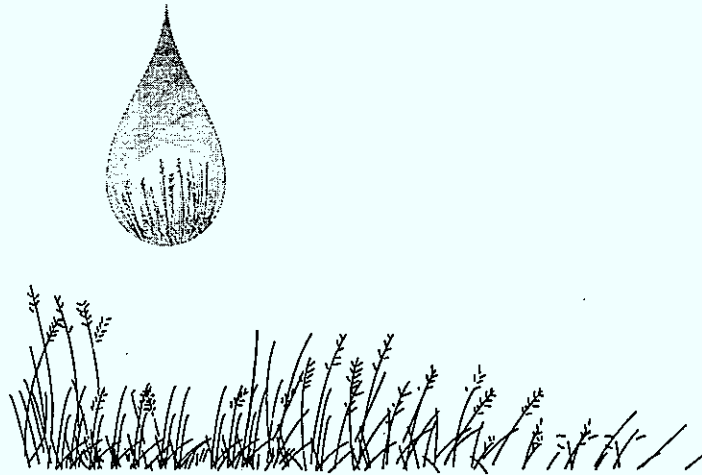


Rega com água residual urbana Efeito sobre o solo e a produção do azevém (*Lolium multiflorum* Lam.)⁽¹⁾

Maria do Carmo Horta Monteiro *
Pinto, F.C. **
Quelhas dos Santos, J. ***



Resumo

Com o objectivo de avaliar o possível interesse da utilização de água residual (A.R.) na rega, foi efectuado um ensaio em vasos com azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) cultivado num solo Pg (pardo litólico não húmico de granito), ácido e pobre em matéria orgânica (M.O.).

A água residual utilizada na rega provinha da Estação de Tratamento de Águas Residuais de Beirolas - Lisboa, onde foi sujeita a um tratamento de nível secundário pelo processo das lamas activadas. Verificou-se que a rega com A.R. conduziu a aumentos significativos na produção do azevém sem afectar sensivelmente a sua qualidade, mas a sua aplicação não dispensou a adubação NPK nem a calagem.

Quanto às características do solo avaliadas após o ensaio sobressaiem, como parecendo susceptíveis de apresentar mais interesse para a sua fertilidade o facto de a rega com A.R. ter provocado aumentos de condutividade eléctrica, no teor em nitratos, boro e sódio de troca e ter diminuído o teor em potássio "assimilável". A diluição da A.R. conduziu a um decréscimo no nível de M.O. do solo bem como de sódio de troca.

Palavras chave: Azevém; Água Residual; Fertilidade do Solo; Poluição; Rega.

1 . Introdução

Em Portugal Continental, as reservas de água não abundam, e deverão ser prioritariamente orientadas para o abastecimento de populações e para outros fins que exijam água de boa qualidade. O clima, sendo mediterrânico (classificação de Köppen), caracterizado por um verão quente e seco, conduz a que nesta época do ano as necessidades hídricas das culturas não sejam completamente satisfeitas através da água armazenada no solo tornando-se a rega indispensável ao aumento da produtividade agrícola.

A actividade agrícola consome assim grande quantidade de água; não necessita, no entanto, de uma água de qualidade elevada, admitindo-se que a rega com A.R. urbana tratada possa ser uma alternativa a considerar no nosso País.

A correcta utilização na rega de A.R. urbanas tratadas conduz à conservação da água e à reciclagem de nutrientes, evita a poluição das águas de superfície e das águas subterrâneas, e pode também ser usada como um método de recarga de águas subterrâneas (Chopp *et al*, 1982; WHO, 1989; Asano *et al*, 1992).

O tratamento a efectuar a uma A.R., para ser usado em irrigação numa determinada região, está relacionado com as características da própria A.R., do clima, dos solos e do tipo de culturas.

Uma vez que muitos destes aspectos não estão ainda convenientemente esclarecidos, parece-nos haver interesse na realização de trabalhos que sejam susceptíveis de contribuir para que as A.R. possam ser utilizadas com maior segurança. Neste trabalho tentámos abordar o tema da utilização de águas residuais urbanas tratadas em irrigação, numa perspectiva agrícola. Pretendeu-se avaliar a possibilidade da água residual ser utilizada como água de rega e o seu efeito fertilizante.

2. Material e métodos

2.1 Material utilizado

Foi efectuado um ensaio em vasos com azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), cultivado num solo Pg de granito, cujas características físico-químicas principais se apresentam no quadro 1.1.

