

# Programa de Apoio à Modernização Agrícola e Florestal • Medida 4, Acção 1 - IED



# Utilização Sustentável de Águas Residuais e Resíduos Orgânicos

Relatório final



Projecto PAMAF IED - 8064

<b>Índice</b>	<b>Pag</b>
I Parte	
1- Caracterização do projecto	3
Título	
Instituições participantes	
Execução financeira	4
2- Nota introdutória	5
3- Objectivos e síntese dos trabalhos realizados	6
4- Divulgação do projecto e dos resultados	7
5- Grandes conclusões	9
5.1- Rega com água residual	9
5.2- Efeito fertilizante de lamas de depuração desidratadas e celulósicas	10
5.3- Metodologias de aplicação de resíduos orgânicos líquidos	11
5.4- Mobilização mínima versus mobilização tradicional	11
5.5- Lixiviados	11
6- Estado dos conhecimentos à partida	12
7- Aquisições concretizadas	12
8- Linhas de trabalho em aberto	13
II Parte	
Relatórios finais do projecto por instituição participante:	
Escola Superior Agrária de Castelo Branco	
Direcção Regional de Agricultura da Beira Interior	
Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Castelo Branco	

## 1- Caracterização do projecto

**Título – Utilização sustentável de águas residuais e resíduos orgânicos,  
Projecto PAMAF IED n.º 8064**

### **Instituições participantes:**

**Escola Superior Agrária de Castelo Branco (ESACB)**

#### **Equipa executora do projecto**

<b>Técnicos superiores – Nome completo</b>	<b>Categoria</b>
Maria do Carmo S.M. Horta Monteiro	Professor Adjunto
Maria Fernanda G. D. Ferreira de Sousa	Professor Adjunto
João Paulo Baptista Carneiro	Professor Adjunto
Paulo Manuel Pires Águas	Professor Adjunto
José Sarreira Tomás Monteiro	Professor Adjunto
Francisco de Noronha G. Franco Frazão	Professor Adjunto

#### **Responsável pela componente do projecto executada na Instituição:**

Nome: Maria do Carmo Simões Mendonça Horta Monteiro

**Direcção Regional de Agricultura da Beira Interior (DRABI)**

#### **Equipa executora do projecto**

<b>Técnicos superiores – Nome completo</b>	<b>Categoria</b>
Maria João Aguilar de Carvalho Águas	Eng. 2. <sup>a</sup> Classe
Ana Paula Cruz	Eng. 2. <sup>a</sup> Classe
António Esteves Leitão Cerdeira	Eng. 1. <sup>a</sup> Classe

#### **Responsável pela componente do projecto executada na Instituição:**

Nome: Maria João Aguilar de Carvalho Águas

**Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Castelo Branco (SMASCB)**  
**Equipa executora do projecto**

<b>Técnicos superiores – Nome completo</b>	<b>Categoria</b>
José António Afonso Calmeiro	Director-Delegado (Eng. Civil)
Ana Maria Mendes Carvalho	Téc. Sup. 1. <sup>a</sup> Classe (Eng. Ambiente)

**Responsável pela componente do projecto executada na Instituição:**

Nome: José António Afonso Calmeiro

**Responsável pelo projecto:**

Nome: Manuel Rijo

Categoria: Professor Associado com agregação – Universidade de Évora

**Execução financeira**

A execução financeira por instituição e total do projecto apresenta-se na tabela seguinte:

**Tabela 1** – Taxa de execução financeira por instituição e total do projecto

<b>Instituição</b>	<b>Orçamento global (c)</b>	<b>Taxa de execução financeira (%)</b>
<b>ESACB</b>	<b>7 325</b>	<b>99,8</b>
<b>DRABI</b>	<b>2 070</b>	<b>100</b>
<b>SMASCB</b>	<b>1 260</b>	<b>100</b>
<b>Total do projecto</b>	<b>10 655</b>	<b>99,9</b>

C – milhares de escudos

## 2 – Nota introdutória

A região de intervenção deste projecto de IED (Beira Interior) é caracterizada por possuir solos de uma maneira geral de baixa fertilidade, por apresentar escassos recursos hídricos e, por desenvolver uma actividade agrícola associada a culturas tradicionais, cuja rendibilidade tem vindo a decrescer. Estas circunstâncias têm contribuído para um crescente êxodo rural desta zona. Por outro lado, é uma região onde são produzidos cada vez mais resíduos, susceptíveis de conduzir à degradação da qualidade do ambiente e que, pelas suas características, poderão ser utilizados em agricultura, como fontes alternativas de água ou fertilizantes. É o caso das águas residuais (A.R.), chorumes, lamas celulósicas e de depuração.

Em regiões de clima mediterrâneo, a produtividade das culturas de primavera-verão, está fortemente dependente da possibilidade de se efectuar a rega, durante todo ou parte do seu ciclo vegetativo. A agricultura, surge assim, como o sector com maiores necessidades de água (cerca de 70%), situando-se a utilização da água para fins agrícolas no segundo lugar da tabela de prioridades de utilização do domínio hídrico em situações conflituosas, estabelecida no Decreto-Lei 46/96 de 22 de Fevereiro.

A utilização de águas residuais tratadas na rega insere-se por um lado no âmbito da gestão integrada dos recursos hídricos e, por outro lado, no âmbito mais geral de uma política de desenvolvimento sustentável, pois permite a sua valorização como um factor de Produção. De igual modo, também a utilização de resíduos orgânicos como fertilizantes, poderá constituir-se quando bem gerida, um destino final ambientalmente aceitável. A utilização tanto de águas residuais tratadas na rega, como de resíduos orgânicos, poderá possibilitar aumentos de rendibilidade das explorações agrícolas, e ainda contribuir para a conservação da água, a reciclagem de nutrientes e a minimização da poluição das águas superficiais e subterrâneas.

No âmbito da legislação nacional sobre a utilização agrícola de resíduos orgânicos, salientamos, o Decreto-Lei n.º 236/98 de 1 de Agosto que contempla os requisitos a cumprir quando se utilizam águas residuais tratadas na rega, a Portaria 176/96 de 3 de Outubro que regulamenta a quantidade de metais pesados a incorporar no solo e o Código das Boas Práticas Agrícolas.

### 3 – Objectivos e síntese dos trabalhos realizados

São objectivos deste trabalho estudar a utilização sustentada de águas residuais na rega e de resíduos orgânicos como fertilizantes, nas condições agro-climáticas da região da Beira Interior e, em culturas alternativas às tradicionais. Tenta-se assim contribuir para aumentar a viabilidade económicas das explorações agrícolas, não só pela introdução de tais culturas, mas também pela introdução de novos factores de produção e tecnologias mais económicas. Como culturas alternativas utilizar-se-á o triticales, cultura arvenses especialmente vocacionada para explorações de grande dimensão, nomeadamente em substituição do tradicional centeio e flores de corte, produzidas em estufa.

Para cumprir com os objectivos atrás mencionados, avaliou-se a viabilidade de utilização de água residual na rega, quer das flores de corte, quer do milho forrageiro. A água residual utilizada era proveniente do tratamento secundário pelo processo das lamas activadas, efectuado na ETAR Sul de Castelo Branco. Esta água residual foi sujeita a um processo de desinfecção por cloragem, testando-se também o efeito deste tratamento sobre algumas características do solo e das plantas.

Estudou-se também, a viabilidade de utilização como fertilizantes de alguns resíduos orgânicos (lamas de depuração, lamas celulósicas e chorumes) numa rotação triticales-milho forrageiro.

Testou-se a utilização de diferentes metodologias de aplicação de lamas de depuração líquidas e chorumes (tradicional, em banda e por injeção), bem como a utilização de diferentes técnicas de sementeira (tradicional e mobilização mínima).

Na tabela 2 apresentam-se as actividades propostas para a concretização do presente projecto, bem como a afectação das diversas actividades a cada instituição participante.

Na quinta da Sr.<sup>a</sup> de Mércules, pertencente à Escola Superior Agrária realizaram-se os ensaios de campo deste projecto. No laboratório de solos e fertilidade da ESACB e no laboratório de microbiologia da DRABI realizaram-se as análises laboratoriais necessárias à execução do projecto.

Tabela 2 – Actividades do projecto e sua afectação às instituições participantes

Actividades	1997	1998	1999	Instituição
Caracterização físico-química e microbiológica dos resíduos	X	X	X	ESA
Caracterização inicial físico-química dos solos ensaiados	X			ESA
Análise físico-química e microbiológica da água residual inicial e ao longo dos ensaios, bem como da água da rede	X	X	X	SMAS-CB
Delineamento experimental dos ensaios de campo	X			ESA, DRABI
Instalação dos ensaios:				
Milho				
Triticales	X	X	X	ESA
Crisântemo				
Gladíolo				
Acompanhamento dos ensaios	X	X	X	ESA
Colheita e quantificação da produção	X	X	X	ESA

Análise qualitativa da produção	X	X	X	ESA
Análise microbiológica das plantas	X	X	X	DRABI
Colheita e caracterização físico-química das amostras de terra das várias modalidades	X	X	X	ESA
Análise físico-química dos lixiviados recolhidos em cápsulas de cerâmica	X	X	X	ESA
Análise microbiológica dos lixiviados	X	X	X	DRABI
Avaliação estatística dos efeitos da aplicação de águas residuais, lamas e chorume em flores de corte, triticale e milho, nos aspectos quantitativos e qualitativos bem como das características físico-químicas do solo	X	X	X	ESA
Avaliação estatística das diferentes metodologias de aplicação de chorume e lamas urbanas liquefeitas, através da produção obtida, resultados analíticos dos elementos lixiviados e contabilização do balanço de nutrientes veiculados em relação à fertilização tradicional	X	X	X	ESA
Avaliação estatística das diferentes técnicas de sementeira, através da produção obtida, efeito em algumas características físico-químicas do solo e nos resultados analíticos dos elementos lixiviados.	X	X	X	
Monitorização da ETAR	X	X	X	SAMAS-CB
Relatório de progresso das actividades do projecto	X	X	X	ESA, DRABI, SMAS-CB
Elaboração de trabalhos científicos			X	ESA, DRABI, SMAS-CB
Tratamento global dos resultados obtidos no decurso do projecto			X	ESA
Demonstração e divulgação dos resultados		X	X	ESA, DRABI
Relatório final			X	ESA, DRABI, SMAS-CB

## 4 – Divulgação do projecto e dos resultados

A divulgação dos resultados do projecto foi efectuada através das seguintes formas:

### **Apresentação de comunicações em congressos ou reuniões de carácter técnico e científico:**

#### **Comunicações orais:**

- Horta-Monteiro C., Carneiro J.P., Águas P.M., Lopes P., Águas M.J. e Rijo M. (1998). Maize irrigation with municipal wastewater. 1\_ Yield and soil impact. *AWT98-Advanced Wastewater Treatment, Recycling and Reuse. Conference Proceedings*, Vol.2, Milano 14-16 September 1998.
- Monteiro J.T., Horta-Monteiro C., Carneiro J.P., Águas P. e Rijo M. (2000). Mobilização do solo, aplicação de resíduos orgânicos e matéria orgânica. Encontro Anual da Sociedade Portuguesa de Ciência do Solo – Uso do solo e da água, Évora, 15-17 de Junho de 2000. Aguarda publicação na revista *Pedon*.
- Horta-Monteiro M. C. e Delgado-Sousa F. (2001). A utilização de águas residuais na rega de flores de corte: Crisântemo, Gladiolo e Narciso. Comunicação a apresentar no *IV Congresso Ibérico de Ciências Hortícolas*, Cáceres 7-11 de Maio de 2001.

**Poster:**

- Horta-Monteiro C., Carneiro J.P. e Águas P. (1999). Teor em metais pesados no solo resultante da aplicação de lamas de depuração. Encontro Anual da Sociedade Portuguesa de Ciência do Solo, Vila Real, 28-30 de Junho de 1999. Aguarda publicação na revista *Pedon*.
- Horta-Monteiro C. e Delgado-Sousa F. (1999). Production and corm yield of gladiolus irrigated with municipal wastewater. 3<sup>rd</sup>. *International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops*, Estoril, Portugal. 28 de Junho a 2 de Julho de 1999.
- Horta-Monteiro C., Carneiro J.P., Águas P., Monteiro J.S., Lopes P. e Rijo M. (1999). Valorização agrícola de lamas de depuração desidratadas. Efeitos no solo. *Proceedings do Congresso LatinoAmericano de la Ciencia del Suelo*. Universidad de la Frontera, Temuco,-12 de Novembro de 1999.

**Trabalhos de fim de curso em Engenharia de Produção Agrícola (bacharelato):**

- *Contribuição para o estudo da Utilização de Resíduos Orgânicos na Produção de Milho Forragem*. Apresentado em 7 de Outubro de 1998.
- *Efeitos da Utilização de Resíduos Orgânicos Urbanos e Industriais num Solo de Aluvião*. Apresentado em 14 de Outubro de 1998.
- *Efeitos da Aplicação de Lamas Celulósicas e Urbanas na Cultura do Milho (Zea mays L.)*. Trabalho apresentado em 21 de Julho de 1998.
- *Efeito da Rega com Água Residual na Qualidade do Milho (Zea mays L.) para ensilagem*. Trabalho apresentado em 2 de Outubro de 2000.
- *Estudo da utilização de Água Residual Urbana na Rega do Milho Forragem (Zea mays L.)*. Trabalho apresentado em 25 de Outubro de 2000.

O relatório final do trabalho de fim de curso é pública e formalmente apresentado, constituindo para além do documento escrito, uma forma excelente de divulgação para os futuros diplomados e técnicos que assistem/colaboram nestes trabalhos.

**Acções de formação para técnicos**

De 27 de Setembro a 1 de Outubro de 1999 a ESACB através de docentes que integram a equipa do presente projecto efectuou uma acção de formação para técnicos, organizada pela MEIMOACOOP, subordinada ao tema “Aproveitamento de resíduos orgânicos e de águas depuradas como factor de produção”. Nesta acção foram divulgados resultados obtidos nos ensaios do presente projecto.

**Sessão Pública e Dia Aberto**

No dia 18 de Julho de 2000 foi efectuada na Escola Superior Agrária de Castelo Branco uma Jornada Técnica com o título “Utilização de Resíduos em Agricultura”. Nesta Jornada Técnica foram apresentados os resultados do presente projecto, foi efectuada uma visita ao campo de ensaios e a demonstração do equipamento de distribuição de resíduos orgânicos líquidos.

No anexo V (parte II) apresenta-se o desdobrável de divulgação do encontro, uma publicação com informação sobre o projecto, a lista dos participantes e uma publicação de divulgação dos resultados do projecto.

## Actividade docente

Os docentes que integraram a equipa da ESACB tiveram ainda a oportunidade de divulgar resultados e aspectos relacionados com o projecto, no âmbito da sua actividade docente em diversas disciplinas como: Fertilidade do Solo e Fertilização, Poluição e Conservação e Ecologia da Produção e Protecção do Ambiente.

## 5 – Grandes conclusões

Os resultados que obtivemos neste projecto, permitem-nos traçar as conclusões que a seguir se apresentam.

### 5.1 – Rega com água residual

A rega com água residual conduziu a uma maior produção do milho forrageiro, sem afectar significativamente, quer a composição química, quer a sua digestibilidade. Também se mostrou adequada para a rega de flores de corte, não afectando a sua qualidade e portanto o seu valor comercial.

No solo, a rega com água residual, conduziu a uma tendência para um ligeiro aumento/manutenção nos teores em matéria orgânica e pH e, a um aumento no teor em bases, nomeadamente cálcio e sódio.

A cloragem (desinfecção) da água residual não evidenciou afectar negativamente os aspectos quantitativos, qualitativos e físico-químicos avaliados nas plantas e no solo.

Quando a rega com água residual é efectuada localizadamente (por gravidade por ex.) a contaminação microbiológica acima do solo (plantas e atmosfera) é mínima. No entanto, e porque este é uma metodologia de rega cada vez menos utilizada, aconselha-se a desinfecção da água residual (ver parte II, ponto 4.5).

Globalmente, os parâmetros de avaliação da qualidade de uma água para rega definidos no DL 236/98, parecem-nos adequados.

No entanto, nas áreas regadas com água residual, os parâmetros que nos parecem mais sensíveis, sendo em nossa opinião necessária a sua monitorização, são a salinidade do solo (avaliada através da condutividade eléctrica) e a sua possibilidade de alcalinização (avaliada através da percentagem de sódio de troca presente no complexo de troca).

De acordo com os resultados obtidos, estimamos que, para um milho forrageiro de ciclo curto (FAO-200), e regando com água residual, a produção esperada será de 56 t.ha<sup>-1</sup> de matéria verde, nas seguintes condições:

Quantidade de água residual utilizada na rega: 4000 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>

Adubação azotada: 120 kg.ha<sup>-1</sup>

Solo com teores elevados de fósforo e potássio “assimiláveis” e reacção pouco ácida a neutra.

Tendo em conta os caudais produzidos nas duas ETAR's de Castelo Branco indica-se uma área de 130 há como possível de ser regada com essa água residual tratada, em situações sem armazenamento de água residual durante a estação fria.

No final deste ensaio, podemos dizer que a água residual mostrou ser uma fonte alternativa de água para rega.

## **5.2 – Efeito fertilizante de lamas de depuração desidratadas e celulósicas**

A incorporação no solo de lamas celulósicas e de depuração desidratadas, não afectou negativamente, quer a produção, quer a composição do milho e do triticales forrageiros.

Observou-se que na cultura instalada imediatamente após a incorporação de resíduos, poderia haver algum efeito depressivo sobre a produção, o que já não se observava na cultura seguinte, havendo até tendência para o seu aumento. Deste modo, constatou-se ser conveniente que a incorporação de resíduos se efectue com alguma antecedência em relação à data de instalação da cultura.

Como aspectos mais relevantes, sobre o efeito destes resíduos na fertilidade do solo, salientamos uma importante e positiva acção das lamas celulósicas sobre o valor de pH, cálcio de troca e sobretudo no teor de matéria orgânica do solo, mesmo para nível mais baixo do resíduo utilizado (o quantitativo de lamas celulósicas incorporado foi de 30 e de 60 t.ha<sup>-1</sup>).

Relativamente ao teor em metais pesados no solo, a incorporação de lamas de depuração (3 e 6 t.ha<sup>-1</sup>), não ocasionou aumentos significativos (o teor de metais pesados nestas lamas era baixo), situando-se o seu valor no solo, aquém dos valores limite estabelecidos na Portaria 176/96 de 3 de Outubro. Somos de opinião que outros parâmetros do solo, nomeadamente o teor de matéria orgânica e a capacidade de troca catiónica, sejam também tomados em consideração no estabelecimento de valores limite de metais pesados no solo, aspectos actualmente não contemplados nesta Portaria. Aconselha-se ainda o controlo da acidez do solo, de forma a impedir um aumento da mobilidade/bio disponibilidade dos metais pesados no solo.

Ainda, e relativamente às lamas de depuração, consideramos que a principal limitação à quantidade a incorporar no solo, será o seu teor em azoto.

## **5.3 – Metodologias de aplicação de resíduos orgânicos líquidos**

As metodologias alternativas de aplicação de resíduos líquidos, tais como a injeção e a distribuição em banda, manifestaram-se adaptadas à situação produtiva realizada no projecto (culturas em linha), neste caso milho forrageiro, obtendo-se:

- Alargamento do período de aplicação dos resíduos para além do período anterior à sementeira;
- Anulação do contacto entre o resíduo e a parte aérea da planta;
- Redução ou mesmo anulação da emissão de maus cheiros, o que significa uma redução na volatilização do azoto;
- Aplicação do resíduo com a cultura instalada, não provocando agressão mecânica às plantas nem redução na produção.

## **5.4 – Mobilização mínima versus mobilização tradicional**

Como aspectos mais relevantes na metodologia de mobilização mínima do solo, salientamos a necessidade de existir um bom domínio desta tecnologia, nomeadamente no que diz respeito ao conhecimento das características do semeador e das suas condições de operação. Para além disso, e para que a produção não seja afectada, o controlo das infestantes assume particular importância quando se utiliza esta metodologia.

Quanto ao efeito da mobilização mínima do solo no seu teor em matéria orgânica, verificámos que apesar de não se ter observado um aumento significativo, os resultados sugerem uma tendência para a manutenção/aumento do seu teor no solo.

## 5.5 – Lixiviados

Os resultados obtidos evidenciam a importância de se efectuar uma avaliação dos elementos lixiviados quando se pretendem traçar conclusões sobre a utilização deste tipo de resíduos.

Uma vez que a maioria dos nossos solos apresenta textura ligeira, com uma baixa capacidade de retenção de água e uma permeabilidade elevada e, que a precipitação apesar de se concentrar no semestre frio, apresenta elevada variabilidade entre anos, somos de opinião que a avaliação dos lixiviados deve ser estudada tendo em conta também esta variabilidade.

## 6 – Estado dos conhecimentos à partida

A utilização de águas residuais na rega e de resíduos orgânicos como fertilizantes tem vindo a ser efectuada, nomeadamente noutros países da União Europeia com condições edafo-climáticas distintas das nossas. Também em Portugal, o destino final de alguns efluentes tem passado pela sua utilização em agricultura, e apesar de terem sido já efectuados alguns estudos técnico-científicos adaptados às diferentes regiões.

Com o principal objectivo de encontrar soluções técnica e economicamente viáveis, para o destino a dar a águas residuais tratadas, chorumes, lamas de depuração e celulósicas e enquadrá-las de forma sustentada nas condições agro-climáticas da região da Beira Interior, surgiu o presente projecto PAMAF IED.

## 7 – Aquisições concretizadas

Com o presente trabalho obtiveram-se conhecimentos sobre:

- ✓ características físico-químicas e microbiológicas dos resíduos com maior representatividade na região da Beira Interior;
- ✓ utilização de lamas celulósicas, lamas de depuração e chorumes como fertilizantes e das metodologias de aplicação de chorume e camas de depuração líquidas;
- ✓ metodologia de mobilização mínima do solo, de forma a compatibilizar a conservação do solo com a produção da cultura instalada, para as condições da região;
- ✓ metodologia de recolha e extracção de lixiviados em cápsulas de cerâmica;
- ✓ utilização de água residual na rega de flores de corte e de milho forrageiro, apresentando-se para a cultura do milho o planeamento cultural, e a produção esperada no contexto edafo-climático do ensaio. Apresenta-se também a estimativa da área possível de ser regada com a água residual tratada das ETAR's de Castelo Branco.

