina Guerreiro

Janeiro de 2008

2 RESUMO DO PROJECTO

O principal objectivo deste projecto consistiu em avaliar os efeitos da rega com água com teor elevado de sais e verificar em que medida a fertilização diferenciada pode ser usada para minimizar as consequências do uso daquela água no solo e na cultura. Os ensaios foram realizados em dois tipos de solos diferente, um de textura mediana (Alvalade do Sado) e outro de textura grosseira (Mitra – Évora), para comparar os respectivos comportamentos à aplicação de sais e de fertilizante azotado.

A metodologia de trabalho incluiu (i) a determinação das produções usando diferentes águas de rega e regimes de fertilização em dois solos, (ii) uma componente de monitorização da evolução das propriedades do solo e da solução do solo ao longo de 3 anos e (iii) uma componente de modelação matemática para explicar os processos em presença e avaliar a capacidade de prever as consequências do uso deste tipo de água noutras situações.

Os ensaios decorreram na Herdade da Mitra em Évora, e no Posto de Culturas Regadas D. Manuel Castello Branco, em Alvalade do Sado. Em cada um desses locais foi instalado um sistema de rega sob pressão, cujo esquema é designado de Fonte Tripla Linear, e que permitiu conjugar diversas combinações de sal e fertilizante numa área reduzida. A resposta do solo e da cultura do milho-grão aos diferentes níveis de salinidade e de adubação azotada aplicados foi avaliada em termos das evoluções do teor de água no solo, da condutividade eléctrica (*CE*) e das concentrações dos catiões e aniões (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , NO_3^- , NH_4^+ , Cl^-) na solução do solo e no solo, dos indicadores Percentagem de Sódio de Troca (*ESP*) e Razão de Adsorção de Sódio (*SAR*), do desenvolvimento radical, do índice de área foliar (*LAI*) e da produção de grão.

Após os ciclos de rega verificou-se um aumento progressivo da salinidade da solução do solo, expressa pelo valor da *CE*, atingindo-se um máximo de 18 dS m⁻¹ para o Fluvissolo de Alvalade e de 10 dS m⁻¹ para o Antrossolo da Mitra. Esta acumulação foi atenuada durante os períodos chuvosos com a lavagem do perfil do solo. A lavagem foi mais eficiente na Herdade da Mitra, onde no fim dos ensaios se observaram valores próximos dos iniciais. Em Alvalade, verificou-se uma tendência para o agravamento da salinidade do solo em todo o perfil de solo com o uso continuado de águas de rega com elevados teores de sal. A capacidade de retenção de nitratos pelo solo não foi alterada, não afectando, portanto, a sua capacidade de lixiviação para as águas subterrâneas nem a disponibilidade de azoto para as plantas. Os máximos de nitratos foram detectados nos finais de

Agosto início de Setembro, na altura em que a planta começa a secar. Os resultados do modelo RZWQM atribuem este aumento ao início da mineralização das raízes.

Os máximos de *CE* atingidos no solo foram de 10 e 7 dS m⁻¹, respectivamente, para Alvalade e Mitra, no final dos ciclos de rega. Estes valores diminuíram após os períodos das chuvas mas ficando acima dos iniciais, particularmente no caso de Alvalade. Em relação à sodicidade do solo, expressa pelo valor de *ESP*, atingiram-se valores entre 8 e 15% no fim dos períodos de rega, em Alvalade, valores considerados preocupantes tanto mais que não se verificou a sua redução significativa após os períodos chuvosos.

As análises das produções em função da fertilização mostram que a produção máxima seria obtida com cerca de 13 g m⁻² de *N* em qualquer dos ensaios. Em Alvalade a produção máxima é também função da concentração de *Na*⁺ sendo obtida usando 905 g m⁻² de *Na*⁺ (1.4 dS m⁻¹), enquanto que na Mitra a produção máxima foi independente do *Na*⁺. O efeito da dotação de rega apenas se verificou para o nível de produção na Mitra. Em nenhum dos ensaios se verificou qualquer interacção entre o azoto e o sódio, ou seja, aplicações de azoto não foram eficazes em contrariar os efeitos adversos do excesso de sais na água de rega na produção de milho.