Quadro 1.1 - Algumas características físico químicas do solo ensaiado

Classe de textura	franco-arenosa
Condutividade eléctrica (mS·cm ⁻¹)	0,058
Matéria Orgânica (%)	1,29
Azoto Kjeldahl (mg·kg ⁻¹)	340
Azoto nítrico (mg·kg ⁻¹)	vestígios
pH (H ₂ O)	4,9
pH (KCl)	3,9
Fósforo "assimilável" (P ₂ O ₅ , mg·kg ⁻¹)	16
Potássio "assimilável" (K ₂ O, mg·kg ⁻¹)	100
Hidrog. de troca [cmol(+).kg ⁻¹]	7,43
Bases de troca [cmol(+).kg ⁻¹]	
Cálcio	1,07
Magnésio	0,20
Potássio	0,11
Sódio	0,19
Capac. de troca [cmol(+).kg ⁻¹]	9,09
Grau de saturação sm bases (%)	18
Micronutrientes (mg·kg ⁻¹)	
Cobre	0,5
Ferro	31,5
Zinco	1,9
Manganés	5,1
Boro	0,441

Dos valores apresentados verifica-se, em linhas gerais, que o solo ensaiado é ácido, tem um teor baixo em matéria orgânica, muito baixo em fósforo "assimilável" e médio em potássio "assimilável". Apresenta uma capacidade de troca catiónica baixa e um grau de saturação em bases também baixo. Quanto aos níveis de Cobre, Zinco, Manganés e Boro não parecem susceptíveis de ocasionar problemas de fitotoxicidade.

Os métodos analíticos utilizados na análise da terra foram os seguintes:

Para a M.O. determinou-se o carbono orgânico através do aparelho de Ströhleinn e multiplicou-se esse teor pelo factor 1,724. O pH foi determinado pelo eléctrodo de vidro, a condutividade eléctrica

através de um condutivímetro numa suspensão de terra:água de 1:5, o azoto kjeldahl pelo método Kjeldahl, o azoto nítrico por um eléctrodo selectivo, o fósforo e potássio "assimiláveis" foram extraídos pelo método de Egner-Riehm e doseados, colorimetricamente e por fotometria de chama, respectivamente. As bases de troca foram extraídas pelo método Mehlich e doseadas por espectrofotometria de absorção atómica. Os micronutrientes foram extraídos pelo método Lakanem e doseados por espectrofotometria de absorção atómica.

A água de rega utilizada foi água residual resultante de tratamento secundário da ETAR de Beirolas - Lisboa para as modalidades que o exigiam, tendo-se utilizado água desionizada nas restantes modalidades. Foram efectuadas várias colheitas de A.R. ao longo do ensaio apresentando-se os seus resultados analíticos no quadro 1.2.

Os métodos utilizados na análise da água residual são os referidos no Standardt Methods (1980) e A.O.A.C. Methods (1980).

2.2 Técnica Experimental

A terra original, após secagem ao ar, foi passada ao crivo de 5mm e subdividida em lotes de 12,0 kg, correspondente ao peso de terra a introduzir por vaso para cada modalidade e repetição. Os vasos utilizados foram do tipo Kick-Brauckmann.

Aos diversos lotes foi feita, manualmente, a incorporação de calcário e dos nutrientes para as modalidades que o exigiam.

Concluído o enchimento dos vasos, humedeceu-se o solo até à capacidade de campo, utilizando água desionizada, tendo-se prosseguido em seguida à sementeira.

Este ensaio decorreu nas instalações da Secção Autónoma de Química Agrícola do Instituto Superior de Agronomia - Lisboa e foi delineado com o objectivo de avaliar a capacidade da A.R. como água de rega no que diz respeito aos aspectos agronómicos, o seu efeito fertilizante e os benefícios da sua diluição. Dado que o solo inicial era ácido, foram introduzidas modalidades com calagem e sem calagem com o objectivo de avaliar a necessidade desta prática quando se utiliza A.R..

O ensaio compreendeu as seguintes modalidades:

- Rega com água desionizada e adubação NPK (D+F)
- Rega com A.R. e adubação NPK (R+F)
- Rega com A.R. sem adubação NPK (R)
- Rega com A.R. diluída a 50% sem adubação NPK (50% R)

Foram efectuadas estas modalidades com calagem (C1) e sem calagem (C0)

A quantidade de azoto, fósforo e potássio aplicados por vaso nas modalidades com adubação foi de:

- 1,5 g de azoto (N)
- 1,5 g de fósforo (P₂O₅)
- 1,0 g de potássio (K₂O)