Efectuou-se também a divulgação de todos os resultados obtidos e a demonstração de equipamento de distribuição de resíduos líquidos, tendo como público-alvo o da região da Beira Interior.

Este trabalho possibilitou ainda, através da obtenção de dados experimentais, contribuir para uma definição mais precisa, dos parâmetros mais sensíveis e que deverão ser contemplados na legislação nacional, no âmbito da utilização agrícola destes resíduos.

## 8 – Linhas de trabalho em aberto

Quer a incorporação no solo de resíduos orgânicos como fertilizantes, quer a utilização de águas residuais tratadas na rega, poderá constituir um destino ambientalmente aceitável, mas que requer uma gestão criteriosa na sua utilização, de forma a evitar efeitos negativos na qualidade dos solos, das águas e das plantas.

Assim, somos de opinião, que na sequência dos ensaios deste projecto, os aspectos que nos parecem de maior relevância considerar em futuros estudos, são os seguintes:

- Dinâmica do azoto, no sistema solo-planta-atmosfera;
- Quantificação dos elementos minerais lixiviados;
- Estudo da actividade enzimática do solo na zona da rizosfera.

O conhecimento destes aspectos, contribuirá para a criação de modelos que nos permitam seleccionar, para um dado condicionalismo agro-climático, a metodologia mais correcta na utilização destes resíduos. Será também importante, obter dados que permitam compatibilizar os aspectos da fertilidade do solo com os da qualidade do solo como um recurso natural.

## **II Parte**

Relatórios finais do projecto por instituição participante

Escola Superior Agrária de Castelo Branco

Direcção Regional de Agricultura da Beira Interior

Serviços Municipalizados de Água e Saneamento  
de Castelo Branco

# **Escola Superior Agrária**

**Relatório final do projecto PAMAF IED n.º 8064**

**“Utilização sustentável de águas residuais e resíduos orgânicos”**

Índice	Pag
1- Caracterização do projecto	3
Título	
Meios humanos	
Execução financeira	
2- Objectivos do trabalho	2
3- Balanço entre as tarefas propostas e realizadas	2
4- Material e métodos	4
4.1- Caracterização do local dos ensaios	4
4.2- Delineamento experimental	5
4.3- Interpretação dos resultados	6
4.4- Características dos resíduos orgânicos e da água residual	7
4.5- Processos de desinfecção da água residual	10
4.6- Instalação e condução dos ensaios	12
4.6.1- Ensaio da rotação milho-triticales forrageiros	12
4.6.2- Ensaio com as flores de corte	13
4.7- Parâmetros analisados e metodologias analíticas	14
5- Resultados e discussão	15
5.1- Rega com água residual	15
5.2- Efeito fertilizante de lamas de depuração desidratadas e celulósicas	23
5.3- Metodologias de aplicação de resíduos orgânicos líquidos	29
5.4- Mobilização mínima versus mobilização tradicional	32
5.5- Lixiviados	34
5.6- Actividade enzimática na rizosfera do triticales	36
6- Divulgação do projecto e dos resultados	37
7- Considerações finais	41
8- Bibliografia	43

## Anexos

### Anexo I

Características físico-químicas da terra inicial dos ensaios;  
Características físico-químicas dos resíduos orgânicos e águas residuais;  
Parâmetros avaliados no solo, plantas, resíduos orgânicos e águas residuais e respectiva metodologia analítica.

### Anexo II

Resultados da produção de milho e triticales forrageiros;  
Resultados da qualidade das flores de corte;  
Composição química do milho e triticales forrageiros.

Anexo III

Resultados das características químicas da terra obtidas ao longo dos três anos de ensaios.

Anexo IV

Resultados dos elementos minerais removidos pelo milho e triticales forrageiros.

Anexo V

Divulgação do projecto e dos resultados

# 1- Caracterização do projecto

## Título – Utilização sustentável de águas residuais e resíduos orgânicos

### Responsável pela componente do projecto executada na Instituição:

Nome: Maria do Carmo Simões Mendonça Horta Monteiro

Categoria: Professor Adjunto

### Meios humanos:

<b>Técnicos superiores – Nome completo</b>	<b>Categoria</b>
Maria do Carmo S.M. Horta Monteiro	Professor Adjunto
Maria Fernanda G. D. Ferreira de Sousa	Professor Adjunto
João Paulo Baptista Carneiro	Professor Adjunto
Paulo Manuel Pires Águas	Professor Adjunto
José Sarreira Tomás Monteiro	Professor Adjunto
Francisco de Noronha G. Franco Frazão	Professor Adjunto
<b>Outro pessoal</b>	<b>Nº de elementos (tempo – ETI-%)</b>
Pessoal técnico - Pedro Sousa Lopes	1 (20%)
Pessoal técnico-profissional	2 (50%)
Pessoal operário, pessoal auxiliar e outros	2 (40%)

## Execução financeira

Apresenta-se de seguida a execução financeira por rúbrica e a referente ao total do projecto.

**Tabela 1-** Execução financeira por rúbrica e total do projecto

<b>Rúbrica</b>	<b>Verba atribuída (c )</b>	<b>Execução financeira (%)</b>
Aperf. Profissional	1 150	99,3
Inputs intermédios	5 025	99,9
Unidade demonstração	30	99,3
Infraestruturas e Equipamentos	1 120	99,7
Orçamento total do projecto	7 325	99,8

c- milhares de escudos

## 2- Objectivos do trabalho

Como principais objectivos deste trabalho, inserido num programa IED, podemos referir os seguintes:

- obtenção de dados concretos sobre a viabilidade de utilização de águas residuais, lamas de depuração e celulósicas num condicionalismo edafo-climático específico;
- Avaliação de diferentes metodologias de aplicação de chorume e lamas urbanas líquidas;
- Aquisição de conhecimentos sobre a implementação das técnicas de mobilização mínima (compatibilizando produção com conservação do solo) e obtenção de dados sobre o seu efeito (conjugado com a aplicação de resíduos orgânicos) na produção e no teor em matéria orgânica do solo;
- Divulgação de todos os resultados obtidos e demonstração de equipamento de distribuição de resíduos orgânicos líquidos, tendo como público alvo o da região da Beira Interior.

## 3- Balanço entre as tarefas propostas e realizadas

Consideramos que globalmente os objectivos do projecto foram concretizados. Na tabela 2 descrevem-se as actividades afectas à Escola Superior Agrária, a sua calendarização, indicando-se também a sua execução.

**Tabela 2** -Actividades afectas à Escola Superior Agrária e sua calendarização

Actividades	1997	1998	1999	Execução
Caracterização físico-química e microbiológica dos resíduos	X	X	X	✓
Caracterização inicial físico-química dos solos do ensaio	X			✓
Delineamento experimental dos ensaios de campo	X			✓
Instalação dos ensaios:	X	X	X	✓
Milho				
Triticale				
Crisântemo				
Gladíolo				
Acompanhamento dos ensaios	X	X	X	✓
Colheita e quantificação da produção	X	X	X	✓
Análise Qualitativa da produção	X	X	X	✓
Colheita e caracterização físico-química das amostras de terra das várias modalidades	X	X	X	✓
Análise físico-química dos lixiviados recolhidos em cápsulas de cerâmica	X	X	X	⊖
Avaliação dos efeitos da aplicação de águas residuais, em flores de corte e de águas residuais, lamas de depuração e celulósicas em triticale e milho, nos aspectos quantitativos e qualitativos bem como nas características físico-químicas do solo	X	X	X	✓
Avaliação das diferentes metodologias de aplicação de chorume e lamas urbanas liquefeitas, através da produção obtida, resultados analíticos dos elementos lixiviados e contabilização do balanço de nutrientes veiculados	X	X	X	✓

em relação à fertilização tradicional.				
Avaliação das diferentes técnicas de sementeira, através da produção obtida, efeito em algumas características físico-químicas do solo e nos resultados analíticos dos elementos lixiviados. Far-se-á ainda uma contabilização dos tempos das operações envolvidas em cada um dos processos de sementeira praticados.	X	X	X	✓
Relatório de progresso das actividades do projecto	X	X	X	✓
Elaboração de trabalhos científicos			X	✓
Tratamento global dos resultados obtidos no decurso do projecto			X	✓
Demonstração e divulgação dos resultados		X	X	✓
Relatório Final			X	✓

✓ - concretizado; ⊖ parcialmente concretizado

Efectuaram-se no entanto alguns desvios relativamente às tarefas inicialmente propostas, os quais foram justificados nos relatórios de progresso e em reunião com o responsável do INIA pelo projecto, em Novembro de 1999.

As tarefas propostas e que não foram realizadas foram as seguintes:

- Ensaio com o triticales no ano 1997-98 - devido a precipitação intensa após a colheita do milho, que alagou o terreno. O local do ensaio é uma zona de baixa que permaneceu encharcada durante esse inverno.
- Ensaio do milho e do crisântemo em 1999 - devido à falta de água nesse verão não se efectuaram culturas regadas na Quinta da Sra. De Mércules, pertencente à ESACB, o que inviabilizou o ensaio do milho. A vaga de calor em Junho levou à morte da estacaria para o ensaio do crisântemo.
- A análise físico-química dos lixiviados não foi completamente concretizada, pelo facto do equipamento necessário para a recolha dos lixiviados, não ter sido fornecida nos prazos previstos para a execução do projecto. A instalação das cápsulas de recolha de lixiviados e do equipamento de extracção, só esteve disponível na sua totalidade a meio do ciclo vegetativo do triticales em 1999-2000. Os resultados que se conseguiram ainda obter apresentam-se no ponto 5.5.

No sentido de obviar alguns dos contratemplos referenciados, foram efectuadas as alterações que se passam a descrever:

- Nas amostras do milho forrageiro de 1998 foram efectuadas as análises da sua digestibilidade: ADL, ADF e NDF, para as modalidades regadas com água residual;
- Foi utilizada mais uma metodologia de aplicação de resíduos orgânicos líquidos, que foi a aplicação por injeção;
- Foi efectuado em Outubro de 1999 um ensaio de narciso regado com água residual, em substituição do ensaio do crisântemo;
- No ensaio do gladiolo bem como no ensaio do narciso, para além da avaliação da qualidade da flor, foi também efectuada a avaliação da qualidade dos bolbos, tendo em vista a sua utilização no ano seguinte.

Durante o período do projecto e com os resultados que fomos obtendo, considerámos que seria oportuno efectuar uma avaliação do efeito que a aplicação dos resíduos teria sobre a actividade microbiana do solo. Nesse sentido, e para além dos objectivos propostos no trabalho, começámos por desenvolver a metodologia de colheita de amostras de terra na zona da rizosfera. Efectuámos ainda a instalação das metodologias laboratoriais de avaliação da actividade enzimática do solo, na zona da rizosfera, no que diz respeito à quantificação da actividade das fosfomonoesterases (fosfatases ácidas e

alcalinas). Os resultados obtidos estão incluídos no presente relatório e apresentam-se no ponto 5.6.

## **4 - Material e métodos**

### **4.1 - Caracterização do local dos ensaios**

Os ensaios foram realizados na Quinta da Escola Superior Agrária de Castelo Branco.

Os ensaios da rotação milho-tritcale forrageiros foram instalados num solo hidromórfico sem horizonte eluvial, de aluviões ou coluviões de textura ligeira - Cal - (Classificação do CNROA; Gleyic Fluvisol- FAO/UNESCO). As principais características físico-químicas do solo antes da instalação do ensaio, encontram-se na tabela 1 do Anexo I.

Como se pode observar o solo era pouco ácido, apresentava um teor baixo em matéria orgânica, muito alto em fósforo e potássio “assimiláveis”, tinha uma baixa capacidade de troca catiónica e uma baixa percentagem de saturação em bases.

Os ensaios com as flores de corte foram realizados em estufa, e as características do solo inicial deste ensaio encontram-se na tabela 2 (Anexo I). O solo tinha textura ligeira, era pouco ácido, tinha um teor baixo em matéria orgânica, teor muito alto em  $P_2O_5$  “assimilável” e alto em  $K_2O$  “assimilável”. Apresentava baixa capacidade de troca catiónica e baixa percentagem de saturação em bases.

O clima de Castelo Branco é Termomediterrâneo (Carta bioclimática da FAO para a zona mediterrânea), com um índice Xerotérmico de 111 dias biologicamente secos, de Maio a Setembro (INM, dados climáticos de 1931-60). A rega nesta região torna-se assim indispensável em culturas de primavera-verão de elevada produtividade.

### **4.2 - Delineamento experimental**

#### **Água Residual**

Os ensaios da rega com água residual foram efectuados segundo um delineamento experimental bifactorial completamente casualizado, com três repetições por modalidade. Um dos factores dizia respeito ao tipo de água de rega e, o outro à desinfecção (cloragem) efectuada. As modalidades foram: água residual sem desinfecção (ARD0), água residual desinfectada (ARD3), água da albufeira ou água da rede sem desinfecção (AD0) e água da albufeira ou da rede desinfectada (AD3).

No ensaio com flores de corte regou-se com a água da rede pública, enquanto que no do milho, se regou com água de uma albufeira situada nos terrenos da ESACB e cuja água é utilizada na rega das culturas primavera-verão.

## **Resíduos orgânicos**

As modalidades efectuadas no ensaio milho-triticale forrageiros descrevem-se de seguida:

Nos talhões com mobilização tradicional do solo: Fertilização tradicional (testemunha-T); aplicação de lamas de depuração líquidas com prato difusor (LDtrad); aplicação de chorume com prato difusor (Chtrad); aplicação de lamas de depuração líquidas em banda (LDband); aplicação de chorume em banda (Chband); aplicação de lamas de depuração líquidas injectadas (LDinj); aplicação de chorume injectado (Chinj); aplicação de lamas de depuração desidratadas em fundo antes da sementeira – 3t.ha<sup>-1</sup> (DEP3) e 6t.ha<sup>-1</sup> (DEP6); aplicação de lamas celulósicas em fundo antes da sementeira – 30t.ha<sup>-1</sup> (CEL30); e 60t.ha<sup>-1</sup>(CEL60);

As modalidades efectuadas com mobilização mínima do solo, foram as seguintes: T; DEP6; LDtrad; LDband; Chtrad e Chband.

Todas as modalidades foram efectuadas com três repetições. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completamente casualizados.

### **4.3 - Interpretação dos resultados**

#### ***Água residual***

A análise estatística dos resultados foi feita no programa Statgraphics versão 7.0, utilizando a análise de variância modelo fixo bifactorial completo (tipo de água x desinfecção). Esta análise foi efectuada de forma a permitir o estudo dos seguintes aspectos:

- Avaliação da água residual como água de rega;
- Efeito da desinfecção (cloragem) sobre o solo e as plantas.

O teste de comparação múltiplo de médias utilizado foi o de Tukey, para uma probabilidade de erro do tipo I inferior ou igual a 5% ( $p \leq 0,05$ ).

#### ***Resíduos orgânicos***

A interpretação estatística dos resultados, no que diz respeito ao ensaio dos resíduos, foi feita abordando os seguintes efeitos:

- Utilização de lamas de depuração desidratadas e celulósicas como fertilizantes;
- Recurso a diversas metodologias de aplicação de resíduos orgânicos líquidos;
- Utilização de dois tipos de mobilização do solo.

A análise estatística dos resultados foi feita no programa Statgraphics versão 7.0, utilizando a análise de variância modelo fixo monofactorial completo. O teste de

comparação múltiplo de médias utilizado foi o de LSD, para uma probabilidade de erro do tipo I inferior ou igual a 5% ( $p \leq 0,05$ ).

#### **4.4 - Características dos resíduos orgânicos e da água residual**

Apresentam-se em seguida as características físico-químicas e nalguns casos microbiológicas, dos resíduos utilizados nos ensaios. Far-se-á ainda um breve comentário sobre a avaliação da sua qualidade, como fertilizante ou água de rega.

##### **Resíduos orgânicos**

As lamas de depuração desidratadas utilizadas no ensaio, cujas características físico-químicas se apresentam nas tabelas 3 e 5 (Anexo I), foram obtidas na ETAR Sul de Castelo Branco e, resultaram do tratamento secundário do efluente urbano pelo processo das lamas activadas.

Como se poderá verificar pelas tabelas anteriormente referidas, as lamas possuíam um teor de humidade elevado (apesar de terem sido submetidas a uma desidratação mecânica) e uma razão C/N muito baixa.

Quanto aos teores em metais pesados (Cu, Ni, Pb, Zn e Cr), eram claramente inferiores aos referidos na Portaria nº 176/96 de 3 de Outubro.

Relativamente à quantidade de azoto incorporado por ano, com o nível mais alto de lamas de depuração ensaiado ( $6 \text{ t.ha}^{-1}$ ), o mesmo variou entre  $54 \text{ kg.ha}^{-1}$  (em 1997) e  $144 \text{ kg.ha}^{-1}$  (em 1998). Parece-nos que, dadas as características destas lamas, será precisamente o seu teor em azoto que limitará a quantidade total a aplicar por hectare. Dada a variabilidade observada no teor deste elemento, aconselha-se a avaliação quantitativa deste parâmetro, sempre que se pretenda utilizar este resíduo como fertilizante.

Em relação às lamas celulósicas, provenientes da Unidade Fabril da Portucel de Vila Velha de Rodão, elas resultam de um tratamento primário do efluente proveniente do fabrico da pasta de papel pelo processo Kraft (ou de sulfato).

As características mais relevantes destas lamas (tabelas 4 e 5, Anexo I), são o de possuírem uma razão C/N elevada, o que poderá conduzir a uma imobilização temporária de azoto no solo, um considerável teor em cálcio, aspecto de grande interesse para a generalidade dos nossos solos e, um teor em matéria orgânica também elevado, facto que lhes confere a possibilidade de serem utilizadas como correctivos orgânicos.

Quanto ao teor em metais pesados verificou-se, e à semelhança do ocorrido com as lamas de depuração, serem bastante inferiores aos referidos na Portaria nº 176/96.

Perante o exposto em relação às lamas celulósicas, parece-nos que a principal limitação à sua aplicação em quantidades elevadas, será o seu custo de transporte.

O chorume utilizado neste ensaio, foi proveniente do estábulo da exploração leiteira da ESACB, em regime de semi-estabulação sobre ripado de betão armado. Devido à limpeza do ripado ser habitualmente realizada com jacto de água, o grau de diluição do chorume utilizado era extremamente elevado. Esta situação, levou a que a percentagem de elementos minerais existente nos volumes utilizados fosse muito baixa (tabelas 6 e 8, anexo I). Os resultados analíticos das lamas de depuração líquidas encontram-se nas tabelas 7 e 8 (Anexo I). Nestas tabelas, o chorume e as lamas de depuração líquidas

designados por -1 referem-se ao resíduo que foi aplicado em pré-sementeira (com prato difusor-aplicação tradicional) e o designado por -2 ao aplicado nas modalidades em banda e com injeção, com o milho Joelheiro.

## Água residual

A água residual utilizada nos ensaios era proveniente da ETAR Sul de Castelo Branco. É tratada pelo processo das lamas activadas e possui um nível de tratamento secundário.

As características físico-químicas da água residual utilizada nos ensaios do milho e flores de corte encontram-se nas tabelas 9, 10 e 11 (Anexo I). No que diz respeito à avaliação da qualidade da água residual como água de rega, podemos dizer que se encontra dentro dos limites estabelecidos pela legislação em vigor (DL n.º 236/98 de 1 de Agosto). Há a considerar o valor da condutividade eléctrica em média ligeiramente acima do valor máximo recomendado, alertando para um possível risco no aumento da salinidade no solo, o valor da SAR é inferior ao VMR (varia entre 3 e 8) indicando no entanto um grau de risco ligeiro a moderado sobre a permeabilidade do solo, principalmente quando este apresenta uma capacidade de troca catiónica e um grau de saturação em bases baixos. Quanto ao teor em boro ele é ligeiramente superior ao VMR mas inferior ao VMA.

No que diz respeito às características microbiológicas da água residual (ARD0) podemos verificar pela tabela 3 que é uma água com uma elevada contaminação fecal.

**Tabela 3** – Resultados das análises microbiológicas da água residual (ARD0) e água residual clorada (ARD3) com 3 mg•l<sup>-1</sup> de cloro livre residual

Parâmetros	1997 ARD0	1997 ARD3	1998 ARD0	1998 ARD3	1999 ARD0	1999 ARD3
Coliformes totais NMP	>1800/100ml	25/100ml	> 24000/ml	0	> 24000/ml	0
Coliformes fecais NMP	>1800/100ml	5/100ml	> 24000/ml	0	> 24000/ml	0
Estreptococcus fecais NMP	550/100ml	0/100ml	1500/100ml	0	1500/100ml	0
Clostrídios sulfitorreduzores	Pos. em 20ml	Pos. em 20ml	Pos. em 20 ml	Neg. em 20ml	Pos. em 20ml	Neg. em 20ml
Mesófilos a 37°C	3,5 x 10 <sup>3</sup>	6,0 x 10	2,6 x 10 <sup>6</sup>	1,3 x 10 <sup>2</sup>	1,0 x 10 <sup>6</sup>	1,3 x 10 <sup>2</sup>
Mesófilos a 20°C	8,4 x 10 <sup>3</sup>	4,1 x 10 <sup>2</sup>	6,8 x 10 <sup>6</sup>	9,5 x 10	6,8 x 10 <sup>6</sup>	9,5 x 10

O tratamento secundário a que o efluente urbano foi sujeito não é eficaz na redução da sua contaminação fecal. Esta água residual apresenta valores de coliformes fecais bastante superiores ao VMR estabelecido no Decreto-Lei n.º 236/98. Com o objectivo de diminuir a contaminação da água residual por microrganismos patogénicos, e por conseguinte, os riscos de transmissão de doenças, a desinfecção da água residual foi efectuada com uma solução de hipoclorito de sódio com 7% de cloro activo. Laboratorialmente determinámos pelo método de DPD (Standard Methods, 1980) a quantidade de hipoclorito de sódio a adicionar à água residual para obtermos após 30mn de tempo de contacto um valor de cloro residual livre de 3 mg.l<sup>-1</sup>. Este valor, foi determinado após teste laboratorial da desinfecção obtida com vários níveis de cloro residual livre, e subsequente avaliação da contaminação fecal da água residual assim desinfectada (ARD3). Considerámos que a dose de 3mg.l<sup>-1</sup> de cloro residual livre, reduzia significativamente os microrganismos indicadores de contaminação fecal (tabela. 3), colocando esta água apta para rega de culturas sem restrições segundo os valores referência da Organização Mundial de Saúde (1989). A desinfecção da água da

rede ou da água da albufeira (AD3), foi efectuada com o mesmo valor de cloro residual livre. A quantidade de hipoclorito de sódio usada na desinfecção da água de rega apresenta-se na tabela.4.