Os resultados obtidos no campo foram utilizados para calibrar e validar 4 modelos matemáticos (HYDRUS, RZWQM, SWAT e MOHID-Land). Estes modelos diferem nos processos que simulam e na capacidade para descreverem o problema espacialmente sendo portanto o seu uso complementar. O uso de vários modelos é também importante como forma de validação dos resultados. Os modelos HYDRUS e RZWQM descrevem a dinâmica vertical dos processos e por isso são utilizáveis à escala do talhão. Ambos descrevem a dinâmica da água, mas utilizando formulações diferentes. O modelo HYDRUS descreve a dinâmica dos sais (cálcio, magnésio e sódio) mas não descreve os processos bioquímicos que determinam a dinâmica da matéria orgânica e dos nutrientes no solo. O RZWQM descreve estes últimos processos, mas não descreve a dinâmica dos sais. Os modelos SWAT e MOHID-Land descrevem a dinâmica espacial da bacia hidrográfica. O modelo MOHID-Land, usa uma malha para descrever a bacia, permitindo fazer a extrapolação dos cálculos à escala do talhão para a escala da bacia e por isso quantificar o impacte das práticas agrícolas sobre a qualidade da água nos aquíferos e nos rios. Este modelo é o mais recente de todos os modelos implementados, tendo sido concebido pela equipa deste projecto para tirar partido das capacidades dos computadores mais recentes e inclui a capacidade de simular sais e o ciclo do azoto, mas nem todas as suas componentes estão completamente operacionais.

O modelo HYDRUS conseguiu prever com sucesso a evolução do teor de água no solo, da *CE* e dos catiões solúveis nomeadamente do *Na*⁺, em função da qualidade da água de rega nos solos estudados. A correspondência entre os resultados observados no campo e os simulados é muito boa considerando não ter existido prévia calibração dos dados e tendo em atenção que todos os dados de

entrada (propriedades hidráulicas, parâmetros de transporte de solutos, dados atmosféricos, constantes de Gapon, características físicas e químicas do solo e profundidade radicular) tiveram origem em medições independentes. O modelo RZWQM, foi utilizado para a simulação da dinâmica da água e do azoto no solo, e ainda da produção de milho e do *LAI* também ao nível do talhão, tendo os seus resultados sido comparados com os resultados do HYDRUS para os teores de água e com os resultados do SWAT e do MOHID-Land para as produções e para a dinâmica do azoto no solo respectivamente. Os resultados são comparáveis para a generalidade dos processos, mostrando no entanto algumas diferenças ao nível dos processos de nitrificação que deverão ser esclarecidas num projecto entretanto iniciado com financiamento da FCT. O modelo RZWQM permitiu fazer balanços de azoto ao solo, quantificando as perdas por lixiviação e por escoamento superficial. Os resultados mostram os modelos matemáticos são já capazes de ajudar a otimizar os processos de rega e de fertilização, contribuindo para minimizar as perdas por lixiviação e assim para otimizar os custos e minimizar os danos ambientais da fertilização.

A divulgação do projecto foi feita junto dos agricultores e da comunidade científica através de:

- Duas jornadas técnicas de divulgação junto dos Agricultores na ARBCAS (Associação de Regantes e Beneficiários de Campilhas e Alto Sado);
- Construção de uma página de Internet (http://webserver.mohid.com/agro_727);
- Folhetos informativos (total de 4) disponibilizados na Internet (site do projecto e www.cotr.pt);
- Publicações em revistas científicas, (1 em revista internacional e 4 em revistas nacionais);
- Participação em congressos nacionais e internacionais tendo sido publicados um total de 12 actas de congresso com "referee";
- Um capítulo de um livro.

No âmbito do projecto foi ainda preparada uma tese de mestrado e três teses finais de curso.

O projecto confirma que o efeito dos sais da água de rega é menos importante no caso dos solos arenosos (devido à capacidade de lavagem). Em Alvalade a produção máxima foi obtida quando a água tem alguns sais mostrando que há uma quantidade de sais óptima. A concentração máxima de nitratos no solo foi obtida depois da fase de maturação da planta, o que mostra que o uso de matéria orgânica como fertilizante deve de ser acompanhado de cuidados ao nível da lixiviação, para minimizar as perdas para os aquíferos.