Quadro 1.2 - Resultado das análises de água residual, utilizada no ensaio

parâmetro	20-11-91	11-12-91	27-12-91	15-1-92	18-1-92	x	s	min.	max.
ST (g·L ⁻¹)	0,60	0,75	0,66	0,55	0,75	0,66	0,09	0,55	0,75
SVT (g·L ⁻¹)	0,29	0,08	0,17	0,14	0,30	0,19	0,10	0,08	0,30
SST (g·L ⁻¹)	0,08	0,02	0,03	0,04	0,03	0,04	0,23	0,02	0,08
CQO (mg·L ⁻¹)	205,90	142,16	125,19	157,44	133,12	152,76	32,03	125,19	205,90
BOD ₅ (mg·L ⁻¹)	39,05	vest.	vest.	vest.	vest.	39,05	8,18	20,30	43,00
EC _w (mS·cm ⁻¹)	0,82	1,00	0,93	0,69	1,01	0,89	0,14	0,69	1,01
pH	7,8	7,6	7,6	7,8	7,9	7,7	0,12	7,6	7,9
N-N _x (N, mg·L ⁻¹)	34,50	32,30	30,10	20,30	43,00	32,04	8,18	20,30	43,00
N-NH ₄ ⁺ (N, mg·L ⁻¹)	-	0,27	26,90	19,70	38,00	27,90	6,54	19,70	38,00
N-NO ₃ (N, mg·L ⁻¹)	3,50	0,50	2,10	2,10	33,60	8,36	14,15	0,50	33,60
Cl (mg·L ⁻¹)	149,10	142,00	135,00	92,00	134,90	130,60	22,36	92,00	149,10
HCO ₃ ⁻ (meq·L ⁻¹)	6,24	7,70	7,30	5,40	7,18	6,76	0,93	5,40	7,70
P ₂ O ₅ (mg·L ⁻¹)	4,15	7,25	5,15	1,03	16,18	6,75	5,73	1,03	16,18
K (mg·L ⁻¹)	24,50	112,50	40,04	37,50	12,50	45,41	39,09	12,50	112,50
Ca (mg·L ⁻¹)	49,00	77,50	102,50	80,00	105,00	82,80	22,69	49,00	105,00
Na (mg·L ⁻¹)	103,50	13,75	92,50	50,00	180,00	87,95	62,61	13,75	180,00
Mg (mg·L ⁻¹)	6,25	10,00	10,00	5,00	10,00	8,25	2,44	5,00	10,00
Fe (mg·L ⁻¹)	4,60	2,53	3,50	2,00	4,00	3,81	1,06	2,00	4,60
Cu (mg·L ⁻¹)	-	0,45	0,50	0,50	0,50	0,49	0,10	0,45	0,50
Zn (mg·L ⁻¹)	2,05	0,83	0,50	vest.	vest.	0,68	0,85	vest.	2,05
Mn (mg·L ⁻¹)	0,10	0,43	vest.	vest.	vest.	0,11	0,19	vest.	0,43
B (mg·L ⁻¹)	0,37	1,17	1,45	1,23	2,03	1,25	0,60	0,37	2,03

Nas modalidades em que se efectuou a calagem aplicou-se 17,0g/vaso de carbonato de cálcio p.a. (com o objectivo de elevar o pH(H₂O) para 6,5).

1 solo* 3 repetições * 8 modalidades

Na adubação de sementeira, para as modalidades que o exigiam, o azoto foi aplicado em solução na forma de nitrato de amónio p.a. na totalidade, o fósforo e o potássio foram aplicados na forma de dihidrogenofosfato de potássio p.a..

As modalidades foram distribuídas ao acaso, com três repetições, totalizando vinte e quatro vasos.

A data de sementeira foi a 31/10/91, utilizou-se 1,5g de semente por vaso e efectuaram-se quatro cortes. Os cortes realizaram-se quando o azevém tinha uma altura aproximada de 30 cm. A produção da forragem foi avaliada pelo peso da Matéria Seca das plantas após cada corte, com base no peso obtido após secagem em estufa a uma temperatura de 50°C até peso constante.

Após a sementeira, os vasos foram colocados ao ar livre, sob cobertura e, mantiveram-se a 80% da capacidade de campo, sendo a rega efectuada ou com água desionizada ou com A.R. consoante as modalidades.

Nos primeiros quinze dias todos os vasos foram regados apenas com água desionizada.

Na altura da rega, procedia-se à rotação dos vasos, com o fim de fornecer condições o mais idênticas possíveis às plantas.

Após o último corte do azevém a terra de cada vaso foi retirada, homogeneizada e colhida uma amostra de terra por vaso para análise.

Para a interpretação estatística dos resultados comparámos as modalidades, da seguinte forma:

Modalidades com adubação e regadas com água desionizada ou com A.R., com e sem calagem (D+FC0; D+FC1; R+FC0 e R+FC1).

Modalidades regadas com A.R. com e sem adubação e com e sem calagem (R+FC0; R+FC1; RC0 e RC1).

Modalidades sem adubação regadas com A.R. com e sem diluição e com e sem calagem (RC0; RC1; 50%RC0 e 50%RC1).

A primeira abordagem permitiu-nos avaliar a capacidade da A.R. como água de rega, a segunda o seu efeito fertilizante e a terceira os benefícios ou desvantagens decorrentes da sua diluição. Em qualquer das três abordagens anteriores avaliámos também a necessidade da calagem, bem como o efeito alcalinizante da A.R. no solo em relação à prática normalmente usada para esse fim, a calagem.