**Tabela 4** -Quantidade de hipoclorito de sódio ( $(\mu\text{l}\cdot\text{l}^{-1})$ ) adicionado à água de rega para obtenção de  $3\text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  de cloro residual livre

<b>Tipo de água</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>
Água residual	218	220	230
Água da rede	35	20	30
Água da albufeira	186	180	-

A maioria das nossas ETAR's não efectua a desinfecção das águas residuais que trata. Por ser um aspecto que nos parece importante, e cujo estudo está incluído nos objectivos deste trabalho, apresentamos de seguida algumas considerações sobre os processos de desinfecção que podem ser utilizados no tratamento das águas residuais.

#### 4.5 - Processos de desinfecção da água residual

Na maior parte das estações de tratamento, as águas residuais sofrem apenas um processo de tratamento até ao nível secundário, o qual não é suficiente para diminuir consideravelmente o seu teor em microrganismos patogénicos. A desinfecção das águas residuais surge assim, como uma necessidade de tratar as águas residuais com o objectivo de proteger a população de microrganismos causadores de doenças.

O termo desinfecção, designa neste caso, a utilização de meios destinados a destruir na água residual os microrganismos susceptíveis de serem patogénicos para o Homem, e é o mais importante processo unitário de prevenção na transmissão de doenças.

A desinfecção da água residual pode ser efectuada por vários métodos, que podem ser agrupados nas seguintes categorias:

- **Químicos** – Tais como o cloro e seus compostos, o bromo, o iodo, o ozono, o fenol e compostos fenólicos, os alcoóis, os detergentes sintéticos, os compostos de amónio quaternário, o peróxido de hidrogénio e várias bases e ácidos.
- **Físicos** – Calor. O recurso à utilização de calor na desinfecção de água residual não é normalmente utilizado devido à quantidade elevada de água residual a tratar e ao elevado custo do processo.
- **Mecânicos**- As bactérias e outros organismos são também removidos por meios mecânicos que ocorrem durante o tratamento da água residual.
- **Radiação**- Os principais tipos de radiação são a ultra violeta (u.v.), a gama, a electromagnética, a acústica e a de partículas.
- 

Foram propostos cinco mecanismos para explicar a acção dos desinfectantes sobre os microrganismos. Dizem respeito a danos na parede celular, alteração da permeabilidade da célula e da natureza coloidal do protoplasma, inibição da actividade enzimática e mutações dos ácidos nucleicos.

De todos os desinfectantes que podem ser utilizados, o cloro tem sido o mais usado.

Quando aplicado em pequenas concentrações o cloro é um agente bacteriostático, o que é devido ao fraco poder germicida das cloraminas que se formam durante a cloragem. O cloro actua como um desinfectante quando aplicado em maior concentração, causando então a morte das bactérias e de outros microrganismos.

As maiores vantagens do cloro em relação aos outros desinfectantes são o seu baixo custo em relação aos resultados obtidos, a sua eficácia contra os microrganismos patogénicos e a sua tradição no tratamento da água residual. As desvantagens dizem respeito à toxicidade para os organismos aquáticos e a formação de compostos orgânicos halogenados. Compostos como o clorofórmio, o bromofórmio, ou o clorodibromo-metano podem ser cancerígenos e podem prejudicar seriamente as reservas públicas de água. O cloro pode ser usado na desinfecção da água residual como cloro elementar ( $\text{Cl}_2$ ), ou na forma de hipoclorito de sódio ( $\text{NaClO}$ ) ou de cálcio ( $\text{Ca(ClO)}_2$ ). O hipoclorito de sódio é um oxidante forte sendo o produto mais utilizado na desinfecção pelo cloro.

Quando se efectua a cloragem, o cloro reage com formas de carbono orgânico formando compostos orgânicos clorados que são agentes cancerígenos, mutagénicos ou teratogénicos. Este será o principal motivo, pelo qual actualmente a desinfecção da água residual, tem vindo a ser efectuada por outros métodos com menores impactes quer na saúde pública quer ambientais do que a cloragem. A radiação ultra-violeta e o ozono são actualmente os dois principais desinfectantes usados em alternativa ao cloro.

As vantagens de utilização do ozono como desinfectante, são a falta de persistência de substâncias tóxicas residuais, aumento da concentração de oxigénio dissolvido do efluente, acção desinfectante praticamente instantânea e a eficiência da desinfecção parece ser independente do valor de pH no intervalo de 6,0 a 10,0 e da temperatura no intervalo de 2-30°C. O ozono pode conduzir à produção de epóxidos a partir de reacções com compostos orgânicos que podem afectar a saúde.

A radiação ultra-violeta não altera quimicamente a água residual, não conduz a um efeito tóxico residual, é eficaz numa ampla variedade de microrganismos, o equipamento ultra-violeta ocupa pouco espaço e é relativamente pouco dispendioso. As desvantagens prendem-se essencialmente com a necessidade de um eficaz controlo do processo.

A diminuição da carga microbiológica da água residual, pode também ser conseguida, através da utilização no seu tratamento de lagoas de estabilização e/ou de lagoas de macrófitas.

Neste trabalho apresentam-se resultados sobre o efeito nos solos e nas plantas decorrentes da utilização de água residual clorada na rega, que era quando se propôs este estudo, a principal forma de desinfecção.

## **4.6 - Instalação e condução dos ensaios**

### **4.6.1.- Ensaios da rotação milho-triticales forrageiros**

#### **Milho**

Os ensaios foram iniciados com a instalação do milho forrageiro em Julho de 1997.

Nos dois anos em que se efectuou esta cultura, a variedade utilizada foi sempre de ciclo curto, classe FAO-200.

Nas modalidades com mobilização tradicional do solo, a sua preparação para a sementeira consistiu, em 1997, de uma lavoura e, em 1998, de uma gradagem com grade semi-pesada, seguida em qualquer dos anos de uma gradagem cruzada com grade de discos ligeira. Nas modalidades com mobilização mínima, em 1997 e 1998 não houve lugar a qualquer mobilização do solo. Em 1999, foi efectuada o controlo de infestantes e foi realizada uma gradagem ligeira (dado que não houve cultura de primavera-verão).

Efectuou-se uma adubação azotada de fundo em todas as modalidades e repetições com  $120\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  de azoto, utilizando o nitrolusal a 20,5%. Nas modalidades com aplicação de resíduos orgânicos, a distribuição das lamas de depuração desidratadas e celulósicas foi feita manualmente. Foi feita uma nova gradagem para incorporação dos resíduos (excepto nas modalidades com mobilização mínima) e, de seguida, efectuou-se a sementeira com um semeador em linhas pneumático monogrão (nas modalidades com mobilização do solo) ou com semeador pneumático monogrão de sementeira directa (nas modalidades de mobilização mínima). As modalidades com aplicação de resíduos líquidos em banda ou por injeção realizou-se quando o milho apresentava 8 folhas.

As lamas de depuração líquidas e o chorume foram aplicados num quantitativo de  $80\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ .

De notar, que a aplicação de resíduos era feita uma vez no ano, à cultura do milho. Uma vez que em 1998-99 não se realizou esta cultura, e apenas neste ano, aplicaram-se as lamas de depuração desidratadas, celulósicas e as lamas urbanas líquidas e chorume com prato difusor à cultura do tritcale.

O milho foi semeado com um compasso de  $0,75\text{m} \times 0,11\text{m}$ , o que corresponde a uma densidade de sementeira  $111.000$  sementes. $\text{ha}^{-1}$ . Cada talhão do ensaio com incorporação de resíduos tinha uma área de  $27\text{m}^2$  ( $3\text{m} \times 9\text{m}$ ), tendo os talhões do ensaio da rega com água residual  $30\text{m}^2$  ( $3\text{m} \times 10\text{m}$ ). Em cada talhão foram semeadas quatro linhas de milho, considerando-se como úteis apenas as duas linhas centrais, às quais se deixou uma bordadura de  $1\text{m}$  em cada topo do talhão na altura da colheita. Para avaliação da produção, a área útil dos talhões regados com água residual foi assim de  $12\text{m}^2$  e dos restantes talhões de  $10,5\text{m}^2$ .

A colheita do milho foi efectuada durante o mês de Setembro.

No ensaio da rega com água residual as modalidades eram todas regadas inicialmente (cerca de duas semanas) com a água de uma albufeira situada nos terrenos da ESACB, com a finalidade de promover um desenvolvimento inicial semelhante em todas as plantas. A rega era efectuada por gravidade, com uma periodicidade de 2 a 3 vezes por semana. Quantidade de água usada na rega em 1997 foi de  $2.200\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$  e em 1998 de  $3.400\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ .

Como anteriormente já foi referido, no ano de 1999 não foi possível instalar-se este ensaio, uma vez que, devido à escassez de água, não se efectuaram culturas regadas na ESACB.

## **Triticale**

O triticale forrageiro foi instalado, em 1998-99 e 1999-00, durante o mês de Outubro. Na sementeira utilizou-se um distribuidor centrífugo, nas modalidades de mobilização tradicional, ou um semeador em linhas de sementeira directa, nas modalidades correspondentes. A densidade de sementeira praticada foi de  $190\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

A preparação do terreno foi idêntica à utilizada na instalação do milho, bem como a adubação. No ensaio de 1998-99 os resíduos haviam sido incorporados na altura da instalação do milho, em Julho de 1998, enquanto que no ano de 1999-00 se incorporaram à instalação do triticale, uma vez que não se havia efectuado a cultura do milho.

A colheita do triticale foi realizada durante o mês de Junho, tendo a produção sido avaliada pela colheita de uma área de  $1\text{m}^2\cdot\text{talhão}^{-1}$ , seleccionado aleatoriamente através do lançamento de um aro com essa área.

#### 4.6.2.-Ensaio com as flores de corte

Apresentam-se na tabela 5 as principais operações culturais e a sua calendarização, respeitante ao ensaio efectuado em estufa sobre a viabilidade de utilização de águas residuais tratadas na rega de flores de corte.

**Tabela 5** -Operações culturais e calendarização dos ensaios com as flores de corte

<b>Operações culturais</b>	<b>1997 crisântemo</b>	<b>1998 gladiolo</b>	<b>1998 crisântemo</b>	<b>1999 gladiolo</b>	<b>1999 narciso</b>
Cultivares	White snow	Friendship Whitefriendship	White snow	Friendship Whitefriendship	Carlton
Tipo de propagação	Estacas caulinares terminais	Cormos (aquisição)	Estacas caulinares terminais	Cormos obtidos no ano anterior	Bolbos (aquisição)
Data da propagação	Maio 97	–	Maio 98	–	–
Preparação do Terreno	Estrumação, gradagem Junho	Gradagem Março	Estrumação, gradagem Junho	Gradagem Março	Gradagem Outubro
Armação do terreno e colocação redes de plantação	Julho (camalhões)	Março (canteiros)	Julho (camalhões)	Março (canteiros)	Outubro (canteiros)
Compasso de plantação	15 x 15cm Obsevando-se 15 plantas/repetição do centro dos camalhões	15 x 15cm Observando-se 9 plantas/repetição do centro dos canteiros.	15 x 15cm Obsevando-se 15 plantas/repetição do centro dos camalhões	15 x 15cm Observando-se 9 plantas/repetição do centro dos canteiros.	15 x 15cm Observando-se 9 plantas/repetição do centro dos canteiros.
Área/repetição	0,75 x 1,05m	0,75 x 0,75	0,75 x 1,05	0,75 x 0,75	0,75 x 0,75
Plantação	16 de Julho	17 de Março	15 de Julho	22 de Março	7 de Outubro
Rega*	15 dias após a plantação iniciava-se a rega consoante as modalidades, regando-se até 80% da capacidade de campo.	15 dias após a plantação iniciava-se a rega consoante as modalidades, regando-se até 80% da capacidade de campo.	15 dias após a plantação iniciava-se a rega consoante as modalidades, regando-se até 80% da capacidade de campo.	15 dias após a plantação iniciava-se a rega consoante as modalidades, regando-se até 80% da capacidade de campo.	15 dias após a plantação iniciava-se a rega consoante as modalidades, regando-se até 80% da capacidade de campo.
Outras	Rede de sombreamento – Julho a Set. Desbotoamento- Ag.- Out. Tutoragem – Jul. – Out. Monda infestantes Tratamentos fitossanitários	Desinfecção bolbos com fungicida Monda infestantes Tratamentos fitossanitários	Rede de sombreamento – Julho a Set. Desbotoamento- Ag.- Out. Tutoragem – Jul. – Out. Monda infestantes Tratamentos fitossanitários	Desinfecção bolbos com fungicida Monda infestantes Tratamentos fitossanitários	Desinfecção bolbos com fungicida Monda infestantes
Colheita	30 Out/ 15 Nov.	22 de Junho	30 Out. / 4 Nov.	22 de Junho	18 – 23 de Fev.
Outras	–	Set – recolha dos cormos e sua observação	–	Set – recolha dos cormos e sua observação	Abril – recolha dos bolbos e sua observação

\*- a quantidade de água residual utilizada foi em média 120 l /mês. Repetição.

## 4.7 - Parâmetros analisados e metodologias analíticas

Os parâmetros determinados no solo, nas plantas, nas águas residuais e resíduos orgânicos, e a respectiva metodologia encontram-se referidos nas tabelas 12, 13 e 14 (Anexo I).

## 5 - Resultados e discussão

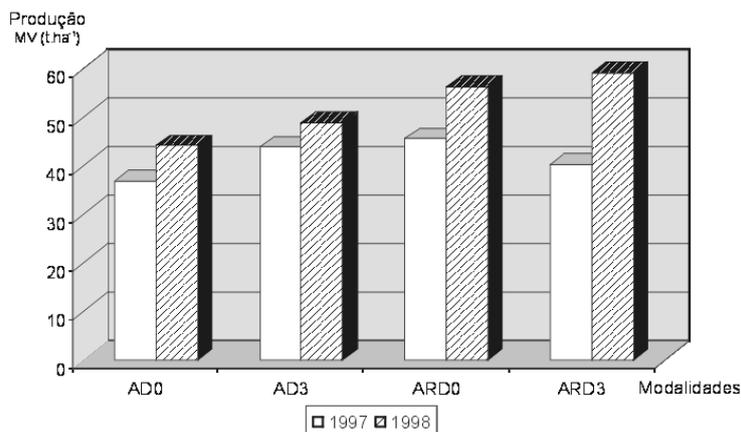
Apresentam-se de seguida os resultados que se consideram mais relevantes. Todos os resultados obtidos encontram-se nos Anexos II, III e IV.

### 5.1-Rega com água residual

Os resultados dos ensaios efectuados com rega com água residual são apresentados em duas partes. Uma respeitante ao ensaio milho-triticales forrageiros e outra respeitante às flores de corte efectuadas em estufa.

#### Milho-triticales forrageiros

No que diz respeito à avaliação da produção obtida no ensaio de rega com água residual na cultura do milho, verifica-se que tanto em 1997 como em 1998 nas modalidades regadas com água residual a produção é superior à das modalidades regadas com água da albufeira, não sendo no entanto essa diferença significativa (figura 1 e tabelas 15 e 16 do Anexo II).



**Figura 1** - Produção de milho forrageiro (t.ha<sup>-1</sup>) obtida nos anos de 1997 e 1998

As menores produções observadas no ano de 1997 relativamente ao ano de 1998, devem-se em nosso entender fundamentalmente, à menor dotação de rega em 1997, que foi de 2.200 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> enquanto que em 1998 foi de 3.400 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.

A produção obtida nas modalidades regadas com água residual no ano de 1998, entre 56 a 59 t.ha<sup>-1</sup> de matéria verde, parece-nos ser um bom valor, atendendo à dotação de rega (3.400 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>) e à adubação azotada (120 kg.ha<sup>-1</sup>).

A diferença de produção entre as modalidades regadas com água da albufeira ( 44 - 49 t.ha<sup>-1</sup> de matéria verde) e as regadas com água residual ( 56-59 t.ha<sup>-1</sup>), poderão em parte ser explicadas por uma maior disponibilidade de azoto veiculada pela água residual (31 kg.ha<sup>-1</sup> de N-mineral), e também ao facto desta água conter diversos nutrientes, que proporcionaram uma nutrição mais equilibrada. Na tabela 6 referem-se a quantidade de alguns nutrientes adicionada ao solo devido à utilização da água residual na rega.

**Tabela 6** -Quantidade de nutrientes adicionada ao solo devido à rega com água residual, no ano de 1998

<b>Elementos minerais/ Quantidade adicionada</b>	<b>g. talhão<sup>-1</sup></b>	<b>kg.ha<sup>-1</sup></b>
N-mineral	92	31
N-total	106	35
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> – total	90	30
K <sub>2</sub> O	109	36
Ca	319	106
Mg	26	9
Na	939	313

Se fizermos um balanço do azoto no milho forrageiro (tabela. 7), considerando o ano de 1998, e apenas as remoções da parte aérea e os “inputs” devido à adubação e à rega, verificamos que nas modalidades regadas com água residual o coeficiente de utilização do azoto é praticamente de 100%, enquanto que nas modalidades regadas com água da albufeira varia entre os 83 e 95%. Estes resultados sugerem que, por um lado o azoto veiculado pela água residual possibilitou maiores produções, tendo havido uma boa utilização deste nutriente nestas modalidades e, por outro lado, nas modalidades regadas com a água da albufeira, um menor desenvolvimento conduziu a que uma pequena fracção do azoto veiculado pela adubação não tivesse sido utilizado pelas plantas.

**Tabela. 7** - Balanço do azoto no milho forrageiro no ano de 1998

<b>Modalidades</b>	<b>Peso seco t.ha<sup>-1</sup></b>	<b>Remoção kg.ha<sup>-1</sup></b>	<b>Aplicação (N-kg.ha<sup>-1</sup>)</b>		
			<b>Adubação</b>	<b>rega</b>	<b>total</b>
ARD0	15	147	120	31	151
ARD3	16	167	120	31	151
AD0	13	99	120	-	120
AD3	14	111	120	-	120

Quanto à composição química das plantas observa-se que no ano de 1997, quer o teor em macronutrientes quer em micronutrientes não é afectado significativamente pela rega com água residual (tabelas 29 a 32 do Anexo II). Em 1998 o teor em azoto, potássio e cloretos é significativamente superior nas modalidades regadas com água residual. Qualitativamente estas plantas apresentam um teor mais elevado em proteína bruta (tabela. 8), o que se traduz por um valor alimentar mais elevado e têm maiores teores de potássio o que também é benéfico na alimentação animal. O teor em cloretos apesar de ter aumentado não atingiu níveis fitotóxicos.

**Tabela. 8** - Teores médios de azoto (%) e proteína bruta (%) no milho forragem nos anos de 1997 e 1998

Modalidades	N		Proteína bruta	
	97	98	97	98
<b>Água</b>				
A	0,80	0,79	5,02	4,86
AR	0,98	1,02	6,18	6,34
Nível de significância	ns	*	ns	*
<b>Desinfecção</b>				
D0	0,96	0,89	6,03	5,53
D3	0,83	0,92	5,18	5,68
Nível de significância	ns	ns	ns	ns
<b>Interacção (A x D)</b>				
AD0	0,80	0,80	5,0	4,94
AD3	0,80	0,77	5,0	4,79
ARD0	1,12	0,99	7,0	6,13
ARD3	0,85	1,06	5,3	6,56
Nível de significância	ns	ns	ns	ns

Os valores de ADF, ADL e NDF (tabela 34 do Anexo II), que permitem avaliar a digestibilidade da forragem situam-se dentro dos valores normais referidos na bibliografia.

Quanto às quantidades de elementos removidas no ano de 1998, a rega com água residual conduziu a uma remoção significativamente superior de azoto, cloretos e chumbo (tabelas 163, 164 e 166 do Anexo IV).

Verifica-se que o teor em chumbo do milho regado com água residual apesar de não ser significativamente diferente do das modalidades regadas com água da albufeira (tabela 37 do Anexo I), apresenta aumentos que não seriam de esperar. A água residual apresenta teores muito baixos deste metal pesado ( $0,5-1,0 \text{ mg.l}^{-1}$ , para um VMR- $5,0 \text{ mg.l}^{-1}$ ) e os níveis de chumbo no solo ( $60 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) também são inferiores aos referidos na Portaria 176/96. Este aspecto deverá merecer um estudo mais cuidado em futuros trabalhos.

No que diz respeito aos parâmetros avaliados no solo, após o ensaio, observa-se tanto em 1997 como em 1998 um aumento significativo no teor em matéria orgânica, nas modalidades regadas com água residual (tabela 9). A água residual tratada contém ainda alguma matéria orgânica, o que justifica este aumento, no entanto esta matéria orgânica será facilmente mineralizada, parecendo-nos que este efeito deverá ser entendido mais no sentido duma tendência na manutenção do teor da matéria orgânica inicial do solo.