2.3 Interpretação estatística dos resultados

Foi efectuado um delineamento experimental completamente casualizado. A análise estatística dos resultados foi feita no programa Statgraphics, versão 5.0, utilizando a análise de variância modelo fixo bifactorial incompleto. O teste de comparação múltipla de médias que utilizámos foi o de Tukey, para uma probabilidade de erro do tipo I inferior ou igual a 5% (P≤0.05).

3. Resultados e discussão

3.1 Planta

As plantas das modalidades regadas com A.R. e em que se efectuou a adubação tiveram produções superiores às regadas com água desionizada (Fig. 1.1), sendo as diferenças significativas apenas no

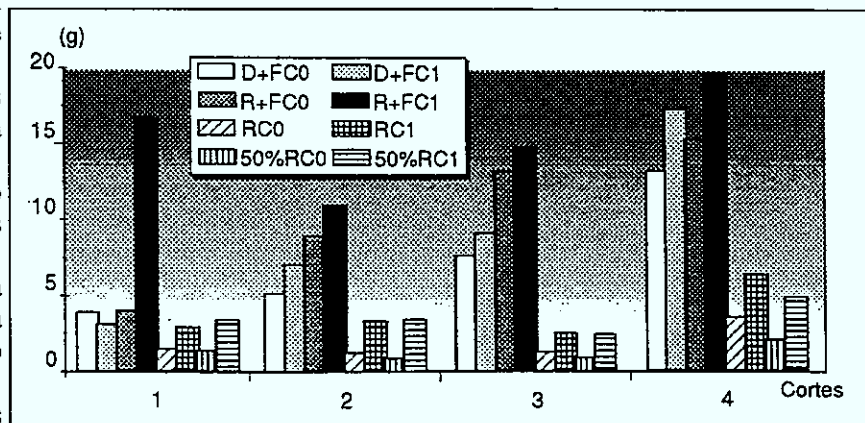


Figura 1.1 - Produção de matéria seca do azevém nas várias modalidades, nos quatro cortes (g).

segundo e terceiro cortes ($P \leq 0,001$). Quando se rega com A.R. e não se efectua a adubação NPK a produção das plantas diminui significativamente ($P \leq 0,001$ no segundo, terceiro e quarto cortes) quando comparada com a produção das plantas das modalidades também regadas com A.R. mas com adubação (Fig. 1.1).

A rega com A.R. mostrou ser benéfica à produção, devido, fundamentalmente, ao facto de ser fonte de elementos nutritivos, tendo um efeito semelhante segundo Neilsen *et al*, (1989a) a uma contínua fertirrigação, com uma concentração diluída de vários nutrientes vegetais.

As plantas das modalidades em que não se efectuou a adubação apresentavam produções de matéria seca significativamente inferiores às das modalidades em que essa adubação se efectuou, o que nos leva a concluir que a A.R. não terá um efeito fertilizante suficiente para dispensar a adubação, atendendo sobretudo ao facto do solo ser pobre em M.O. (e, portanto, em azoto) e em fósforo.

O azoto e o fósforo parecem ser os principais factores limitantes da produção.

Nas modalidades em que não se efectuou a adubação e se regou com A.R., ou com A.R. diluída, a produção decresce com a diluição da A.R., sendo esse decréscimo significativo ($P \leq 0,001$) no quarto corte (Fig. 1.1). Apesar de só se verificarem diferenças significativas no quarto corte, os resultados indicam uma tendência na redução da matéria seca das plantas com a diluição da A.R., dado que a sua concentração em nutrientes diminui.

Nestas duas últimas modalidades as produções foram sempre muito baixas, apresentando-se as plantas com folhas muito delgadas e com um aspecto amarelado, revelando deficiência em nutrientes, nomeadamente em azoto.

A calagem aumentou significativamente a produção das plantas. As modalidades em que se obtiveram maiores produções foram aquelas em que se efectuou a calagem, a adubação e a rega com A.R.. A calagem beneficiou a produção das plantas devido, principalmente, a ter criado melhores condições para a mineralização da M.O. e nitrificação do azoto, disponibilizando mais elementos nutritivos e a ter aumentado o teor em cálcio do solo. Quanto ao efeito que teve nos micronutrientes podemos dizer que, para os estudados, apesar do seu teor no solo não ter sido afectado significativamente criaram-se condições, com a calagem que levaram a uma diminuição na sua absorção, exceptuando-se o caso do ferro.

3.2 Evolução de algumas características do solo

No final do ensaio, tanto o teor em M.O. como o valor de pH (Fig. 1.2) não sofreram alterações significativas pelo facto de se ter regado com A.R. Esta continha alguma M.O., que não foi no entanto suficiente para

alterar o seu valor. Possivelmente, também nas modalidades regadas com A.R. a mineralização da M.O. poderá ter sido mais intensa devido ao facto desta água conter microrganismos e nutrientes que poderão ter criado melhores condições para essa actividade. Nas modalidades em que se regou apenas com A.R. o facto de se ter efectuado adubação NPK não alterou significativamente o teor em M.O. do solo, mas alterou significativamente ($P \leq 0,05$), o valor de pH (Fig. 1.2). As modalidades em que se efectuou a adubação apresentam um valor de pH significativamente inferior ao das

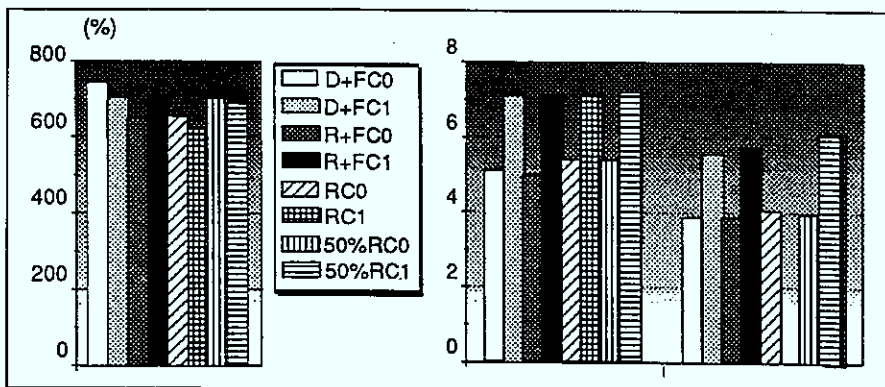


Figura 1.2 - Teor em matéria orgânica do solo (%) e valor de pH(H₂O) (1) e pH (KCl) (2) nas várias modalidades.

modalidades em que essa adubação não se efectuou. Pensamos que isso se deverá ao efeito acidificante do nitrato de amónio utilizado na adubação azotada. Verifica-se, ainda, que a diluição da A.R não alterou significativamente o valor de pH mas diminui significativamente ($P \leq 0,01$) o teor em M.O. do solo (Fig. 1.2). A A.R. terá, portanto, um certo efeito benéfico no teor em M.O. do solo, que poderá ser dissipado devido, possivelmente, a uma mais intensa actividade microbiana quando se rega com esta água.

A calagem não afectou significativamente o teor em M. O. do solo, observando-se, no entanto, uma tendência para um decréscimo, devido ao facto de existirem melhores condições de meio para a sua mineralização, o que conduz a uma maior disponibilidade de nutrientes para as plantas. O pH subiu significativamente como era o nosso objectivo, tendo decrescido significativamente o teor em hidrogénio de troca. Podemos concluir que a A.R., por si só, não teve um efeito alcalinizante suficiente para dispensar a calagem, durante o tempo que durou o ensaio, tendo-se observado, no entanto, nas modalidades regadas apenas com A.R. sem calagem um ligeiro aumento em relação ao pH da terra inicial.

A condutividade eléctrica do solo aumentou significativamente ($P \leq 0,01$) nas modalidades regadas com A.R., o que indica que a solução do solo ficou mais rica em iões, (Fig. 1.3). Nas modalidades regadas apenas com A.R., a adubação, ou a diluição da A.R. não alteraram significativamente o valor da condutividade eléctrica, decrescendo no entanto o seu valor nas modalidades em que se efectuou a diluição (Fig. 1.3). Não nos podemos esquecer

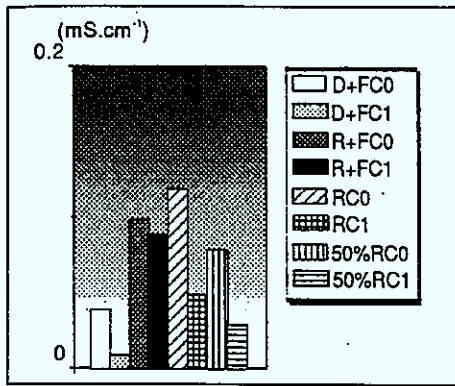


Fig. 1.3 - Valor da condutividade eléctrica do solo ($\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$) nas várias modalidades com AR deverá ser controlado.

As modalidades regadas com A.R. apresentavam um teor em azoto kjeldahl significativamente inferior ($P \leq 0,01$) ao das modalidades regadas com água desionizada, (Fig. 1.4) o que nos parece significar que por um lado a actividade microbiana do solo será mais intensa,

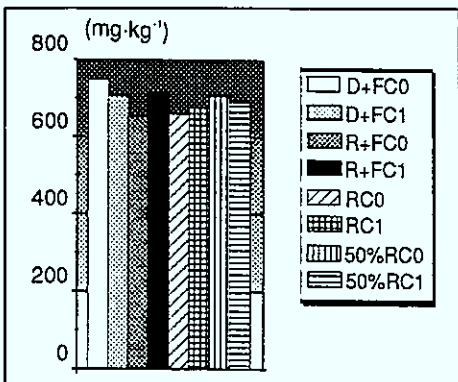


Figura 1.4 - Teor em azoto kjeldahl do solo ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) nas várias modalidades.