Relativamente ao efeito que a rega com água residual teve no valor de pH do solo (tabela 9) dever-se-á fundamentalmente ao teor em bases desta água. Salientamos, no entanto o facto, de no final do ensaio do tritcale nas modalidades que haviam sido regadas com água residual o valor de pH desceu para 5,7 (tabela 87 do Anexo IV), o que nos leva a concluir que a água residual terá algum efeito sobre a manutenção do valor de pH dos solos contrariando o efeito das causas naturais da acidez dos solos.

No que diz respeito ao valor da condutividade eléctrica, ele não atingiu valores susceptíveis de afectar a produção do milho. Pode observar-se que do ano de 1997 para 1998 o valor da condutividade eléctrica decresce (tabela 9) o que terá sido devido à

forte precipitação que ocorreu no Inverno de 1997-98, e que como já referimos alagou o terreno tendo conduzido a uma elevada lixiviação.

**Tabela 9** - Teores médios de matéria orgânica (%), pH (H<sub>2</sub>O) e condutividade eléctrica (µS.cm<sup>-1</sup>) no solo no final do ensaio do milho nos anos de 1997 e 1998

Modalidades	M.O.		pH (H <sub>2</sub> O)		C.E.	
	97	98	97	98	97	98
<b>Água</b>						
A	1,45	1,44	5,7	5,7	144,3	52,6
AR	1,72	2,14	5,8	6,4	154,7	98,0
Nível de significância	*	***	ns	**	ns	***
<b>Desinfecção</b>						
D0	1,47	1,88	5,8	6,1	158,3	75,9
D3	1,71	1,71	5,7	6,0	140,7	74,7
Nível de significância	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<b>Interacção (A x D)</b>						
AD0	1,17	1,49	5,8	5,8	161,0	49,7
AD3	1,73	1,38	5,6	5,5	127,7	55,6
ARD0	1,77	2,26	5,7	6,3	155,7	102,1
ARD3	1,68	2,03	5,8	6,4	153,7	93,9
Nível de significância	*	ns	ns	ns	ns	ns

Em 1997 os teores em fósforo e potássio “assimiláveis” bem como em potássio de troca aumentaram significativamente, enquanto que os teores em ferro, zinco manganês e chumbo decresceram significativamente (tabela 76 a 79 do Anexo III). No ano de 1998 o teor em cloretos e as bases de troca cálcio e sódio (tabelas 82 e 85 do Anexo III), aumentaram significativamente nas modalidades em que se regou com água residual. O teor em sódio de troca do solo aumentou de 0,4% no complexo de troca para 1,6%. Este aspecto parece-nos merecer a nossa atenção, uma vez que este solo tem um valor baixo de CTC (8 cmoles (c).kg<sup>-1</sup>), o que poderá conduzir a que, em anos de baixa precipitação e portanto de fraca lixiviação, o complexo de troca possa vir a ficar com teores elevados de sódio conduzindo à dispersão dos colóides. É nossa opinião, que este deverá ser um parâmetro a monitorizar, nas áreas regadas com água residual

Nas modalidades em que se efectuou a cloragem, o aspecto mais relevante parece-nos ser o facto do poder desinfectante da água utilizada na rega poder afectar a mineralização da matéria orgânica do solo e portanto a sua actividade microbiana. Os teores em azoto amoniacal diminuem nas modalidades com cloragem e a matéria orgânica aumenta na modalidade regada com água com cloragem, no ensaio de 1997. Este aspecto é evidente nas modalidades regadas com água da albufeira (tabela 76 do Anexo III).

## Área possível de ser regada com água residual

Tendo em conta o volume de água produzido nas duas ETARs de Castelo Branco, e o ensaio que realizámos, apresentamos uma estimativa da área possível de ser regada com água residual e da produção de milho forrageiro esperada:

### ETAR-Sul

Caudal:  
min. 3.200 m<sup>3</sup>.dia<sup>-1</sup>  
max. 3.800 m<sup>3</sup>.dia<sup>-1</sup>

### ETAR-Norte

Caudal:  
min. 2.000 m<sup>3</sup>.dia<sup>-1</sup>  
max. 2.600 m<sup>3</sup>.dia<sup>-1</sup>

Milho-ciclo curto (FAO-200)

Quantidade de água residual utilizada na rega: 3.600 a 4.000 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>

Área a regar (caudal min.) – 80 ha ETAR-Sul e 50 ha ETAR-Norte\*

Adubação: 120 kg N .ha<sup>-1</sup>

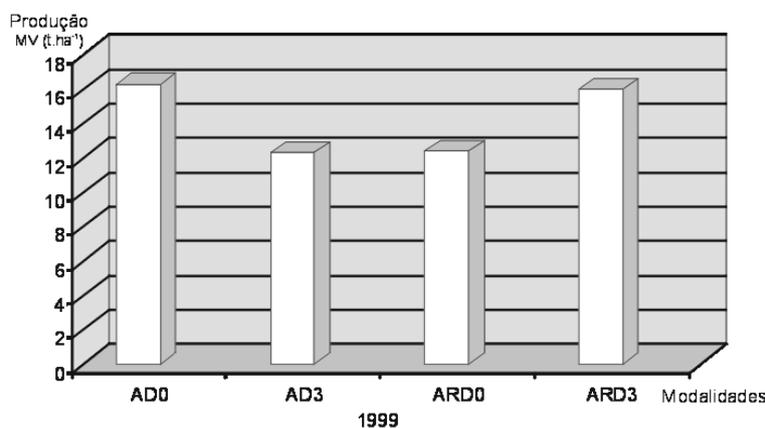
Solo com teores elevados de fósforo e potássio e reacção pouca ácida a neutra

Produção esperada : 56 t.ha<sup>-1</sup>

\*- sem armazenamento de água durante a estação fria

## Triticale forrageiro

Tanto a produção (Figura 2) como a composição química do triticale instalado a seguir ao ensaio do milho (1998-1999) não evidenciam diferenças significativas no que diz respeito às modalidades de rega efectuadas na cultura de primavera-verão.



**Figura 2** -Produção de matéria verde do triticale forrageiro (t.ha<sup>-1</sup>) em 1999

Há a salientar um maior teor em cloretos nas plantas instaladas nos talhões em que se regou com água residual. Nestes talhões, o teor em cloretos do solo aumentou significativamente, como atrás foi referido, o que terá ocasionado este resultado. O teor em sódio das plantas nesses talhões, também aumentou, não sendo esse aumento significativo.

Os resultados obtidos no ensaio do triticale forrageiro no ano 1999-2000, encontram-se nos anexos II, III e IV. As diferenças na produção obtida entre os dois anos do ensaio devem-se fundamentalmente à melhor qualidade da semente utilizada no ensaio de 1999-2000.

## Flores de Corte

Na avaliação da viabilidade de utilização de águas residuais na rega de flores de corte efectuadas em estufa, seleccionámos três espécies representativas da produção nacional: o crisântemo, o gladiolo e o narciso.

### Crisântemo

Relativamente à qualidade da flor a rega com água residual ocasionou, nos dois anos do ensaio (1997 e 1998), um aumento significativo no diâmetro da inflorescência. Tanto o comprimento da haste floral como o seu diâmetro não são afectados devido à rega com este tipo de água (tabela 10).

**Tabela 10** -Valores médios referentes ao comprimento da haste floral (cm), diâmetro da inflorescência (cm) e diâmetro da haste floral (cm) do crisântemo nos anos de 1997 e 1998

Modalidades	Comprimento da haste floral		Diâmetro da inflorescência		Diâmetro da haste floral	
	97	98	97	98	97	98
<b>Água</b>						
A	97,7	104,9	12,11	12,22	0,39	0,43
AR	100,4	128,1	12,89	13,42	0,41	0,46
Nível de significância	ns	ns	*	*	ns	ns
<b>Desinfecção</b>						
D0	94,6	129,8	13,30	12,75	0,38	0,45
D3	103,5	102,1	11,70	12,89	0,42	0,43
Nível de significância	*	ns	**	ns	*	ns
<b>Interacção (A x D)</b>						
AD0	87,8	100,2	12,98	11,88	0,35	0,43
AD3	107,6	107,5	11,24	12,56	0,43	0,43
ARD0	101,4	159,4	13,62	13,63	0,41	0,48
ARD3	99,4	96,7	12,17	13,22	0,42	0,44
Nível de significância	**	ns	ns	ns	*	ns

O comprimento das raízes e o desenvolvimento radicular também não foram afectados devido à rega com água residual. As modalidades regadas com água residual formaram mais rebentos, tendo a cloragem da água um efeito depressivo na formação de rebentos (tabelas 19 e 21 do Anexo II).

### Gladiolo

Nem a rega com água residual, nem a cloragem da água de rega, conduziram a alterações significativas na qualidade da flor tanto na variedade Whitefriendship como na variedade Friendship, tanto em 1998 como em 1999.

No que diz respeito à qualidade dos cormos formados a rega com água residual também não afectou significativamente a sua produção e qualidade, nas duas cultivares estudadas. A cloragem da água de rega na cultivar Whitefriendship ocasionou a formação de corminhos com menor diâmetro e na cultivar Friendship ocasionou uma redução no número de corminhos (tabelas 24 e 25 do Anexo II).

Efectuou-se o engrossamento dos cormos do gladiolo obtidos no ensaio de 1998, e plantaram-se no ano seguinte. Apesar de não se terem observado diferenças significativas na produção das flores nas várias modalidades, nem ter havido decréscimo no seu valor comercial, os cormos do ano de 1999 apresentavam uma dimensão muito reduzida (independentemente das modalidades) sendo por isso impossível de serem utilizados na plantação do ano seguinte.

## **Narciso**

A rega com água residual ou a cloragem não conduziram a diferenças significativas nem na altura das flores nem no diâmetro dos bolbos. A rega com água residual conduziu a uma diminuição significativa no comprimento das raízes (tabela 11).

**Tabela 11** - Valores médios referentes ao comprimento da planta (cm) e das raízes (cm) nas diferentes modalidades do narciso de 2000

<b>Modalidades</b>	<b>Comprimento do pedúnculo</b>	<b>Comprimento total da planta</b>	<b>Comprimento das raízes</b>
<b>Água</b>			
A	40,05	46,80	6,23
AR	39,99	52,94	5,10
Nível de significância	ns	ns	*
<b>Desinfecção</b>			
D0	40,71	47,41	5,92
D3	39,34	52,33	5,41
Nível de significância	ns	ns	ns
<b>Interação (A x D)</b>			
AD0	40,86	47,52	6,29
AD3	39,25	46,08	5,17
ARD0	40,56	47,30	5,54
ARD3	39,43	58,59	4,65
Nível de significância	ns	ns	ns

## **Efeitos sobre o solo**

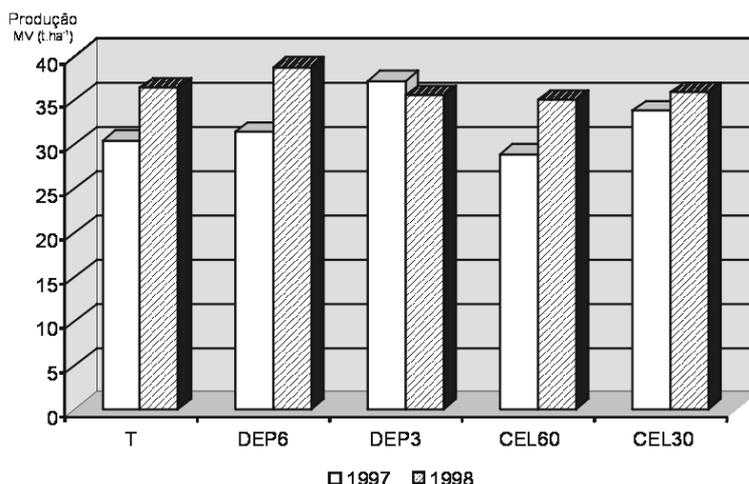
Quanto ao efeito que a rega com água residual teve sobre alguns parâmetros da fertilidade do solo, nos ensaios com as flores de corte efectuados em estufa, verificou-se que o teor em matéria orgânica, fósforo e potássio assimiláveis, cloretos, as bases de troca cálcio, magnésio e potássio, a capacidade de troca catiónica e os micronutrientes ferro, manganês, crómio e níquel não sofreram alterações significativas nas modalidades regadas com água residual. O valor de pH, condutividade eléctrica, cobre, zinco e chumbo mostram uma tendência para aumentar quando se utiliza água residual na rega. A rega com água residual conduziu sistematicamente a um aumento do teor em sódio de troca. A percentagem do complexo de troca preenchida com sódio situa-se entre 1,9 e 2,6%, contra 0,5 e 1,2% nas modalidades regadas com água da rede. Apesar de serem valores baixos, os resultados sugerem a necessidade de monitorização deste parâmetro tanto mais que a cultura é efectuada em estufa, situação em que a lixiviação dos sais é praticamente nula.

## 5.2 – Efeito fertilizante de lamas de depuração desidratadas e celulósicas

Conforme foi referido anteriormente, um dos objectivos do projecto consistia na avaliação de possíveis efeitos, resultantes da incorporação de lamas de depuração desidratadas e lamas celulósicas, sobre a fertilidade do solo e sobre a produção e qualidade da forragem (milho-triticale).

Para ambos os resíduos foram considerados três níveis de aplicação; no caso das lamas de depuração 0, 3 e 6 t.ha<sup>-1</sup> (modalidades designadas por T, DEP3 e DEP6, respectivamente) e no das lamas celulósicas de 0, 30 e 60 t.ha<sup>-1</sup> (modalidades designadas por T, CEL30 e CEL60, respectivamente).

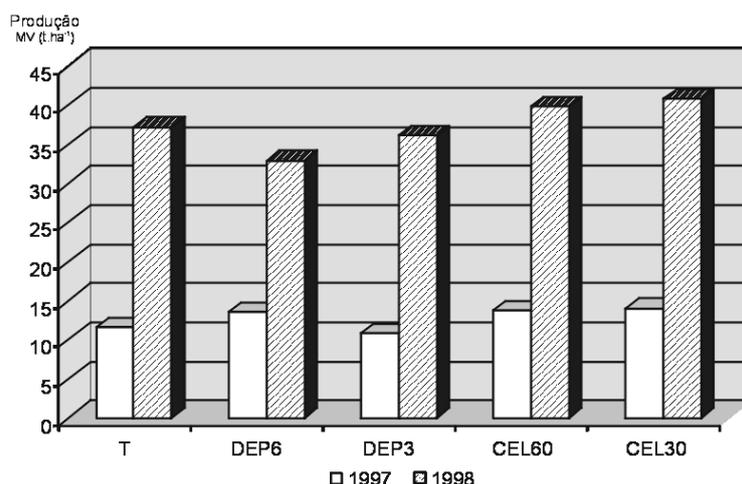
Quanto aos efeitos sobre a produção, nomeadamente no que concerne à produção de milho forrageiro (figura 3), poder-se-á afirmar não terem ocorrido diferenças estatisticamente significativas resultantes da incorporação de resíduos, quer em 1997 quer no ano de 1998, ainda que no primeiro ano se tivesse podido observar alguma tendência para que melhores resultados surgissem nos níveis mais baixos de aplicação de ambos os resíduos.



**Figura 3** – Produção de milho-forrageiro

Em relação à produção de triticale-forrageiro (figura 4), verificou-se em 1999 uma produção um pouco mais elevada nas modalidades com lamas celulósicas e na modalidade DEP6. Já no ano 2000, verificou-se haver por parte dos resíduos um efeito semelhante ao já verificado no milho em 1997, ou seja, uma tendência para que aplicações mais elevadas de resíduos (DEP6 e CEL60) proporcionem resultados inferiores aos obtidos nos talhões com aplicações mais baixas (DEP3 e CEL30), ou mesmo sem qualquer aplicação (T).

Para as diferenças de comportamento verificadas por parte dos resíduos sobre a produção de triticale em 1999 e 2000, terá certamente contribuído a data de incorporação dos mesmos. Na verdade o triticale colhido em 1999 seguiu-se à cultura do milho (milho de 1998), à sementeira do qual se tinham incorporado os resíduos, enquanto que o triticale colhido em 2000 foi feito imediatamente após a incorporação dos resíduos nesse ano, em virtude do milho (cultura anterior) não se ter efectuado, devido à falta de água para regar, conforme já foi referido e justificado.



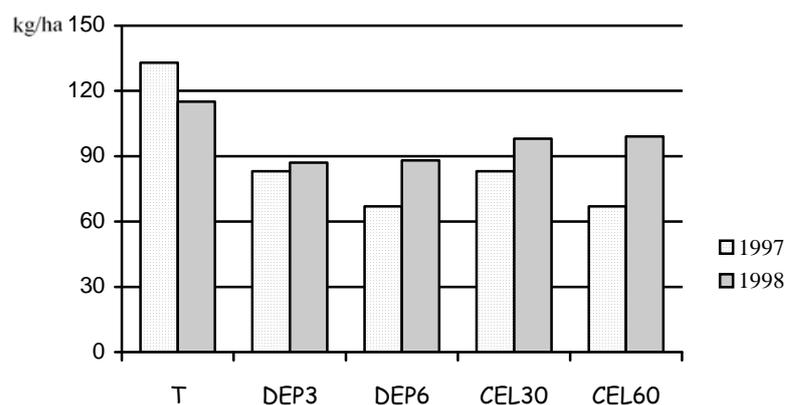
**Figura 4** – Produção de triticales-forrageiro

Perante o exposto, poder-se-á depreender haver alguma tendência para que a incorporação de resíduos (no caso das lamas de depuração só para o nível mais elevado considerado) possa resultar em aumentos mais ou menos evidentes de produção, mas só em culturas realizadas um determinado período de tempo após a incorporação dos mesmos. De facto, nas culturas efectuadas imediatamente após a distribuição e incorporação dos resíduos, sobretudo quando se apliquem quantidades mais elevadas, a tendência será para que a produção não se altere em relação ao que se obteria na ausência de qualquer aplicação, ou então, que sofra mesmo algum decréscimo em relação a essa situação.

Se tal resultado poderia ser esperado no caso das lamas celulósicas, por se tratar de um resíduo de elevada razão C/N (próxima de 100), e como tal susceptível de originar alguma imobilização de azoto que se poderia reflectir negativamente sobre a produção, o mesmo não seria de prever quando se incorporasse um resíduo como as lamas de depuração, com considerável teor em azoto (da ordem dos 8% na matéria seca), baixa razão C/N (próxima de 6) e baixos teores de micronutrientes e metais pesados.

Quanto à composição química da forragem (milho e triticales), não foram observados efeitos expressivos resultantes da utilização de resíduos na fertilização das culturas, resultados que vêm ao encontro de estudos anteriormente efectuados por nós, em solos com semelhanças ao agora utilizado neste ensaio. No entanto, também nesses trabalhos se verificou poderem as lamas, quer celulósicas quer de depuração, promoverem alterações significativas nos teores de alguns elementos nas plantas, quando incorporadas em unidades-solo diferentes. Neste ensaio foi contudo possível identificar terem ocorrido diferenças significativas entre as modalidades ensaiadas, quanto às remoções de azoto ocorridas (figura 5). De facto, as diferenças encontradas foram importantes e indicativas de uma baixa utilização do azoto, pelo menos por parte das plantas de milho, quando se incorporaram os resíduos, sobretudo em 1997 (1º ano de ensaio) mas também sentida em 1998.

Como já referimos anteriormente, tal resultado poderia ser esperado quando da aplicação de lamas celulósicas, recomendando-se inclusivamente um reforço de adubação mineral azotada na cultura que se segue a essa incorporação, mas não se esperaria que o mesmo pudesse ter que ser efectuado no caso de uma aplicação de lamas de depuração. Trata-se na verdade de um efeito inesperado, que não conseguimos de imediato explicar e, que por isso mesmo, no futuro merecerá toda a nossa atenção.

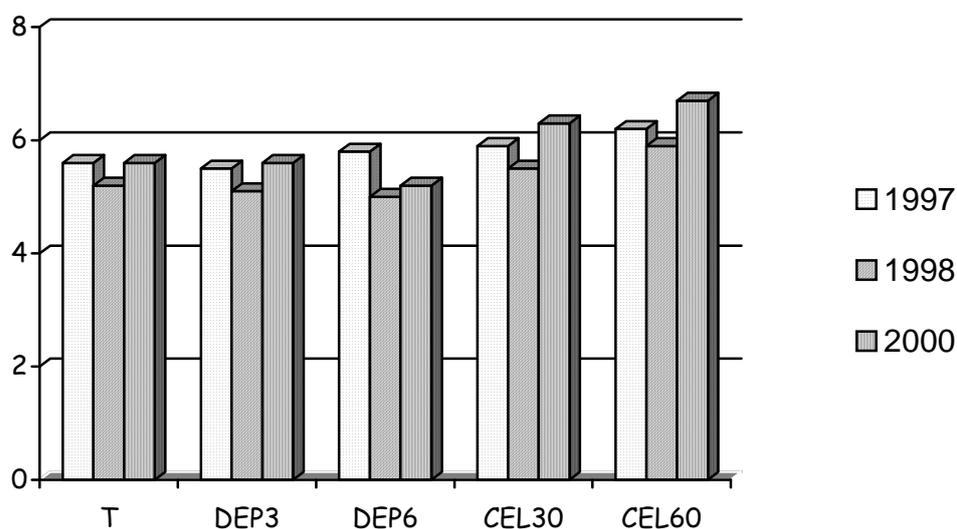


**Figura 5** – Remoções de azoto ocorridas na cultura milho forrageiro

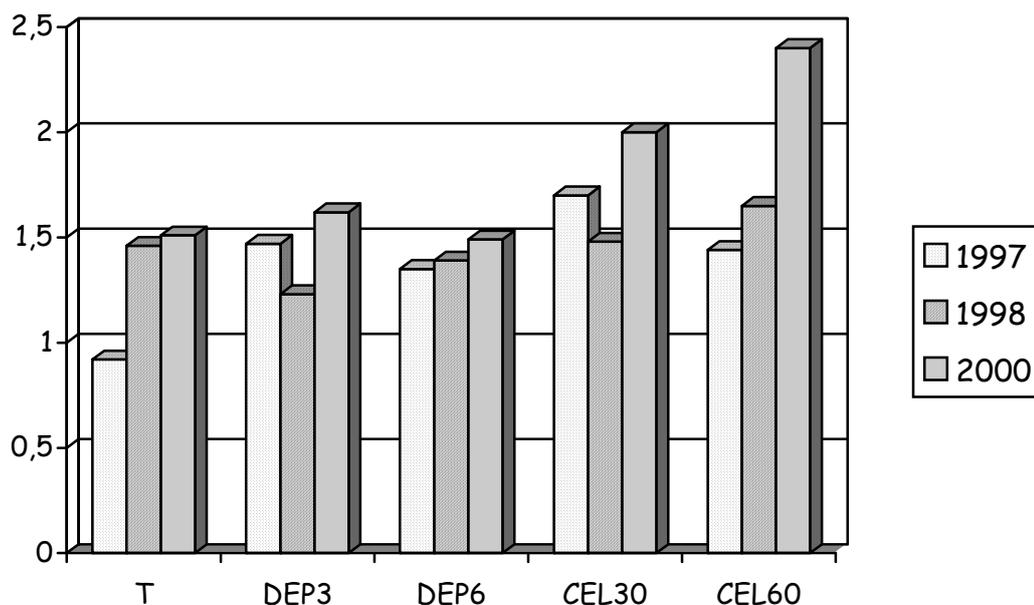
Considerando o efeito resultante da incorporação dos resíduos sobre parâmetros da fertilidade do solo, parecem ser de salientar os resultados obtidos em relação ao valor de pH, teor em M.O. e a base de troca  $\text{Ca}^{2+}$ .