Nas modalidades regadas com A.R. o teor em azoto kjeldahl aumenta quando se faz a calagem, acontecendo o contrário nas modalidades regadas com água desionizada.

Quando comparamos as modalidades regadas com A.R. com e sem adubação verificamos que o teor em azoto kjeldahl do solo não sofre variação significativa (Fig. 1.4) o que nos parece ser devido ao facto de as plantas, tendo produções muito baixas nas modalidades sem adubação, terem tido taxas de absorção de azoto muito baixas.

A diluição da A.R. também parece não afectar significativamente o teor em azoto, kjeldahl do solo (Fig. 1.4).

A rega com A.R. conduziu a um aumento do teor em nitratos do solo, devido à concentração em azoto desta água, que juntamente com a adubação azotada efectuada excedeu as necessidades das plantas (Fig. 1.5). Este aspecto é de ter em consideração no planeamento de sistemas de irrigação com A.R., uma vez que esta prática pode conduzir a um aumento da poluição em nitratos no solo, com consequências graves para a saúde do Homem e animais por ingestão de alimentos e águas contaminados.

que o tempo de duração do ensaio não foi possivelmente suficiente para que a diluição da A.R. se mostre eficaz numa significativa redução do valor deste parâmetro. De qualquer forma o valor da C.E., quando se rega

levando a uma maior mineralização/nitrificação do azoto e, por outro lado, as plantas produzindo mais, tiveram maiores taxas de absorção de azoto. Nestas modalidades, a interacção entre o tipo de água utilizado na rega e a calagem é significativa ($P \leq 0,001$).

A interacção entre o tipo de água utilizado na rega e a calagem efectuada, no teor em nitratos do solo é significativa ($P \leq 0,001$). Quando se efectua a calagem e se rega com A.R. o teor em nitratos do solo aumenta significativamente, devido, possivelmente, ao facto de haver melhores condições de meio para a nitrificação e por a A.R. ser fonte desse elemento.

Quanto ao efeito da diluição da A.R. no teor em nitratos do solo, não se verificaram diferenças significativas entre as modalidades (Fig. 1.5).

O teor em fósforo "assimilável" do solo não apresenta variações significativas em relação ao tipo de água utilizado na rega (Fig. 1.6). As exportações foram superiores nas plantas regadas com A.R., pelo que podemos concluir que a A.R. conduziu a um aumento do fósforo disponível do solo, que foi de imediato dissipado devido a um aumento das exportações neste elemento. Nas modalidades em que se regou apenas com A.R. a adubação fosfatada provocou um aumento significativo ($P \leq 0,001$) no teor em fósforo do solo, o que significa que a aplicação desta A.R. ao solo não substitui a adubação, o que também se poderá observar no facto das plantas terem teores mais baixos em fósforo nas modalidades sem adubação, este foi certamente um elemento limitante. A diluição da A.R. não afecta significativamente o teor em fósforo do solo (Fig. 1.6).

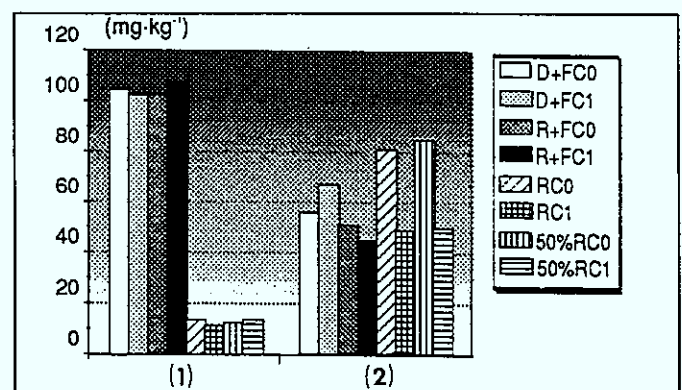


Figura 1.6 - Teor em fósforo "assimilável" (1) e potássio "assimilável" (2) do solo ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) nas várias modalidades.

A interacção entre o tipo de água utilizado na rega e a calagem no teor em potássio "assimilável" do solo, é significativa ($P \leq 0,05$). Quando se efectua a calagem e se rega com A.R. o teor em potássio do solo decresce significativamente, em relação à modalidade correspondente regada com água desionizada e, quando

não se efectua a calagem, o teor em potássio do solo não varia significativamente com o tipo de água utilizado na rega.

Nas modalidades em que se regou apenas com A.R. com e sem adubação, a interacção entre a adubação efectuada e a calagem no teor em potássio do solo é significativa ($P \leq 0,01$). Quando não se faz a calagem nem a adubação NPK, o teor em potássio do solo aumenta significativamente, possivelmente devido à baixa exportação neste elemento. À diluição da A.R. não afecta significativamente o teor em potássio do solo (Fig. 1.6). Nota-se que as modalidades que apresentavam um teor mais baixo em potássio no solo foram as regadas com A.R. e em que se fez a adubação o que poderá ser explicado pela maior exportação deste elemento pelas plantas destas modalidades, não tendo este tipo de água fornecido potássio suficiente para compensar o aumento das exportações.

O facto de se regar com A.R. não alterou significativamente o teor em **hidrogénio, cálcio e magnésio** de troca, apesar das modalidades regadas com A.R. apresentarem valores mais elevados de cálcio e magnésio de troca (Fig. 1.7). O teor em **sódio** de troca aumentou significativamente ($P \leq 0,001$), pelo facto de se regar com este tipo de água, enquanto que o teor em potássio de troca diminui significativamente ($P \leq 0,01$). Os resultados apresentados indicam que a rega com A.R. conduziu não só a um aumento do teor em sódio da solução do solo, como também do teor em sódio no complexo de troca o que poderá conduzir, nas aplicações a longo prazo, a problemas não só de salinidade (já referidos quando se falou na condutividade eléctrica) mas também de permeabilidade, podendo originar desequilíbrios iónicos; afectar o movimento do ar e da água no solo e criar dificuldades ao desenvolvimento radicular e à absorção de água pelas plantas.

Quando se rega apenas com A.R. a adubação efectuada não altera significativamente o teor em hidrogénio, cálcio, magnésio e sódio de troca. Apenas o potássio de troca apresenta um teor significativamente inferior ($P \leq 0,05$), nas modalidades em que se efectuou a adubação (Fig. 1.7), o que pode, em parte, ser explicado por uma maior exportação pelas plantas deste elemento nesta modalidade, ocasionando não só uma descida

do potássio da solução do solo, mas também de outras formas de potássio nomeadamente do potássio de troca. O aumento do teor em sódio de troca do solo regado com A.R. pode também, em parte, justificar esta descida, podendo ter havido alguma substituição de sódio por potássio. A diluição da A.R. não afectou significativamente o teor em hidrogénio, magnésio e potássio de troca, e diminuiu significativamente ($P \leq 0,001$) o teor em sódio de troca (Fig. 1.7). Este aspecto parece ser importante na prevenção de problemas de salinidade e de sodicidade. Quanto ao teor em cálcio de troca, nestas modalidades a interacção é significativa ($P \leq 0,05$), verificando-se que nas modalidades em que se efectuou a calagem a diluição da A.R. conduz a um aumento significativo do teor em cálcio de troca do solo, enquanto que nas modalidades em que não se efectuou a calagem esse teor não varia significativamente com a diluição, tendo porém tendência a baixar. O facto do cálcio de troca aumentar nas modalidades regadas com A.R. diluída e com calagem será devido à calagem em primeiro lugar e, também, a uma menor concentração em sódio desta água.

O teor do solo nos micronutrientes (**cobre, ferro, zinco e manganés**) parece não ser afectado pela rega com A.R., pela adubação ou pela diluição desta água, que apresentava teores baixos destes elementos, não conduziu nas aplicações a curto prazo a alterações significativas. O solo ensaiado era ácido, apresentava uma capacidade de troca catiónica baixa o que leva a que estes micronutrientes estejam na sua maior parte na forma iónica na solução do solo, podendo ser facilmente absorvidos pelas plantas ou lixiviados. Pensamos que nas aplicações a longo prazo o teor destes elementos no solo deverá ser controlado, a fim de evitar possíveis problemas de poluição.

O teor em **boro** do solo aumentou significativamente ($P \leq 0,001$) devido à rega com A.R. (Fig. 1.8). A interacção foi significativa ($P \leq 0,001$) nestas modalidades, verificando-se que a rega com A.R. conduz a um aumento significativo no teor em boro do solo quer se faça ou não a calagem, mas esse aumento é mais acentuado quando se faz a calagem e se rega com A.R.. Este aumento do teor em boro do solo pode inicialmente, em solos deficientes, neste elemento ser uma vantagem, mas pode transformar-se num