Quanto ao pH (figura 6), merecerá destacar o efeito positivo que a partir do 2º ano as lamas celulósicas tendem a exercer sobre o seu valor. De facto, e ainda que perante um solo com pH inicial superior a 5,5, a aplicação de  $30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  e ano de lamas celulósicas foi suficiente para que logo após três anos este parâmetro alcançasse valores superiores a 6, e portanto mais próximos dos mais adequados à generalidade das culturas.

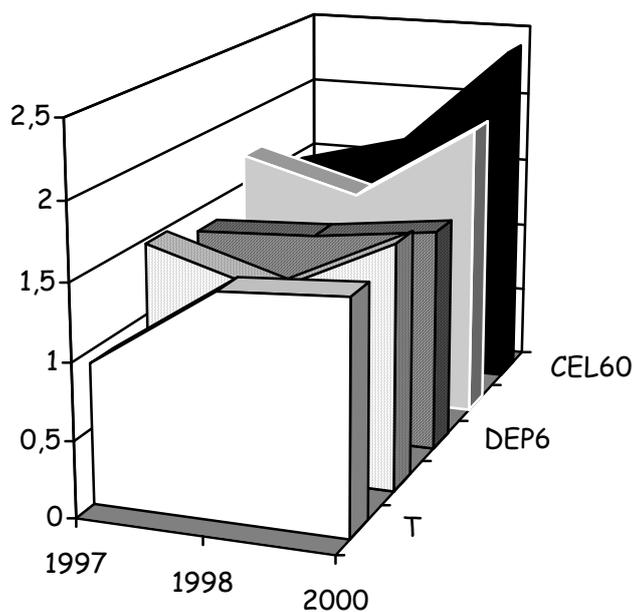
Para além de um bom correctivo da acidez do solo, as lamas celulósicas apresentaram-se como bons correctivos orgânicos (vejam-se as figuras 7 e 8), a que não será alheio a elevada percentagem de M.O. que possuem bem como as quantidades anuais passíveis de serem incorporadas, aspecto este que limitará a observação de um comportamento semelhante por parte das lamas de depuração utilizadas no ensaio.



**Figura 6** – Valores de pH (H<sub>2</sub>O) obtidos nas diversas modalidades

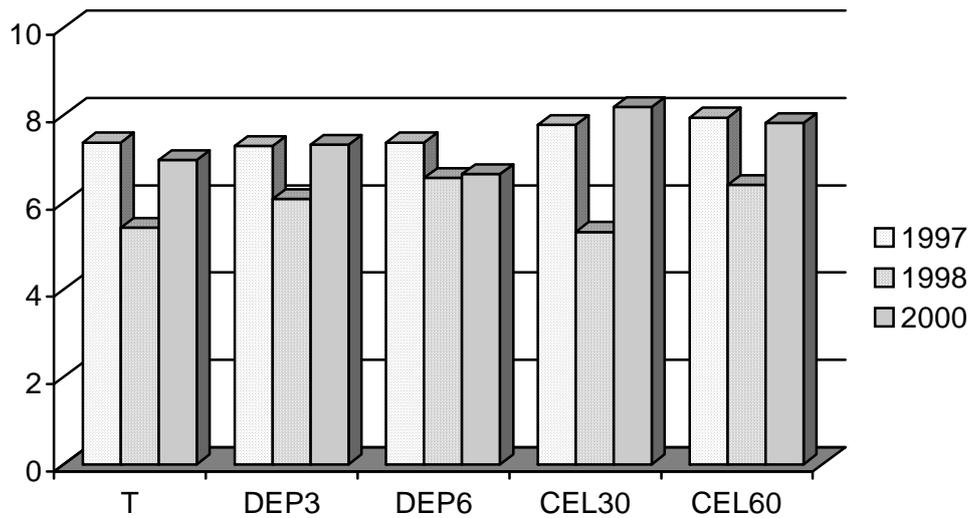


**Figura 7** – Valores de matéria orgânica (%) obtidos nas diversas modalidades

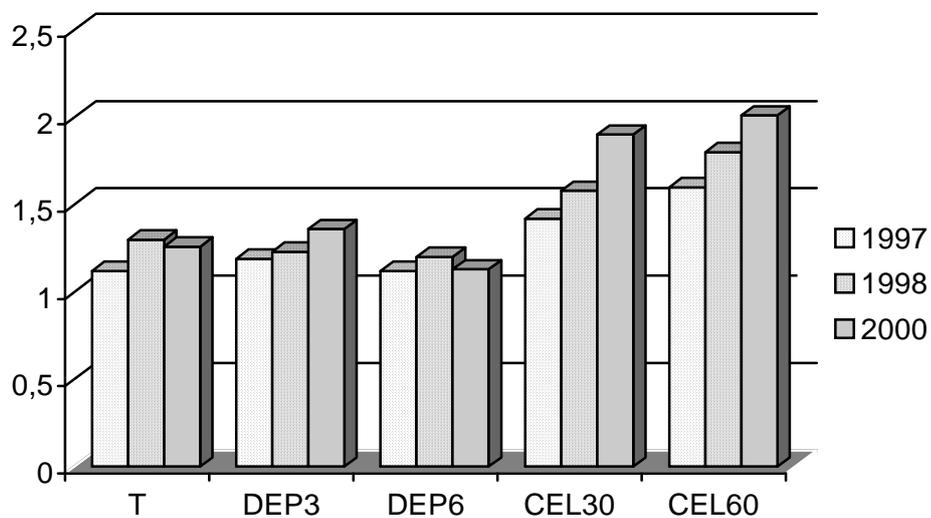


**Figura 8** – Evolução do teor de matéria orgânica (%) nas diversas modalidades

Ainda que o valor da CTC (figura 9) não tenha sofrido, durante o período em que decorreu o ensaio, alterações significativas resultantes da incorporação dos resíduos, o mesmo não se verificou em relação à soma de bases (figura 10).



**Figura 9** – Valores de CTC ( $\text{cmol(c).kg}^{-1}$ ) determinados nas diversas modalidades



**Figura 10** – Valores de Soma de Bases ( $\text{cmol(c).kg}^{-1}$ ) determinados nas modalidades

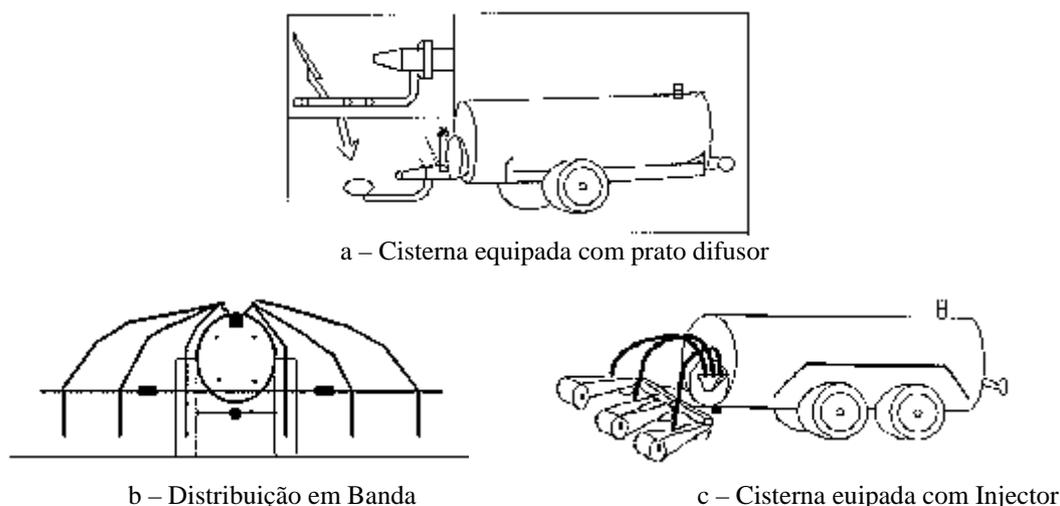
De facto, logo no 1º ano de incorporação dos resíduos verificou-se um aumento significativo do valor deste parâmetro, proporcionado pelas lamas celulósicas, tendo-se registado logo no segundo ano um aumento de 40% no valor da soma das bases quando se incorporaram 60t de lamas.

Analisando a contribuição das várias bases para tal resultado, verifica-se ter sido o  $\text{Ca}^{2+}$  o responsável por tal aumento, tendo-se registado aumentos desta base no valor da

CTC da ordem dos 5%, e à custa da acidez de troca. O aumento do grau de saturação que resulta desta alteração, poderá vir a ter algum reflexo na melhoria da biodisponibilidade dos nutrientes.

### 5.3 - Metodologias de aplicação de resíduos orgânicos líquidos

No âmbito do Projecto PAMAF 8064 realizaram-se ensaios de campo no sentido de testar práticas culturais alternativas, em termos de metodologias de aplicação dos resíduos orgânicos (chorume bovino e lamas de depuração líquidas). Deste modo, nesta componente do projecto, considerou-se a utilização do prato difusor (figura 11-a), como a metodologia de aplicação tradicional, e como alternativas, consideraram-se a distribuição em banda e a injeção (figura 11-b e c).



**Figura 11** – Equipamento de distribuição de resíduos líquidos

Embora seja possível utilizar estas técnicas sobre cereais praganosos, esta planificação visava fundamentalmente a aplicação na cultura primaveril. Nesta situação, aproveita-se o espaçamento entre as linhas de cultura para aplicar os resíduos, quer em banda, quer injectados. Esta aplicação entre linhas permite retardar o período de aplicação, para o ciclo cultural utilizado nestes ensaios, em aproximadamente 1 mês.

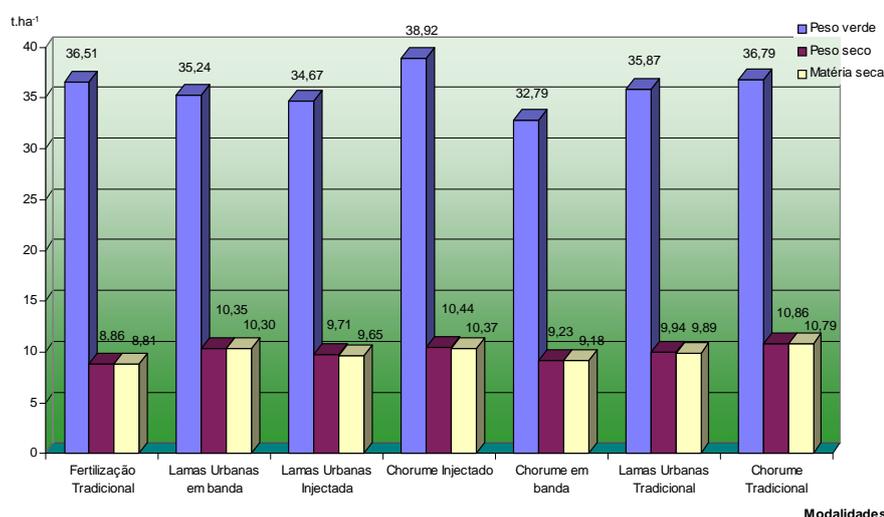
No caso desta metodologia de aplicação ser utilizada em cereais praganosos de inverno, com o mesmo tipo de equipamento aqui utilizado, seria necessário realizar algumas alterações ao nível da instalação da cultura. Nomeadamente utilizar semeadores de linhas, que possibilitam o fecho da saída da semente onde coincidam com o local futuro da passagem dos injectores, ou dos distribuidores em banda. Desta forma os espaços abertos permitiriam a passagem dos equipamentos sem danificar a cultura e servir de linhas de orientação para o operador. No sentido de manter as mesmas densidades de sementeira, o numero de sementes por linha nas restantes, deveria ser implementado.

Devido a atraso na entrega dos equipamentos de distribuição, não foi possível testar eficazmente os equipamentos na cultura de 1997, relativamente às metodologias alternativas. Assim os dados apresentados reportam-se apenas a 1998, em que todas as modalidades tratadas nos anexos II, III e IV, foram conduzidas de acordo com o planificado, e todos os dados laboratoriais necessários se encontram disponíveis.

Para as condições ensaiadas, foi possível registar com agrado, que a utilização das técnicas alternativas atingiram os objectivos esperados em termos de localização do resíduo:

- Evitar o contacto entre o resíduo e a parte aérea da planta;
- Registou-se uma clara redução da emissão de maus cheiros durante o processo de aplicação;
- No caso da injeção uma anulação da emissão de maus cheiros, durante o processo de aplicação;
- Anulação do escoamento superficial.

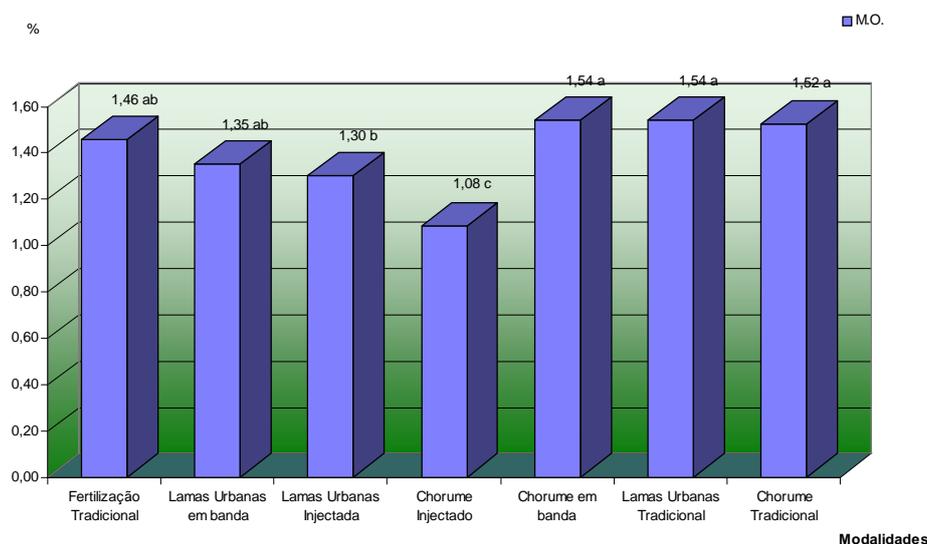
Estas constatações foram também partilhadas por todos os participantes na jornada técnica organizada no âmbito do Projecto, durante a demonstração de técnicas alternativas realizada.



**Figura 12** - Produção média de matéria verde (t.ha<sup>-1</sup>), peso seco (t.ha<sup>-1</sup>) e matéria seca (t.ha<sup>-1</sup>) no ano de 1998.

Após a realização de uma análise múltipla de variância, entre todas as modalidades testadas, não se verificaram quaisquer diferenças significativas em termos dos parâmetros produtivos da forragem (Figura 12). Esta ocorrência demonstra que para as condições ensaiadas, a possível agressão mecânica ocorrida durante os processos de aplicação alternativos, reduzindo a produção, não ocorreu.

A análise realizada, sobre os parâmetros analisados às plantas, também não regista quaisquer diferenças significativas (tabela 63 do Anexo II).



**Figura 13** - Teores médios de matéria orgânica (%) encontrados no solo após a cultura no ano de 1998.

A análise realizada sobre os parâmetros do solo, apenas apresenta uma diferença significativa ao nível da matéria orgânica, originando 3 grupos homogêneos (figura 13). Em relação a este facto, julgamos que possa ter sido originado durante o processo de colheita de amostras, devido à localização dos resíduos em bandas, ou faixas, perfeitamente definidas pelo equipamento. Deste modo, procedeu-se a novas colheita, (maior numero e estratificadas), de forma a tentar corrigir possíveis erros induzidos durante a colheita dos solos, que aguardam leitura laboratorial.

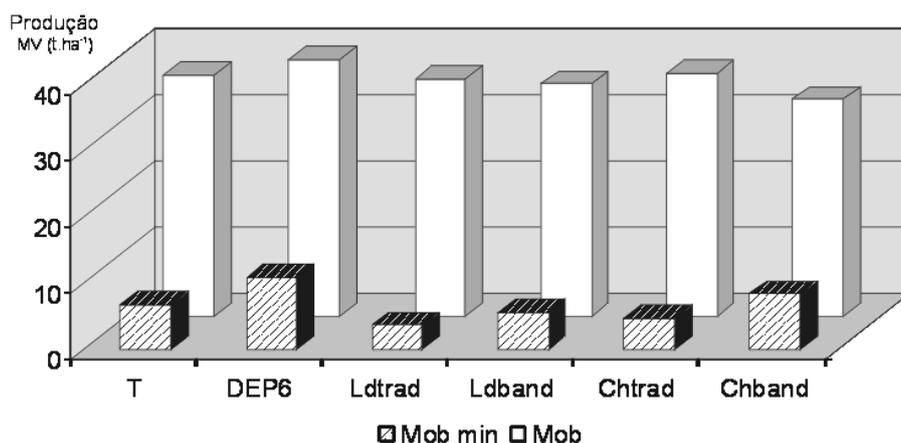
Em relação aos removidos, também não foram detectadas quaisquer diferenças significativas em relação aos parâmetros analisados (Anexo IV).

Foi também demonstrado, na cultura de Inverno no ano de 1999, ser possível utilizar estes equipamentos nestas situações. No entanto, para deixar claro que a sua utilização nas culturas de Inverno, terá que obedecer a outros requisitos, durante a jornada técnica realizada, foram aconselhadas técnicas para ultrapassar os possíveis danos nas culturas de cereais praganosos de inverno, que estes equipamentos possam causar.

Os resultados obtidos, deixam excelentes expectativas quanto à futura utilização destes equipamentos, de forma a tornar a utilização agrícola de resíduos orgânicos mais sustentável em termos ambientais, e mais enquadrada com as propostas apresentadas no "Código de boas práticas agrícolas" e no "Manual básico de práticas agrícolas".

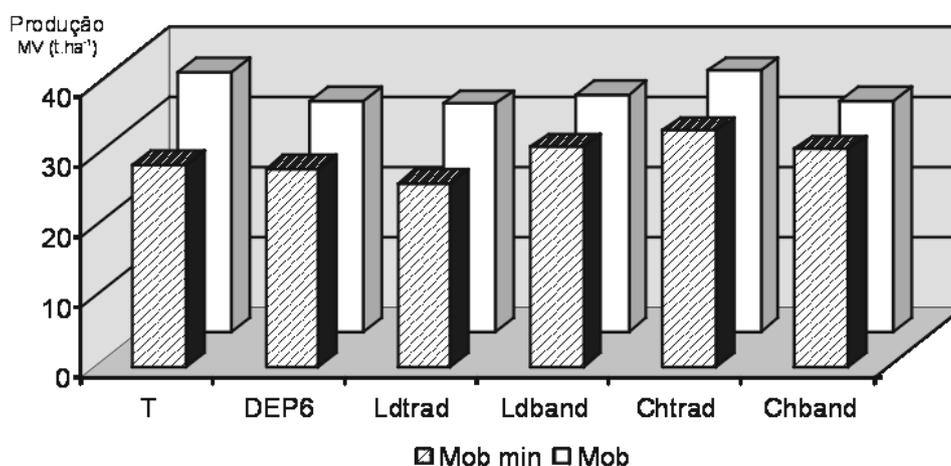
#### **5.4 - Mobilização mínima versus mobilização tradicional**

No estudo de comparação entre duas técnicas diferentes de instalação de uma cultura (mobilização tradicional ou mobilização mínima) sobre a produção, verificou-se que tanto em 1997 como em 1998, nas modalidades com mobilização mínima a produção de milho forrageiro foi extremamente reduzida (figura 14).



**Figura 14** - Produção de milho forrageiro (t.ha<sup>-1</sup>) nas várias modalidades em 1998

Para tal facto, contribuiu de forma decisiva a falta de domínio desta técnica. Quer a regulação do semeador, quer o eficiente controlo das infestantes serão os dois aspectos mais importantes a considerar quando se optar por esta metodologia. Tendo em conta estes aspectos, na instalação do tritcale em 1999 efectuaram-se as alterações que considerámos convenientes, nomeadamente o controlo de infestantes e a profundidade de colocação da semente, facto que veio a possibilitar uma melhoria assinalável da produção nestas modalidades (figura 15).



**Figura 15** - Produção de tritcale forrageiro (t.ha<sup>-1</sup>) nas várias modalidades em 2000

Assim, somos de opinião que a escolha de uma metodologia de mobilização do solo, diferente da tradicional, exigirá um maior conhecimento técnico e um acompanhamento das condições de execução do trabalho mais exaustivo.

No final dos três anos do ensaio (2000), nem a mobilização mínima do solo, nem a incorporação de resíduos orgânicos conduziu a diferenças significativas no teor de matéria orgânica do solo (tabela 12).