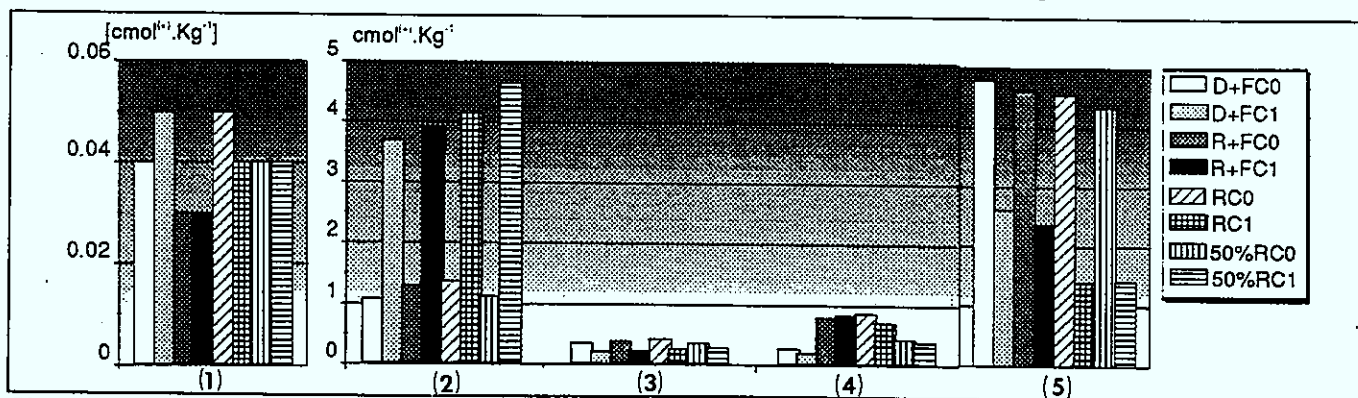


Figura 1.7 - Teor nas bases de troca [K (1), Ca (2), Mg (3), Na (4)] e Hidrogénio (5) de troca do solo [cmol(+).kg⁻¹] nas várias modalidades.

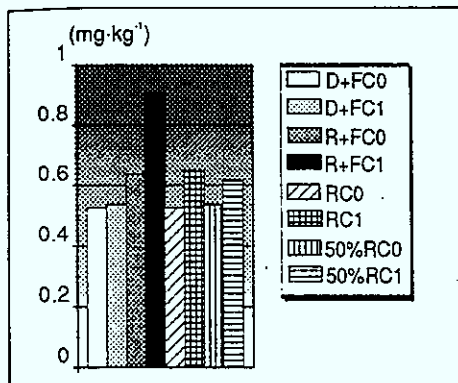


Figura 1.8 - Teor em Boro do solo (mg·kg⁻¹) nas várias modalidades.

Este será também um dos aspectos a ter em consideração no planeamento de sistemas de rega com este tipo de água.

O teor em boro aumentou com a calagem, sendo essa diferença significativa nas modalidades em que além de se fazer a calagem se rega com A.R. e se adubou.

4 . Conclusões

A rega parece-nos ser um excelente uso para A.R., porque além de fornecer água às plantas fornece também nutrientes. No entanto a sua composição química e biológica pode vir a afectar adversamente as culturas, o solo, as águas subterrâneas, os trabalhadores

inconveniente num espaço de tempo mais ou menos curto, dado que a diferença entre o nível de boro no solo que pode ocasionar problemas de fitotoxicidade e o nível de deficiência é muito pequena.

rurais e os consumidores das culturas. Uma gestão criteriosamente planeada da sua utilização é portanto imprescindível.

5 . Referências bibliográficas

- Asano, T., Richard, D., Crites, R.W. e Tchobanoglous, G., (1992). Evolution of tertiary treatment requirements in California. *Water Environ. & Techn.*4(2): 36-41.
- Chopp, K.M., Clapp, C.E. e Schimdt, E.L., (1982). Ammonia - oxidizing bacteria populations and activities in soils irrigated with municipal wastewater effluent. *J. Environ. Qual.*11(2): 221-226.
- Horta Monteiro, C. (1994). *Utilização de Água Residual Urbana na Cultura de Azevém (Lolium multiflorum Lam.)* Trabalho realizado para obtenção do grau de Mestre em Nutrição Vegetal, Fertilidade do Solo e Fertilização.
- Neilsen, G.H., Stevenson, D.S., Fitzpatrick, J.J. e Brownlee, C.H., (1989). Nutrition and yield of young apple trees irrigated with municipal wastewater. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*114(3): 377-383.
- WHO, (1989). *Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture*. Report of a WHO Scientific Group, World Techni 778, WHO, Geneve, Switzerland.

(1) Comunicação apresentada no VIII International Symposium of CIEC, "Fertilizers and Environment", 26-29 Setembro 1994, Salamanca, Espanha.

* Professora Adjunta da ESACB.

** Assistente do Inst. Sup. de Agronomia

*** Professor Catedrático do Inst. Sup. de Agronomia

**NOVO curso
da ESACB**

Engenharia Rural

Tem como objectivo formar técnicos de Engenharia Rural com formação específica nas áreas de construção de infraestruturas rurais, da mecanização de actividades agrícolas, pecuárias e florestais e da gestão e conservação dos recursos envolvidos, orientados para a promoção da modernização e desenvolvimento rural sustentado.