**Tabela 12-** Teor em matéria orgânica do solo ( $t.ha^{-1}$ ) nas várias modalidades e a diferentes profundidades, no final dos três anos do ensaio

<b>Modalidades</b>	<b>M.O.</b> (0-5cm)	<b>M.O.</b> (5-10cm)	<b>M.O.</b> (10-15cm)	<b>M.O.</b> (15-20cm)
<b>Mobilização</b>				
Mobmin	7,10	7,14	6,64	6,36
Mobtrad	6,16	6,45	6,43	6,04
Nível de significância	ns	ns	ns	ns
<b>Resíduo</b>				
Chtrad	5,76	6,37	6,18	6,33
Chband	6,71	7,79	7,08	6,04
DEP6	6,53	5,80	6,72	6,30
T	6,51	6,85	6,89	6,68
Ldband	7,25	6,84	5,74	5,95
Ldtrad	7,03	7,14	6,62	5,91
Nível de significância	ns	ns	ns	ns
<b>Interação (M x R)</b>				
Chtrad/mobmin	4,91	4,91	6,20	6,12
Chtrad/mobtrad	6,61	7,83	6,15	6,54
Chband/mobmin	7,69	9,12	7,42	6,89
Chband/mobtrad	5,73	6,46	6,73	5,19
DEP6/mobmin	8,14	6,61	6,69	6,10
DEP6/mobtrad	4,92	4,95	6,75	6,50
T/mobmin	6,92	7,24	7,44	7,07
T/mobtrad	6,09	6,45	6,34	6,29
Ldband/mobmin	7,69	7,31	5,86	5,98
Ldband/mobtrad	6,80	6,37	5,62	5,92
Ldtrad/mobmin	7,23	7,61	6,24	5,99
Ldtrad/mobtrad	6,82	6,66	6,99	5,82
Nível de significância	ns	ns	ns	ns

Os resíduos orgânicos incorporados possuíam uma baixa C/N pelo que não seria de esperar efeitos significativos sobre o teor em matéria orgânica do solo, actuando principalmente na disponibilização de nutrientes para a planta.

Quanto ao tipo de mobilização praticado, nota-se que nos primeiros 10cm de profundidade há uma tendência para a conservação/aumento do teor em matéria orgânica do solo na globalidade das modalidades com mobilização mínima.

## **5.5 - Lixiviados**

Apresentam-se na tabela 13 os parâmetros avaliados nos lixiviados em Maio de 2000. Apesar de só ser possível a instalação das cápsulas de recolha de lixiviados tardiamente (ver ponto 3), ficámos com o conhecimento prático desta metodologia. As cápsulas foram instaladas em Fevereiro-Março de 2000, e a recolha de lixiviados

ocorreu em Maio. Neste intervalo de tempo a precipitação ocorrida foi de 283mm, tendo sido a precipitação entre Outubro e Março de 290mm.

Numa análise sucinta à tabela 13 verifica-se que nas modalidades com mobilização do solo, os valores mais elevados de nitratos e nitritos, encontrada nos lixiviados, se verifica nas modalidades LDband, Chband2 e DEP6. Às modalidades LDtrad e DEP6 correspondem os maiores valores de salinidade, avaliada pela condutividade eléctrica. A mobilização mínima do solo parece ter contribuído para uma redução na lixiviação do azoto nítrico, observada nas modalidades DEP6.

Estes resultados apesar de incompletos, evidenciam a importância de se efectuar uma avaliação dos elementos lixiviados quando se pretendem traçar conclusões sobre a utilização deste tipo de resíduos. Salientamos ainda o facto, de grande parte dos nossos solos terem textura ligeira o que permitirá uma lixiviação mais intensa, e da variabilidade temporal e espacial da precipitação conduzir a flutuações na lixiviação.

**Tabela 13** - Parâmetros avaliados nos lixiviados em Maio de 2000 por modalidade e repetição

Modalidade/ /Parâmetros	pH (H <sub>2</sub> O)	C.E. (µS.cm <sup>-1</sup> )	Azoto Amoniacal (%)	Nitratos e Nitritos (%)
<b>Com mobilização do solo</b>				
T	6,5	318	0,14	3,44
T	6,7	374	0,36	11,5
Ldinj	7,7	426	-	-
LDtrad	7,4	960	-	11,84
LDband	6,4	415	0,61	24,78
Chinj	6,5	397	0,39	16,24
Chband	6,7	528	1,06	20,86
Chtrad	6,2	423	0,61	6,27
Chtrad	6,6	401	0,28	6,89
CEL30	7,0	425	0,2	0,73
DEP6	5,8	979	0,36	21,78
<b>Com mobilização mínima do solo</b>				
DEP6	6,8	404	0,9	4,06
DEP6	6,6	797	0,014	14,61
LDtrad	7,2	448	5,08	14,8
LDtrad	6,7	674	1,29	32,6
LDband	7,1	375	0,64	6,4

## 5.6 - Actividade enzimática na rizosfera do triticales

No decorrer do projecto, instalaram-se as metodologias para a avaliação da actividade das fosfomonoesterases (fosfatases ácidas e alcalinas), na rizosfera do triticales. As fosfomonoesterases, são enzimas que ocorrem nos animais, plantas e microrganismos, e estão envolvidas no metabolismo e transporte do fósforo. As plantas contêm muitas isoenzimas de fosfatase ácida, algumas com actividade intracelular e, outras, são excretadas pelas raízes para a rizosfera, actuando na transformação de formas orgânicas de fósforo, aumentando a biodisponibilidade deste nutriente. A

fosfatase ácida hidroliza formas de fósforo orgânico (fosfomonoesteres) existente no solo, tais como nucleótidos, fosfolípidos e açúcares fosfatados, libertando assim fósforo inorgânico que as plantas poderão então absorver. As fosfomonoesterases foram classificadas em fosfatases ácidas e alcalinas, porque a sua actividade óptima se situa na zona ácida ou alcalina. A actividade da fosfatase alcalina no solo, parece derivar exclusivamente dos microrganismos, uma vez que as plantas superiores não apresentam esta enzima.

A metodologia seguida na avaliação da actividade das fosfomonoesterases, foi a proposta por Tabatabai (1994). A colheita de terra na zona da rizosfera foi efectuada em Março de 2000, no período de crescimento activo do triticales.

Apesar dos resultados apresentados serem pontuais, verifica-se que a actividade da fosfatase alcalina, evidencia um aumento nas modalidades em que se aplicaram lamas celulósicas (tabela 14). A reacção do solo nesta modalidade, apresenta valores mais adequados à actividade desta enzima, razão pela qual a fosfatase alcalina apresenta maior actividade. Este resultado, parece-nos interessante pois a incorporação deste resíduo no solo poderá possibilitar, através de melhores condições de meio para a actividade desta enzima, uma maior disponibilização de fósforo mineral para a planta. Também as lamas celulósicas sendo um resíduo rico em cálcio, poderão promover alguma fixação do fósforo mineral. A fosfatase alcalina conseguindo hidrolizar formas de fósforo ligadas ao cálcio, constituirá mais uma forma de aumentar a biodisponibilidade de fósforo.

**Tabela 14** - Actividade da fosfatase ácida e alcalina ( $\mu\text{g p-NO}_2\text{fenol /g.h}$ ) e valor do pH ( $\text{H}_2\text{O}$ ) na rizosfera do triticales

<b>Modalidade<sup>a)</sup>/fosfo- monoesterases</b>	<b>Fosfatase ácida</b>	<b>Fosfatase alcalina</b>	<b>pH (<math>\text{H}_2\text{O}</math>)</b>
T	1393,557	85,94593	6,2
Chtrad	1567,309	117,1807	6,5
DEP3	1563,641	96,07827	6,2
DEP6	1642,472	97,81415	6,2
CEL30	1503,511	151,9258	7,3
CEL60	1154,149	226,4465	7,5

<sup>a)</sup>n=3 –média das três repetições em solo com mobilização tradicional

## 6 - Divulgação do projecto e dos resultados

A divulgação dos resultados do projecto foi efectuada através das seguintes formas:

**Apresentação de comunicações em Congressos ou reuniões de carácter técnico e científico:**

## Comunicações orais

- Horta-Monteiro C., Carneiro J.P., Águas P.M., Lopes P., Águas M.J. e Rijo M. (1998). Maize irrigation with municipal wastewater. 1\_ Yield and soil impact. *AWT98-Advanced Wastewater Treatment, Recycling and Reuse. Conference Proceedings*, Vol.2, Milano 14-16 September 1998.
- Monteiro J.T., Horta-Monteiro C., Carneiro J.P., Águas P. e Rijo M. (2000). Mobilização do solo, aplicação de resíduos orgânicos e matéria orgânica. Encontro Anual da Sociedade Portuguesa de Ciência do Solo- Uso do solo e da água, Évora, 15-17 de Junho de 2000. Aguarda publicação na revista *Pedon*
- Horta-Monteiro M. C.e Delgado-Sousa F. (2001). A utilização de águas residuais na rega de flores de corte: Crisântemo, Gladiolo e Narciso. Comunicação a apresentar no *IV Congresso Ibérico de Ciências Hortícolas*, Cáceres 7-11 de Maio de 2001.

## Poster

- Horta-Monteiro C., Carneiro J.P. e Águas P. (1999). Teor em metais pesados no solo resultante da aplicação de lamas de depuração. Encontro Anual da Sociedade Portuguesa de Ciência do Solo, Vila Real, 28-30 de Junho de 1999. Aguarda publicação na revista *Pedon*.
- Horta-Monteiro C. e Delgado-Sousa F. (1999). Production and corm yield of gladiolus irrigated with municipal wastewater. *3rd. International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops*, Estoril, Portugal 28 de Junho a 2 de Julho de 1999.
- Horta-Monteiro C., Carneiro J.P., Águas P., Monteiro J.S., Lopes P. e Rijo M. (1999). Valorização agrícola de lamas de depuração desidratadas. Efeitos no solo. *Proceedings do Congresso LatinoAmericano de la Ciencia del Suelo*. Universidad de la Frontera, Temuco, Chile 8-12 de Novembro de 1999.

## Trabalhos de fim de curso em Engenharia de Produção Agrícola (bacharelato)

- *Contribuição para o Estudo da Utilização de Resíduos Orgânicos na Produção de Milho Forragem*. Apresentado em 7 de Outubro de 1998.
- *Efeitos da Utilização de Resíduos Orgânicos Urbanos e Industriais num Solo de Aluvião*. Apresentado em 14 de Outubro de 1998.
- *Efeitos da aplicação de lamas celulósicas e urbanas na cultura do milho (Zea mays L.)*. Trabalho apresentado em 21 de Julho de 1998.
- *Efeito da rega com água residual na qualidade do milho (Zea mays L.) para ensilagem*. Apresentado em 2 de Outubro de 2000.
- *Estudo da Utilização de Água Residual Urbana na Rega do Milho Forragem (Zea mays L.)*. Trabalho apresentado em 25 de Outubro de 2000.

O relatório final do trabalho de fim de curso é pública e formalmente apresentado, constituindo para além do documento escrito uma forma excelente de divulgação para os futuros diplomados e técnicos que assistem/colaboram nestes trabalhos.

## **Acções de formação para técnicos**

De 27 de Setembro a 1 de Outubro de 1999 a ESACB através de docentes que integram a equipa de presente projecto efectuou uma acção de formação para técnicos, organizada pela MEIMOACCOOP, subordinada ao tema “Aproveitamento de resíduos orgânicos e de águas depuradas como factores de produção”. Nesta acção foram divulgados resultados obtidos nos ensaios do presente projecto.

## **Sessão pública e dia Aberto**

No dia 18 de Julho de 2000 foi efectuada na Escola Superior Agrária de Castelo Branco uma Jornada Técnica com o título “ Utilização de Resíduos em Agricultura”, onde foram apresentados os resultados do presente projecto, foi efectuada uma visita ao campo de ensaios e a demonstração do equipamento de distribuição de resíduos orgânicos líquidos.

No anexo V apresentam-se o desdobrável de divulgação deste encontro, uma publicação com informação sobre o projecto, a lista dos participantes na Jornada Técnica e uma publicação de divulgação dos resultados do projecto.

## **Actividade docente**

Os docentes que integram a equipa da ESACB tiveram ainda oportunidade de divulgar resultados e aspectos relacionados com o projecto, no âmbito da sua actividade docente em diversas disciplinas como: Fertilidade do Solo e Fertilização, Poluição e Conservação e Ecologia da Produção e Protecção do Ambiente.

## 7 - Considerações finais

A apreciação global dos resultados deste projecto, sugerem-nos as seguintes reflexões:

- 1- A utilização de resíduos provenientes das actividades socio-económicas da sociedade moderna, nomeadamente os utilizados neste trabalho: águas residuais, lamas de depuração, lamas celulósicas e chorumes de bovinos, mostraram poder ser, quando bem geridos, utilizados em agricultura, como fontes de água, de nutrientes e/ou de matéria orgânica.
- 2- Em nosso entender, a utilização agrícola destes resíduos é apenas uma solução possível, e deverá fazer parte de uma estratégia integrada de destino final destes resíduos de forma a compatibilizar qualidade de vida com desenvolvimento económico e social.
- 3- O tratamento de alguns destes resíduos (cujo objectivo central tem sido o de remover principalmente matéria orgânica biodegradável), deverá ser tecnicamente melhorado, de forma a minimizar, quando utilizados em agricultura, efeitos de diluição e/ou bioacumulação nos solos, nas águas superficiais e subterrâneas e na cadeia alimentar de elementos minerais, nomeadamente metais pesados, que irão ter a prazo, efeitos negativos sobre a saúde pública.
- 4- A legislação actualmente em vigor (nomeadamente a portaria 176/96 de 3 de Outubro), parece-nos carecer de correcção, dado que o comportamento dos micronutrientes e metais pesados nos solos, não está apenas dependente do pH dos mesmos, e que solos diferentes (matéria orgânica, argila, outros constituintes) comportam-se de forma diferente, mesmo em relação ao mesmo resíduo incorporado.

5- No trabalho que desenvolvemos, avaliámos o efeito destes resíduos sobre a produção e composição das plantas e sobre a fertilidade do solo.

Na definição de solo, está incluído um conceito central, que é o seguinte “...o Solo é um corpo vivo e dinâmico...”, isto é, o solo possui vida e está em constante alteração.

Numa perspectiva puramente utilitária do solo, ele é sem dúvida o suporte físico e nutritivo das culturas, mas de facto o solo, todos sabemos, é mais do que isso. É um recurso natural, com importantes funções ecológicas, em relação ao qual temos por obrigação preservar e manter a sua qualidade. E aqui intervém um conceito, que sem ser antagónico, complementa a própria noção de fertilidade de solo: Fertilidade/qualidade do solo.

Estudámos o efeito que estes resíduos poderão ter na fertilidade do solo, parece-nos que é importante também estudar o efeito que terão sobre a qualidade do solo, entendendo-o numa perspectiva mais global, isto é, como um recurso natural, suporte de vida e sede de uma enorme biodiversidade.

## 8 - Bibliografia

- Abbasi M.K.; Adams W.A. (2000). Gaseous N emission during simultaneous nitrification-denitrification associated with mineral N fertilization to a grassland soil under field conditions. *Soil Biology & Biochemistry* **32**, 1251-1259.
- Addiscott, T.M.; Thomas D. (2000). Tillage, mineralization and leaching: phosphate. *Soil & Tillage Research* **53**, 255-273.
- Basta-NT; Sloan-JJ (1999) Bioavailability of heavy metals in strongly acidic soils treated with exceptional quality biosolids. *Journal of Environmental Quality*, **28**: 2, 633-638.
- Gustavsson-J; Esala-M (ed.); Kirchmann-H (1998) Swedish measures to reduce ammonia emissions. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **51**: 1, 81-83.
- Houtin, J.A; Karam, A.; Couillard D.; Cescas M.P. (2000). Use of a fractionation procedure to assess the potential for P movement in a soil profile after 14 years of liquid pig manure fertilization Agriculture, *Ecosystems and Environment* **78**, 77-84.
- Jarausch-Wehrheim, B.; Mocquot, B.; Mench M. (1999) Absorption and translocation of sludge-borne zinc in field-grown maize (*Zea mays* L.). *European Journal of Agronomy* **11**, 23-33.
- Jensen, L.S.; Pedersen, I.S.; Hansen, T.B.; Nielsen, N.E. (2000) Turnover and fate of <sup>15</sup>N-labelled cattle slurry ammonium-N applied in the autumn to winter wheat, *European Journal of Agronomy* **12**, 23-35.
- Jun Zhu (2000) A review of microbiology in swine manure odor control Agriculture, *Ecosystems and Environment* **78**, 93-106.
- Lupwayi, N.Z.; Girma M.; Haque I.; (2000) Plant nutrient contents of cattle manures from small-scale farms and experimental stations in the Ethiopian highlands Agriculture, *Ecosystems and Environment* **78**, 57-63.
- Malgeryd-J; Esala-M (ed.); Kirchmann-H (1998) Technical measures to reduce ammonia losses after spreading of animal manure. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* **51**: 1, 51-57.
- Masciandaro, G.; Ceccanti, B.; Garcia, C. (2000) "In situ" vermicomposting of biological sludges and impacts on soil quality, *Soil Biology & Biochemistry* **32**, 1015-1024
- Mench, Michel J.; Manceau, Alain; Vangronsveld, Jaco; Clijsters, Herman, Mocquot, Bernard (2000) Capacity of soil amendments in lowering the phytoavailability of sludge-borne zinc, *Agronomie* **20**, 383-397.
- Morken-J; Sakshaug-S; Esala-M (ed.); Kirchmann-H (1998) Direct ground injection of livestock waste slurry to avoid ammonia emission, *Nutrient Cycling in Agroecosystems* **51**: 1, 59-63.
- Organização Mundial de Saúde (1989). *Health Guidelines for the use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture*. Report of a WHO Scientific Group, World Techni 778, WHO, Geneve, Switzerland.

- Pain-BF; Weerden-TJ-van-der; Chambers-BJ; Phillips-VR; Jarvis-SC; Van-der-Weerden-TJ (1998) A new inventory for ammonia emissions from UK agriculture, *Atmospheric Environment* **32**: 3, 309-313.
- Sharpley, A.N.; Daniel, T.; Sims, T.; Lemunyon, J.; Stevens, R.; Parry, R.; (1999) Agricultural Phosphorus and Eutrophication *United States Department of Agriculture Agricultural Research Service ARS-149*
- Stenberg, M., Aronsson, H.; Linden, B.; Rydberg T; Gustafson A., (1999) Soil mineral nitrogen and nitrate leaching losses in soil tillage systems combined with a catch crop, *Soil & Tillage Research* **50**, 115-125.
- Tabatabai, M.A. (1994). Soil enzymes. *In Methods of Soil Analysis. Part 2- Microbiological and Biochemical Properties*. Weaver, Angle and Bottomley eds. SSSA Book Series:5.778-826.
- Vidal, M.; López, A.; Santoalla, M.C.; Valles, V.; (2000) Factor analysis for the study of water resources contamination due to the use of livestock slurries as fertilizer, *Agricultural Water Management* **45**, 1-15.
- Webb, J.; Harrison, R.; Ellis S. (2000) Nitrogen fluxes in three arable soils in the UK, *European Journal of Agronomy* **13**, 207-223.
- Webster C.P., Poulton P.R., Goulding K.W.T. ( 1999) Nitrogen leaching from winter cereals grown as part of a 5-year ley-arable rotation, *European Journal of Agronomy* **10**, 99-109.

## **Anexo I**

Características físico-químicas da terra inicial dos ensaios;  
Características físico-químicas dos resíduos orgânicos e da água residual;  
Parâmetros avaliados no solo, plantas, resíduos orgânicos e água residual e respectiva metodologia analítica.

**Tabela 1** – Algumas características do solo inicial do ensaio do milho-triticale forrageiros (1997)

<b>Parâmetros</b>	
Textura	Franco-arenosa
CE (mS•cm <sup>-1</sup> )	0,047
MO (%)	1,52
pH (H <sub>2</sub> O)	5,6
Fósforo “assimilável” (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , mg•kg <sup>-1</sup> )	308
Potássio “assimilável” (K <sub>2</sub> O, mg•kg <sup>-1</sup> )	200
H <sup>+</sup> de troca (cmol (c)•kg <sup>-1</sup> )	5,66
Bases de troca (cmol (c)•kg <sup>-1</sup> )	
Ca <sup>2+</sup>	0,84
Mg <sup>2+</sup>	0,10
K <sup>+</sup>	0,20
Na <sup>+</sup>	0,036
Capacidade de troca catiónica (CTC; cmol (c)•kg <sup>-1</sup> )	6,84
Grau de saturação em bases (V;%)	17
Fe (%)	1,7
Cu (mg.kg <sup>-1</sup> )	18,5
Zn (mg.kg <sup>-1</sup> )	72,5
Mn (mg.kg <sup>-1</sup> )	234,8
B (mg.kg <sup>-1</sup> )	1,14
Cr (mg.kg <sup>-1</sup> )	2,1
Ni (mg.kg <sup>-1</sup> )	11,0
Pb (mg.kg <sup>-1</sup> )	29,3

**Tabela 2** – Algumas características do solo inicial do ensaio das flores de corte

<b>Parâmetros</b>	
Textura	Ligeira
CE (mS•cm <sup>-1</sup> )	0,065
MO (%)	1,53
pH (H <sub>2</sub> O)	6,0
Fósforo “assimilável” (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , mg•kg <sup>-1</sup> )	245
Potássio “assimilável” (K <sub>2</sub> O, mg•kg <sup>-1</sup> )	367
Cl <sup>-</sup> (mg•kg <sup>-1</sup> )	26
H <sup>+</sup> de troca (cmol (c)•kg <sup>-1</sup> )	4,26
Bases de troca (cmol (c)•kg <sup>-1</sup> )	
Ca <sup>2+</sup>	0,81
Mg <sup>2+</sup>	0,16
K <sup>+</sup>	0,07
Na <sup>+</sup>	0,031
Capacidade de troca catiónica (CTC; cmol (c)•kg <sup>-1</sup> )	5,33
Grau de saturação em bases (V;%)	20
Fe (%)	1,3
Cu (mg.kg <sup>-1</sup> )	4,05
Zn (mg.kg <sup>-1</sup> )	75,7
Mn (mg.kg <sup>-1</sup> )	171,82
Cr (mg.kg <sup>-1</sup> )	7,6
Ni (mg.kg <sup>-1</sup> )	7,1
Pb (mg.kg <sup>-1</sup> )	8,3

**Tabela 3** – Características das lamas de depuração desidratadas utilizadas no ensaio em 1997 e 1998.

Parâmetros	Unidades	1997	1998
Humidade (105°C)	%	82,3	81
C.E. (1:10 H <sub>2</sub> O)	µS.cm <sup>-1</sup>	2100	874
pH (1:2,5 H <sub>2</sub> O)		8,0	7,7
Matéria orgânica	%	68,1	60
Matéria seca (105°C)	%	17,7	*
Fósforo (P)	%	*	0,3
Cloretos	mg.100g <sup>-1</sup>	106,5	227,2
Azoto total (humidade original) (N)	%	0,9	2,4
Azoto total (105°C) (N)	%	5,0	*
Azoto amoniacal (N- NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	%	Vest.	*
Potássio (K)	%	0,2	0,2
Cálcio (Ca)	%	4,1	2,6
Magnésio (Mg)	%	0,2	0,2
Sódio (Na)	%	0,9	0,1
Crómio (Cr)	mg.kg <sup>-1</sup>	34,0	87,4
Níquel (Ni)	mg.kg <sup>-1</sup>	30,8	20,9
Chumbo (Pb)	mg.kg <sup>-1</sup>	79,8	45,5
Manganês (Mn)	mg.kg <sup>-1</sup>	129,5	145,5
Zinco (Zn)	mg.kg <sup>-1</sup>	1100	515,3
Cobre (Cu)	mg.kg <sup>-1</sup>	65,9	13,6
Ferro (Fe)	%	0,9	0,4
C/N		8	2,6

\*- Não determinados.

**Tabela 4** – Características das lamas celulósicas utilizadas no ensaio em 1997 e 1998.

Parâmetros	Unidades	1997	1998
Humidade (105°C)	%	55,6	75
C.E. (1:10 H <sub>2</sub> O)	µS.cm <sup>-1</sup>	500	633
pH (1:2,5 H <sub>2</sub> O)		7,9	7,8
Matéria orgânica	%	77,4	77
Matéria seca (105°C)	%	44,4	*
Fósforo (P)	%	*	0,01
Cloretos	mg.100g <sup>-1</sup>	887,5	269,8
Azoto total (humidade original) (N)	%	0,2	0,16
Azoto total (105°C) (N)	%	0,4	*
Azoto amoniacal (N- NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	%	Vest.	*
Potássio (K)	%	0,2	0,26
Cálcio (Ca)	%	2,8	1,70
Magnésio (Mg)	%	0,1	0,12
Sódio (Na)	%	0,1	0,62
Crómio (Cr)	mg.kg <sup>-1</sup>	34,9	19,57
Níquel (Ni)	mg.kg <sup>-1</sup>	24,9	5,42
Chumbo (Pb)	mg.kg <sup>-1</sup>	10,1	16,44
Manganês (Mn)	mg.kg <sup>-1</sup>	269,8	258,84
Zinco (Zn)	mg.kg <sup>-1</sup>	125,5	128,27
Cobre (Cu)	mg.kg <sup>-1</sup>	18,2	15,98
Ferro (Fe)	%	0,5	0,14
C/N		117	72,5

\*- Não determinados.

**Tabela 5** – Características das lamas de depuração desidratadas e celulósicas utilizadas no ensaio do tritcale em 1999-2000.

Parâmetros	Unidades	Lamas de depuração	Lamas celulósicas
Humidade (105°C)	%	87	61
C.E. (1:10 H <sub>2</sub> O)	µS.cm <sup>-1</sup>	4500	698
pH (1:2,5 H <sub>2</sub> O)		6,9	7,2
Matéria orgânica	%	72	64
Fósforo (P)	%	0,86	0,11
Cloretos	mg.100g <sup>-1</sup>	97,5	117,5
Azoto total (humidade original) (N)	%	4,59	0,37
Potássio (K)	%	0,13	0,12
Cálcio (Ca)	%	1,37	1,12
Magnésio (Mg)	%	0,09	0,08
Sódio (Na)	%	0,09	0,08
Crómio (Cr)	mg.kg <sup>-1</sup>	47,1	20,84
Níquel (Ni)	mg.kg <sup>-1</sup>	23,77	16,99
Chumbo (Pb)	mg.kg <sup>-1</sup>	43,75	10,26
Manganês (Mn)	mg.kg <sup>-1</sup>	132,31	198,72
Zinco (Zn)	mg.kg <sup>-1</sup>	998,10	63,38
Cobre (Cu)	mg.kg <sup>-1</sup>	155,96	11,35
Ferro (Fe)	%	0,46	0,25
C/N		1,2	40

**Tabela 6** – Características do chorume de bovino utilizado no ensaio em 1997 e 1998 (1ª e 2ª incorporação).

Parâmetros	Unidades	1997	1998-1	1998-2
Sólidos totais	mg.l <sup>-1</sup>	2 473	1 658	1 130
Sólidos totais não voláteis	mg.l <sup>-1</sup>	941	666	546
Sólidos totais voláteis	mg.l <sup>-1</sup>	1 532	992	584
Sólidos em suspensão totais	mg.l <sup>-1</sup>	1 095	234	270
Sólidos em suspensão não voláteis	mg.l <sup>-1</sup>	243	31	51
Sólidos em suspensão voláteis	mg.l <sup>-1</sup>	852	203	219
Sólidos totais dissolvidos	mg.l <sup>-1</sup>	1 604	1 424	860
Sólidos dissolvidos não voláteis	mg.l <sup>-1</sup>	773	635	495
Sólidos dissolvidos voláteis	mg.l <sup>-1</sup>	831	789	365
Sulfatos	mg.l <sup>-1</sup>	65,9	373	95
Fosfatos	mg.l <sup>-1</sup>	1,4	14,9	14,2
Carência química de oxigénio (CQO)	mg.l <sup>-1</sup>	1 300	1 100	1 000
Densidade (p/v)		*	1,003	1,003
C.E. (Directo)	mS.cm <sup>-1</sup>	2,3	2,1	4,0
pH (Directo)		6,6	6,8	6,8
Matéria seca (M.S.)	%	*	0,2	0,1
Matéria orgânica (da M.S.)	%	*	53	49
Azoto orgânico (N- Org.)	mg.l <sup>-1</sup>	14,0	*	4,6
Azoto amoniacal (N- NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg.l <sup>-1</sup>	7,0	*	116,4
Nitratos + Nitritos (N- NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg.l <sup>-1</sup>	4,2	*	0,3
Azoto total (N)	mg.l <sup>-1</sup>	25,2	*	121,3
Cloretos	mg.l <sup>-1</sup>	170	1 840	2 080
Potássio (K)	mg.kg <sup>-1</sup>	100	142,9	105,6
Cálcio (Ca)	ppm	100	87,4	76,1
Magnésio (Mg)	mg.kg <sup>-1</sup>	0,005	32,3	26,9
Sódio (Na)	mg.kg <sup>-1</sup>	80	47,4	36,0
Crómio (Cr)	mg.kg <sup>-1</sup>	*	0,4	Vest.
Níquel (Ni)	mg.kg <sup>-1</sup>	*	0,2	Vest.
Chumbo (Pb)	mg.kg <sup>-1</sup>	*	0,6	0,8
Manganês (Mn)	mg.kg <sup>-1</sup>	1,0	0,9	1,8
Zinco (Zn)	mg.kg <sup>-1</sup>	0,3	0,6	0,3
Cobre (Cu)	mg.kg <sup>-1</sup>	vest.	0,1	0,1
Ferro (Fe)	mg.kg <sup>-1</sup>	0,2	8,4	3,7

\*- Não determinados

**Tabela 7** – Características das lamas de depuração líquidas utilizadas no ensaio em 1998 (1ª e 2ª incorporação).

Parâmetros	Unidades	1998-1	1998-2
Sólidos totais	mg.l <sup>-1</sup>	24 168	9 259
Sólidos totais não voláteis	mg.l <sup>-1</sup>	8 970	3 363
Sólidos totais voláteis	mg.l <sup>-1</sup>	15 198	5 896
Sólidos em suspensão totais	mg.l <sup>-1</sup>	18 122	5 052
Sólidos em suspensão não voláteis	mg.l <sup>-1</sup>	6 288	1 015
Sólidos em suspensão voláteis	mg.l <sup>-1</sup>	11 834	4 037
Sólidos totais dissolvidos	mg.l <sup>-1</sup>	6 046	4 207
Sólidos dissolvidos não voláteis	mg.l <sup>-1</sup>	2 682	2 348
Sólidos dissolvidos voláteis	mg.l <sup>-1</sup>	3 364	1 859
Sulfatos	mg.l <sup>-1</sup>	3 947	2 889
Fosfatos	mg.l <sup>-1</sup>	65,7	145,6
Carência química de oxigénio (CQO)	mg.l <sup>-1</sup>	22 750	8 000
Densidade (p/v)		1,01	1,01
C.E. (Directo)	mS.cm <sup>-1</sup>	5,6	7,7
pH (Directo)		7,3	7,2
Matéria seca (M.S.)	%	2,4	0,9
Matéria orgânica (da M.S.)	%	63	60
Azoto orgânico (N- Org.)	mg.l <sup>-1</sup>	*	114,8
Azoto amoniacal (N- NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg.l <sup>-1</sup>	*	565,6
Nitratos + Nitritos (N- NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg.l <sup>-1</sup>	*	9,5
Azoto total (N)	mg.l <sup>-1</sup>	*	689,9
Cloretos	mg.l <sup>-1</sup>	7 850	1 700
Potássio (K)	mg.kg <sup>-1</sup>	140,6	87,6
Cálcio (Ca)	mg.kg <sup>-1</sup>	2935,9	285,4
Magnésio (Mg)	mg.kg <sup>-1</sup>	88,9	37,9
Sódio (Na)	mg.kg <sup>-1</sup>	132,8	137,8
Crómio (Cr)	mg.kg <sup>-1</sup>	0,9	Vest.
Níquel (Ni)	mg.kg <sup>-1</sup>	0,6	Vest.
Chumbo (Pb)	mg.kg <sup>-1</sup>	1,8	1,5
Manganês (Mn)	mg.kg <sup>-1</sup>	2,8	0,1
Zinco (Zn)	mg.kg <sup>-1</sup>	27,0	2,3
Cobre (Cu)	mg.kg <sup>-1</sup>	3,0	0,4
Ferro (Fe)	mg.kg <sup>-1</sup>	217,7	16,3

\*- Não determinados.

**Tabela 8** – Características do chorume e das lamas de depuração líquidas utilizadas no ensaio do triticales em 1999-2000

Parâmetros	Unidades	Chorume	Lamas
Sólidos totais	mg.l <sup>-1</sup>	4 570	18 399
Sólidos totais não voláteis	mg.l <sup>-1</sup>	1 420	6 484
Sólidos totais voláteis	mg.l <sup>-1</sup>	3 150	11 915
Sólidos em suspensão totais	mg.l <sup>-1</sup>	3 633	14 437
Sólidos em suspensão não voláteis	mg.l <sup>-1</sup>	794	5 591
Sólidos em suspensão voláteis	mg.l <sup>-1</sup>	2 839	10 846
Sólidos totais dissolvidos	mg.l <sup>-1</sup>	937	1 763
Sólidos dissolvidos não voláteis	mg.l <sup>-1</sup>	626	893
Sólidos dissolvidos voláteis	mg.l <sup>-1</sup>	311	1 069
Sulfatos	mg.l <sup>-1</sup>	168,8	335
Fosfatos	mg.l <sup>-1</sup>	23,31	47,0
Carência química de oxigênio (CQO)	mg.l <sup>-1</sup>	2 300	4 750
Densidade (p/v)		0,975	0,996
C.E. (Directo)	mS.cm <sup>-1</sup>	1,89	3,35
pH (Directo)		7,5	7,3
Matéria seca (M.S.)	%	0,46	1,84
Matéria orgânica (da M.S.)	%	68,69	68
Azoto orgânico (N- Org.)	mg.l <sup>-1</sup>	80,08	240,80
Azoto amoniacal (N- NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	mg.l <sup>-1</sup>	126,28	336,70
Nitratos + Nitritos (N- NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	mg.l <sup>-1</sup>	36,68	103,60
Azoto total (N)	mg.l <sup>-1</sup>	243,04	681,10
Cloretos	mg.l <sup>-1</sup>	266	515
Potássio (K)	mg.kg <sup>-1</sup>	4900	1700,00
Cálcio (Ca)	mg.kg <sup>-1</sup>	2700	16800,00
Magnésio (Mg)	mg.kg <sup>-1</sup>	1400	1900,00
Sódio (Na)	mg.kg <sup>-1</sup>	6100	9000,00
Crómio (Cr)	mg.kg <sup>-1</sup>	0,91	9,08
Níquel (Ni)	mg.kg <sup>-1</sup>	0,99	7,57
Chumbo (Pb)	mg.kg <sup>-1</sup>	5,52	29,80
Manganês (Mn)	mg.kg <sup>-1</sup>	57,17	78,17
Zinco (Zn)	mg.kg <sup>-1</sup>	77,60	660,30
Cobre (Cu)	mg.kg <sup>-1</sup>	7,90	60,66
Ferro (Fe)	mg.kg <sup>-1</sup>	390,00	3600,00

\*- Não determinados.

**Tabela 9** – Características físico-químicas da água residual utilizada nos ensaios de 1997

Parâmetros	n	media	s	X <sub>max</sub>	X <sub>min</sub>
ST (g•l <sup>-1</sup> )	5	0,55	0,03	0,58	0,51
SVT (g•l <sup>-1</sup> )	5	0,19	0,04	0,25	0,15
SST (g•l <sup>-1</sup> )	5	0,03	0,02	0,06	0,02
CQO(mg•l <sup>-1</sup> )	3	253	9,43	260	240
CE <sub>w</sub> (mS•cm <sup>-1</sup> )	5	1,18	0,10	1,28	0,99
pH	5	7,6	0,33	7,9	7,0
Norg.(N, mg•l <sup>-1</sup> )	5	2,07	0,93	3,6	0,86
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N, mg•l <sup>-1</sup> )	5	10,25	6,92	19,6	1,4
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (N, mg•l <sup>-1</sup> )	5	5,21	3,37	11,48	1,96
N-total (N, mg•l <sup>-1</sup> )	5	17,52	5,25	26,0	11,48
Alcalinidade (CaCO <sub>3</sub> ,mg•l <sup>-1</sup> )	5	263	60,55	320	150
Cl <sup>-</sup> (mg•l <sup>-1</sup> )	5	90	9,49	102	73
P-total (mg•l <sup>-1</sup> )	5	1,76	0,65	2,63	1,0
K (mg•l <sup>-1</sup> )	5	26,02	2,97	30,7	22,8
Ca (mg•l <sup>-1</sup> )	5	21,08	2,04	24,8	18,8
Na (mg•l <sup>-1</sup> )	5	196,7	19,19	215,4	162,0
Mg (mg•l <sup>-1</sup> )	5	6,02	0,81	7,4	4,9
Cu (mg•l <sup>-1</sup> )	5	0,04	0,02	0,06	0,01
Fe (mg•l <sup>-1</sup> )	5	2,66	1,52	4,75	vest.
Zn (mg•l <sup>-1</sup> )	5	0,45	0,61	1,66	0,03
Mn (mg•l <sup>-1</sup> )	5	0,04	0,02	0,07	vest.
B (mg•l <sup>-1</sup> )	2	0,8	0,05	0,85	0,75
SAR aj	5	5	0,93	7	4

**Tabela 10** - Características físico-químicas da água residual utilizada nos ensaios de 1998

Parâmetros	n	media	s	X <sub>max</sub>	X <sub>min</sub>
ST (g•l <sup>-1</sup> )	8	0,51	0,14	0,64	0,17
SVT (g•l <sup>-1</sup> )	8	0,13	0,13	0,35	0,01
SST (g•l <sup>-1</sup> )	8	0,03	0,05	0,14	0,02
CQO(mg•l <sup>-1</sup> )	8	135	52,64	200	60
CE <sub>w</sub> (mS•cm <sup>-1</sup> )	8	1,13	0,2	1,38	0,83
pH	8	7,7	0,2	8,0	7,4
Norg.(N, mg•l <sup>-1</sup> )	8	2,13	1,34	4,9	0,84
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N, mg•l <sup>-1</sup> )	8	8,62	4,08	16,9	3,7
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (N, mg•l <sup>-1</sup> )	8	5,58	2,44	8,68	2,8
N-total (N, mg•l <sup>-1</sup> )	8	16,34	5,5	28,3	10,3
Alcalinidade (CaCO <sub>3</sub> ,mg•l <sup>-1</sup> )	8	327	68,96	455	249
Cl <sup>-</sup> (mg•l <sup>-1</sup> )	8	24	6,10	30	11
P-total (mg•l <sup>-1</sup> )	8	6,06	2,69	9,09	1,24
K (mg•l <sup>-1</sup> )	8	13,96	7,71	24,8	0,46
Ca (mg•l <sup>-1</sup> )	8	49,13	11,01	65,9	29,9
Na (mg•l <sup>-1</sup> )	8	144,5	38,44	173,0	54,0
Mg (mg•l <sup>-1</sup> )	8	4,00	1,13	5,28	2,28
Cr (mg•l <sup>-1</sup> )	8	0,23	0,12	0,27	0,18
Fe (mg•l <sup>-1</sup> )	8	0,46	0,44	1,38	vest.
Zn (mg•l <sup>-1</sup> )	8	0,26	0,18	0,54	0,06
Pb (mg•l <sup>-1</sup> )	8	0,22	0,3	0,82	vest.
B ((mg•l <sup>-1</sup> )	2	0,55	0,05	0,60	0,50
SAR aj	8	6	1,52	8	3

**Tabela 11** - Características físico-químicas da água residual utilizada no ensaio do narciso 1999-2000

Parâmetros	n	media	X <sub>max</sub>	X <sub>min</sub>
ST (g•l <sup>-1</sup> )	3	1,14	2,20	0,57
SVT (g•l <sup>-1</sup> )	3	0,15	0,17	0,13
SST (g•l <sup>-1</sup> )	3	0,01	0,02	0,005
CQO(mg•l <sup>-1</sup> )	3	86,7	130,0	60,0
CE <sub>w</sub> (mS•cm <sup>-1</sup> )	3	1,14	1,21	1,04
pH	3	7,7	7,7	7,6
Norg.(N, mg•l <sup>-1</sup> )	3	3,79	9,02	0,76
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (N, mg•l <sup>-1</sup> )	3	32,66	38,61	28,31
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (N, mg•l <sup>-1</sup> )	3	26,04	26,04	26,04
N-total (N, mg•l <sup>-1</sup> )	3	45,12	63,37	31,81
Alcalinidade (CaCO <sub>3</sub> ,mg•l <sup>-1</sup> )	3	444,13	518,0	373,5
Cl <sup>-</sup> (mg•l <sup>-1</sup> )	3	116,37	137,0	94,10
P-total (mg•l <sup>-1</sup> )	3	1,81	2,13	1,56
K (mg•l <sup>-1</sup> )	3	28,0	28,0	27,0
Na (mg•l <sup>-1</sup> )	3	300,0	330,0	250,0
Cr (mg•l <sup>-1</sup> )	3	0,4	0,91	vest.
Fe (mg•l <sup>-1</sup> )	3	2,6	2,4	0,87
Zn (mg•l <sup>-1</sup> )	3	0,63	1,18	0,24
Mn (mg•l <sup>-1</sup> )	3	6,01	6,64	5,0
Cu (mg•l <sup>-1</sup> )	3	0,06	0,18	vest.
Ni (mg•l <sup>-1</sup> )	3	0,89	2,68	vest.
Pb (mg•l <sup>-1</sup> )	3	1,99	5,96	vest.

**Tabela 12** - Parâmetros avaliados no solo e respectiva metodologia analítica

Parâmetros	Metodologia	Unidades
pH	Potenciometria, eléctrodo de vidro; suspensão de terra em água ou KCl 1:2,5	
Matéria orgânica	Walkley & Black ( C orgânico x 1,724 = M.O.)	%
Condutividade eléctrica	Conductímetro, suspensão de terra em água de	dS.m <sup>-1</sup> (µS.cm <sup>-1</sup> )
Fósforo "assimilável"	Egner-Riehm (extracção), colorimetria por espectrofotometria de absorção molecular (doseamento)	mg.kg <sup>-1</sup>
Potássio "assimilável"	Egner-Riehm (extracção), fotometria de chama (doseamento)	mg.kg <sup>-1</sup>
Capacidade de troca catiónica	Solução molar de acetato de amónio tamponizado a pH 7,0 (extracção), titulação com HCl 0,025M (doseamento)- método de Scollenberger (modificado)	cmol (c).kg <sup>-1</sup>
Bases de troca (Ca, Mg, K e Na)	No extracto obtido anteriormente leitura em absorção atómica	cmol(c).kg <sup>-1</sup>
Micronutrientes (Cu, Fe, Zn e Mn)	Águas régias (extracção) e leitura em absorção atómica (doseamento)	mg.kg <sup>-1</sup>
Boro	Água fervente (extracção) e absorção molecular (doseamento)-avaliado no LQARS	mg.kg <sup>-1</sup>
Cloretos	Titulação com nitrato de prata	%
Actividade enzimática do solo: fosfomonoesterases	Tabatabai, 1994	µg p-NO <sub>2</sub> fenol/ /h.g solo seco

**Tabela 13** - Parâmetros avaliados nas plantas e respectiva metodologia analítica

Parâmetros	Metodologia	Unidades
Peso Verde	Pesagem do milho das duas linhas centrais de cada modalidade e repetição e pesagem das plantas de triticales que ficavam dentro de um aro com 1m <sup>2</sup> de área lançado aleatoriamente em cada modalidade e repetição	g
Peso seco	Peso após secagem a 65°C até peso constante de: duas plantas de milho colhidas aleatoriamente em cada modalidade e repetição e de 4, 8 ou 12 plantas de triticales consoante o peso inicial da repetição.	g
Matéria seca	Pesagem a 105°C até peso constante do material vegetal referido anteriormente	g
Azoto	Método de kjeldahl	%
Fósforo	Determinado no digerido nitro-perclórico das cinzas, o fósforo é doseado por espectrofotometria de absorção molecular.	%
Elementos minerais: K, Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Zn e Mn	Na solução clorídrica das cinzas o K, Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Zn e Mn são doseados por absorção atómica.	% (macro-nutrientes) e mg.kg <sup>-1</sup> para os micro-nutrientes
Cloretos	Titulação com nitrato de prata	%
ADL, NDF ADF	Método de Goering e Van Soest (1970)	%
Altura da haste floral	Medição da altura da haste floral até à zona de inserção da flor	Cm
Altura da flôr	Medição da flôr desde o seu ponto de inserção na haste floral	Cm
Diâmetro da haste floral	Medição com uma craveira da haste floral a cerca de 1/4 de distância do ponto de inserção a flor	cm
Inflorescência	Medição do diâmetro da inflorescência	Cm
Corminhos	Contagem dos corminhos formados em cada corno	Nº
Diâmetro dos cormos	Medição com uma craveira do diâmetro de cada corno	cm

**Tabela 14** - Parâmetros avaliados nas águas residuais e resíduos orgânicos e respectiva metodologia

Parâmetros	Metodologia	Unidades
Sólidos totais, sólidos voláteis e não voláteis totais, sólidos suspensos totais, sólidos em suspensão voláteis e não voláteis, sólidos dissolvidos voláteis e não voláteis, carência química de oxigénio, alcalinidade, azoto orgânico, amoniacal, nitratos + nitritos, fósforo total e sulfatos	Standardt Methods, 1980	ST,SVT,SST, SDT – g.l <sup>-1</sup> CQO, alcalinidade, azoto , fósforo e sulfatos – mg.l <sup>-1</sup>
K, Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Zn e Mn	Doseamento em absorção atómica a partir da solução clorídrica do resíduo obtido após secagem de 20ml de água residual, chorume ou lamas de depuração líquidas.	mg.l <sup>-1</sup>
Conductividade eléctrica	Conductivímetro	dS.m <sup>-1</sup> (µS.cm <sup>-1</sup> )
pH	Potenciometria – eléctrodo de vidro	
Cloretos	Titulação com nitrato de prata	mg.l <sup>-1</sup>
Boro	Determinação efectuada no LQARS	mg.l <sup>-1</sup>
Humidade (lamas celulósicas e dedpuração)	Secagem em estufa a 105°C até peso constante	%
Matéria orgânica	Perda de peso na mufla a 580°C	%
Azoto	Determinação do azoto pelo método de kjeldahl	%
Matéria seca	Calculada a partir da humidade a 105°C	%
K, Ca, Mg e Na, Cu, Fe, Zn, Mn, Cr, Ni, Pb (lamas de depuração desidratadas e lamas celulósicas)	Águas régias (extracção); absorção atómica (doseamento)	mg.kg <sup>-1</sup> / (%)

## **Anexo II**

Resultados da produção de milho e triticales forrageiros;  
Resultados da qualidade das flores de corte;  
Composição química do milho e triticales forrageiros.

**Tabela 15** – Valores médios de produção total de matéria verde ( $t.ha^{-1}$ ), do peso seco ( $t.ha^{-1}$ ) e da produção total de matéria seca ( $t.ha^{-1}$ ) de milho planta/1997, nas várias modalidades.

Modalidades	Matéria verde	Peso Seco	Matéria Seca
<b>Água</b>			
A	40,30	11,65	11,56
AR	42,98	11,71	11,60
Nível de Significância	n.s.	n.s.	n.s.
<b>Desinfecção</b>			
D0	41,12	12,11	11,99
D3	42,16	11,26	11,17
Nível de Significância	n.s.	n.s.	n.s.
<b>Interacção (A X D)<sup>a)</sup></b>			
A D0	36,76	11,78	11,68
A D3	43,91	11,54	11,44
AR D0	45,56	12,43	12,31
AR D3	40,41	10,98	10,88
Nível de Significância	n.s.	n.s.	n.s.

Nota: n.s.- não significativo; \*( $P \leq 0,05$ ); \*\*( $P \leq 0,01$ ), \*\*\*( $P \leq 0,001$ ), Teste de Comparação de Médias: Tukey.

a) – n=3, média das respectivas repetições.

**Tabela 16** – Valores médios de produção total de matéria verde ( $t.ha^{-1}$ ), do peso seco ( $t.ha^{-1}$ ) e da produção total de matéria seca ( $t.ha^{-1}$ ) de milho planta/1998, nas várias modalidades.

Modalidades	Matéria verde	Peso Seco	Matéria Seca
<b>Água</b>			
A	46,53	13,34	13,22
AR	57,75	15,48	15,34
Nível de Significância	n.s.	n.s.	n.s.
<b>Desinfecção</b>			
D0	50,29	13,65	13,53
D3	53,98	15,17	15,03
Nível de Significância	n.s.	n.s.	n.s.
<b>Interacção (A X D)<sup>a)</sup></b>			
A D0	44,23	12,25	12,13
A D3	48,83	12,43	14,30
AR D0	56,34	15,05	14,93
AR D3	59,14	15,90	15,76
Nível de Significância	n.s.	n.s.	n.s.

Nota: n.s.- não significativo; \*( $P \leq 0,05$ ); \*\*( $P \leq 0,01$ ), \*\*\*( $P \leq 0,001$ ), Teste de Comparação de Médias: Tukey.

**Tabela 17** – Valores médios de produção total de matéria verde ( $t.ha^{-1}$ ), do peso seco ( $t.ha^{-1}$ ) e da produção total de matéria seca ( $t.ha^{-1}$ ) de milho planta/1999, nas várias modalidades.

Modalidades	Matéria verde	Peso Seco	Matéria Seca
<b>Água</b>			
A	14,31	12,44	11,46
AR	14,19	12,29	11,33
Nível de Significância	n.s.	n.s.	n.s.
<b>Desinfecção</b>			
D0	14,34	12,80	11,80
D3	14,15	11,93	10,99
Nível de Significância	n.s.	n.s.	n.s.
<b>Interação (A X D)<sup>a)</sup></b>			
A D0	16,31	14,49	13,36
A D3	12,30	10,38	10,00
AR D0	12,38	11,11	10,24
AR D3	16,00	13,48	12,42
Nível de Significância	n.s.	n.s.	n.s.

Nota: n.s.- não significativo; \*( $P \leq 0,05$ ); \*\*( $P \leq 0,01$ ), \*\*\*( $P \leq 0,001$ ), Teste de Comparação de Médias: Tukey.

**Tabela 18** – Valores médios de produção total de matéria verde ( $t.ha^{-1}$ ), do peso seco ( $t.ha^{-1}$ ) e da produção total de matéria seca ( $t.ha^{-1}$ ) de milho planta/2000, nas várias modalidades.

Modalidades	Matéria verde	Peso Seco	Matéria Seca
<b>Água</b>			
A	33,4	11,6	11,6
AR	40,8	14,0	14,0
Nível de Significância	n.s.	n.s.	n.s.
<b>Desinfecção</b>			
D0	37,0	13,0	12,9
D3	37,3	12,7	12,6
Nível de Significância	n.s.	n.s.	n.s.
<b>Interação (A X D)<sup>a)</sup></b>			
A D0	33,6	12,0	11,9
A D3	33,2	11,3	11,2
AR D0	40,4	14,0	13,9
AR D3	41,3	14,1	14
Nível de Significância	n.s.	n.s.	n.s.

Nota: n.s.- não significativo; \*( $P \leq 0,05$ ); \*\*( $P \leq 0,01$ ), \*\*\*( $P \leq 0,001$ ), Teste de Comparação de Médias: Tukey.

**Tabela 19** – Valores referentes ao comprimento (cm), ao desenvolvimento radicular (cm) e ao número de rebentos nas diferentes modalidades do crisântemo do ano de 1997.

Modalidades	Comprimento	Desenvolvimento radicular	N.º de Rebentos
<b>Água</b>			
A	16,82	21,20	0,37
AR	16,93	21,88	0,92
Nível de Significância	n.s.	n.s.	***
<b>Desinfecção</b>			
D0	18,19	23,74	0,82
D3	15,56	19,33	0,47
Nível de Significância	***	***	*
<b>Interacção (A X D)<sup>a)</sup></b>			
A D0	18,10	23,23	0,63
A D3	15,53	19,16	0,10
AR D0	18,28	24,25	1,00
AR D3	15,58	19,51	0,84
Nível de Significância	n.s.	n.s.	n.s.

Nota: n.s.- não significativo; \*( $P \leq 0,05$ ); \*\*( $P \leq 0,01$ ), \*\*\*( $P \leq 0,001$ ), Teste de Comparação de Médias: Tukey.

**Tabela 20** – Valores referentes ao comprimento da haste floral (cm), ao diâmetro da inflorescência (cm) e ao diâmetro da haste floral (cm) nas diferentes modalidades do crisântemo do ano de 1997.

Modalidades	Comprimento da Haste Floral	Diâmetro da Inflorescência	Diâmetro da Haste Floral
<b>Água</b>			
A	97,67	12,11	0,39
AR	100,40	12,89	0,41
Nível de Significância	n.s.	*	n.s.
<b>Desinfecção</b>			
D0	94,61	13,30	0,38
D3	103,46	11,70	0,42
Nível de Significância	**	***	*
<b>Interacção (A X D)<sup>a)</sup></b>			
A D0	87,80	12,98	0,35
A D3	107,55	11,24	0,43
AR D0	101,42	13,62	0,41
AR D3	99,37	12,17	0,42
Nível de Significância	***	n.s.	*

Nota: n.s.- não significativo; \*( $P \leq 0,05$ ); \*\*( $P \leq 0,01$ ), \*\*\*( $P \leq 0,001$ ), Teste de Comparação de Médias: Tukey.

**Tabela 21** - Valores médios referentes ao comprimento radicular (cm), ao desenvolvimento radicular (cm), ao comprimento da haste floral (m), ao diâmetro da inflorescência (cm) e ao diâmetro do haste floral (cm) nas diferentes modalidades do crisântemo do ano de 1998.

<b>Modalidades</b>	<b>Comp. Radicular</b>	<b>Desenv. Radicular</b>	<b>Comp. da H. Floral</b>	<b>Diâm. Da Inflorescência</b>	<b>Diâm. da Haste Floral</b>
<b>Água</b>					
A	10,19	7,92	1,04	12,22	0,43
AR	10,79	7,81	1,28	13,42	0,46
Nível de Significância	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.
<b>Desinfecção</b>					
D0	10,44	8,17	1,29	12,75	0,45
D3	10,55	7,55	1,02	12,89	0,43
Nível de Significância	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<b>Interação (A X D)</b>					
A D0	9,69	8,53	1,00	11,88	0,43
A D3	10,70	7,31	1,07	12,56	0,43
AR D0	11,19	7,82	1,59	13,63	0,48
AR D3	10,40	7,79	0,96	13,22	0,44
Nível de Significância	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Nota: n.s.- não significativo; \*( $P \leq 0,05$ ); \*\*( $P \leq 0,01$ ), \*\*\*( $P \leq 0,001$ ), Teste de Comparação de Médias: Tukey.

**Tabela 22** - Valores médios referentes ao comprimento da haste floral (cm), ao diâmetro da inflorescência (cm), ao número de flores na inflorescência e à razão diâmetro da inflorescência / número de flores na inflorescência nas diferentes modalidades de gladiolo da variedade branca "Whitefriendship" do ano de 1998.

<b>Modalidades</b>	<b>Comprimento da Haste Floral</b>	<b>Diâmetro Da Inflorescência</b>	<b>N.º de Flores na inflorescência</b>	<b>Diâmetro da Inflor. / N.º Flores na Inflor.</b>
<b>Água</b>				
A	107,55	49,35	13,38	3,70
AR	109,20	48,63	13,88	3,52
Nível de Significância	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<b>Desinfecção</b>				
D0	109,77	50,00	13,72	3,68
D3	106,98	47,98	13,55	3,53
Nível de Significância	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<b>Interação (A X D)</b>				
A D0	109,93	50,13	13,33	3,77
A D3	105,17	48,57	13,43	3,63
AR D0	109,60	49,87	14,10	3,60
AR D3	108,80	47,40	13,67	3,43
Nível de Significância	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Nota: n.s.- não significativo; \*( $P \leq 0,05$ ); \*\*( $P \leq 0,01$ ), \*\*\*( $P \leq 0,001$ ), Teste de Comparação de Médias: Tukey.

**Tabela 23** - Valores médios referentes ao comprimento da haste floral (cm), ao diâmetro da inflorescência (cm), ao número de flores na inflorescência e à razão diâmetro da inflorescência / número de flores na inflorescência nas diferentes modalidades de gladiolo da variedade branca "Friendship" do ano de 1998.

Modalidades	Comprimento da Haste Floral	Diâmetro Da Inflorescência	N.º de Flores na inflorescência	Diâmetro da Inflor. / N.º Flores na Inflor.
<b>Água</b>				
A	109,30	50,35	12,50	4,05
AR	111,83	50,50	12,78	3,95
Nível de Significância	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<b>Desinfecção</b>				
D0	113,60	52,22	13,23	3,95
D3	107,53	48,63	12,05	4,05
Nível de Significância	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<b>Interacção (A X D)</b>				
A D0	109,97	51,67	13,07	3,97
A D3	108,63	49,03	11,93	4,13
AR D0	117,23	52,77	13,40	3,93
AR D3	106,43	48,23	12,17	3,97
Nível de Significância	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Nota: n.s.- não significativo; \*( $P \leq 0,05$ ); \*\*( $P \leq 0,01$ ), \*\*\*( $P \leq 0,001$ ), Teste de Comparação de Médias: Tukey.

**Tabela 24** - Valores médios referentes a observações efectuadas nos cormos das diferentes modalidades de gladiolo da variedade branca "Whitefriendship" do ano de 1998 : perímetro dos cormos, diâmetros dos cormos , número dos corminhos, diâmetro mínimo dos corminhos e diâmetro máximo dos corminhos.

Modalidades	Perímetro Cormos	Diâmetro dos Cormos	Nº dos Corminhos	Diâm. Mín. Corminhos	Diâm. Máx. Corminhos
<b>Água</b>					
A	11,49	3,52	7,69	0,28	0,52
AR	11,66	3,59	8,53	0,28	0,53
Nível de Significância	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<b>Desinfecção</b>					
D0	11,73	3,59	9,01	0,31	0,57
D3	11,42	3,52	7,21	0,24	0,47
Nível de Significância	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.
<b>Interacção (A X D)</b>					
A D0	11,53	3,48	8,15	0,30	0,53
A D3	11,46	3,56	7,23	0,25	0,51
AR D0	11,94	3,71	9,87	0,32	0,62
AR D3	11,37	3,47	7,18	0,23	0,43
Nível de Significância	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Nota: n.s.- não significativo; \*( $P \leq 0,05$ ); \*\*( $P \leq 0,01$ ), \*\*\*( $P \leq 0,001$ ), Teste de Comparação de Médias: Tukey.

**Tabela 25** - Valores médios referentes a observações efectuadas nos cormos das diferentes modalidades de gladiolo da variedade rosa "Friendship" do ano de 1998 : perímetro dos cormos, diâmetros dos cormos, número dos corminhos, diâmetro mínimo dos corminhos e diâmetro máximo dos corminhos.

Modalidades	Diâmetro dos Cormos	Nº dos Corminhos	Diâm. Mín. Corminhos	Diâm. Máx. Corminhos
<b>Água</b>				
A	2,87	7,04	0,42	0,74
AR	2,88	5,23	0,38	0,69
Nível de Significância	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<b>Desinfecção</b>				
D0	2,89	7,78	0,41	0,75
D3	2,86	4,49	0,39	0,68
Nível de Significância	n.s.	**	n.s.	n.s.
<b>Interação (A X D)</b>				
A D0	2,81	8,69	0,45	0,77
A D3	2,94	5,38	0,39	0,71
AR D0	2,98	6,87	0,38	0,73
AR D3	2,79	3,59	0,39	0,64
Nível de Significância	*	n.s	n.s.	n.s.

Nota: n.s.- não significativo; \*( $P \leq 0,05$ ); \*\*( $P \leq 0,01$ ), \*\*\*( $P \leq 0,001$ ), Teste de Comparação de Médias: Tukey.

**Tabela 26** - Valores médios referentes ao comprimento da haste floral (cm), ao diâmetro da inflorescência (cm), ao número de flores na inflorescência e à razão diâmetro da inflorescência/ número de flores na inflorescência nas diferentes modalidades de gladiolo da variedade branca "Whitefriendship" do ano de 1999.

Modalidades	Comprimento da Haste Floral	Diâmetro da Inflorescência	Nº de Flores na Inflorescência	Diâmetro Inflor./ Nº Flores Inflor.
<b>Água</b>				
A	86,53	40,77	9,03	3,85
AR	90,40	39,90	9,10	4,42
Nível de Significância	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<b>Desinfecção</b>				
D0	79,90	35,97	7,80	3,94
D3	97,03	44,70	10,33	4,33
Nível de Significância	*	n.s.	*	n.s.
<b>Interação (A X D)</b>				
A D0	68,53	32,07	6,80	3,30
A D3	104,53	49,47	11,27	4,41
AR D0	91,27	39,87	8,80	4,59
AR D3	89,53	39,93	9,40	4,26
Nível de Significância	*	n.s.	n.s.	*

Nota: n.s.- não significativo; \*( $P \leq 0,05$ ); \*\*( $P \leq 0,01$ ), \*\*\*( $P \leq 0,001$ ), Teste de Comparação de Médias: Tukey

**Tabela 27** - Valores médios referentes ao comprimento da haste floral (cm), ao diâmetro da inflorescência (cm), ao número de flores na inflorescência e à razão diâmetro da inflorescência/ número de flores na inflorescência nas diferentes modalidades de gladiolo da variedade branca "Friendship" do ano de 1999.

Modalidades	Comprimento da Haste Floral	Diâmetro da Inflorescência	Nº de Flores na Inflorescência	Diâmetro Inflor./ /Nº Flores Inflor.
<b>Água</b>				
A	92,93	33,87	7,50	4,00
AR	99,37	33,87	8,03	4,32
Nível de Significância	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<b>Desinfecção</b>				
D0	98,50	34,13	7,73	4,23
D3	93,80	33,60	7,80	4,09
Nível de Significância	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<b>Interação (A X D)</b>				
A D0	96,00	34,60	7,67	4,05
A D3	89,87	33,13	7,33	3,96
AR D0	101,00	33,67	7,80	4,42
AR D3	97,73	34,27	8,27	4,22
Nível de Significância	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Nota: n.s.- não significativo; \*( $P \leq 0,05$ ); \*\*( $P \leq 0,01$ ), \*\*\*( $P \leq 0,001$ ), Teste de Comparação de Médias: Tukey

**Tabela 28** - Valores médios referentes ao comprimento das raízes (cm), diâmetro do bolbo principal (cm), diâmetro dos bolbilhos (cm), altura do pedúnculo (cm) e altura total da planta (cm) nas diferentes modalidades de narciso em 2000.

Modalidades	Comprimento das Raízes	Diâmetro do Bolbo Principal	Diâmetro dos Bolbilhos	Altura do Pedúnculo	Altura Total da Planta
<b>Água</b>					
A	6,23	5,04	4,20	40,05	46,80
AR	5,10	4,90	3,86	39,99	52,94
Nível de Sig.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<b>Desinfecção</b>					
D0	5,92	5,00	4,08	40,71	47,41
D3	5,41	4,95	3,98	39,34	52,33
Nível de Sig.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<b>Interação (A X D)</b>					
A D0	6,29	5,00	4,37	40,86	47,52
A D3	5,17	5,08	4,02	39,25	46,08
AR D0	5,54	4,99	3,79	40,56	47,30
AR D3	4,65	4,81	3,93	39,43	58,59
Nível de Sig.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Nota: n.s.- não significativo; \*( $P \leq 0,05$ ); \*\*( $P \leq 0,01$ ), \*\*\*( $P \leq 0,001$ ), Teste de Comparação de Médias: Tukey.

**Tabela 29** – Teores médios de azoto (%), proteína bruta (%), fósforo (%) e potássio (%) de milho/planta/1997, nas várias modalidades

Modalidades	Azoto	Proteína Bruta	Fósforo	Potássio
<b>Água</b>				
A	,80	5,02	0,17	2,02
AR	0,98	6,18	0,16	2,06
Nível de Significância	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<b>Desinfecção</b>				
D0	0,96	6,02	0,17	1,95
D3	0,83	5,17	0,17	2,13
Nível de Significância	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<b>Interação (A x D)</b>				
A D0	0,80	5,02	0,18	2,19
A D3	0,80	5,02	0,18	2,19
AR D0	1,12	7,03	0,15	1,71
AR D3	0,85	5,33	0,18	2,42
Nível de Significância	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Nota: n.s.- não significativo; \*( $P \leq 0,05$ ); \*\*( $P \leq 0,01$ ), \*\*\*( $P \leq 0,001$ ), Teste de Comparação de Médias: Tukey.

Tabela 30 -

## **Direcção Regional de Agricultura da Beira Interior**

### **Relatório final do projecto PAMAF IED nº8064**

#### **“Utilização sustentável de águas residuais e resíduos orgânicos”**

**Serviços Municipalizados de Água e Saneamento  
de Castelo Branco**

**Relatório final do projecto PAMAF IED nº8064**

**“Utilização sustentável de águas residuais  
e resíduos orgânicos”**



Projecto PAMAF IED - 8064