

DISTRIBUIÇÃO DE LAMAS E EFLUENTES VINÍCOLAS NO SOLO: UMA ALTERNATIVA ECO-EFICIENTE PARA O SEU TRATAMENTO

SOIL DISTRIBUTION OF WINERY EFFLUENTS AND WWTP SLUDGES: AN ECO-EFFICIENT ALTERNATIVE FOR THEIR TREATMENT

ANTÓNIO JOSÉ DUQUE PIRRA¹

RESUMO

Neste trabalho analisam-se o estado da arte relativo aos princípios e métodos subjacentes à distribuição de efluentes vinícolas (EVs) e lamas de ETAR no solo; o respectivo processo técnico de execução; as suas limitações; os aspectos relativos aos solos e culturas mais adequadas e os aspectos a considerar na implementação deste sistema (nomeadamente o volume e época ideal de aplicação). Finalmente analisa-se a regulamentação existente, apontando-se as principais lacunas encontradas.

A distribuição de lamas e efluentes vinícolas no solo, pela sua simplicidade e custo reduzido, é uma alternativa de tratamento económica e tecnologicamente interessante, sendo usada em diversos países produtores de vinho, nomeadamente em França, Austrália, África do Sul e USA. Considera-se um tipo de tratamento alternativo a outros mais exigentes em termos económicos e tecnológicos, e uma prática agrónómica que, bem utilizada, contribui para o fornecimento de água e nutrientes ao solo.

Enquadra-se nas recentes directivas em matéria ambiental, pois visa, simultaneamente, o aproveitamento agrónómico e o tratamento de resíduos.

Em Portugal, a distribuição destes efluentes é um processo pouco utilizado, carecendo de legislação quanto a épocas, volumes e

condições de aplicação em função do tipo de solo, para que seja, efectivamente, um processo de tratamento e não um sistema de distribuição de poluição.

Quanto à aplicação de lamas existem alguns trabalhos publicados, principalmente com lamas de ETARs domésticas. Em geral, o volume de EVs aplicado noutros países oscila entre 100-600 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, distribuído em várias aplicações. O volume de lamas a distribuir, depende do teor do solo e das lamas em metais pesados, pelo que deve ser feita uma análise caso a caso. Em termos médios, considera-se adequada a aplicação de doses até 50t ha⁻¹ ano⁻¹.

Palavras-chave: Distribuição no solo; efluente vinícola; lamas de ETAR; tratamento

SUMMARY

The aim at this review is to assess the state of the art relative to the principles and methods of the winery effluents and sludges distribution; its technical description and limitations; soils and cultures adapted; aspects to be considered, and finally the Portuguese legislation in this subject (its major gaps are listed).

The distribution of winery effluents and sludges is a simple, low cost and technologically interesting alternative for treating these type of residues. This method is widely used in France, Australia, South Africa and USA. It's even preferred to other treatments because it's less expensive and simple compared with others more complex and demanding specific work labour. Simultaneously is a good agronomic practice that, if correctly

¹ Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro;
Deptº Agronomia; Apartado 1013; 5001-911 Vila
Real; correio electrónico: apirra@utad.pt

used, can contribute to water content and soil nutrient status. There is also the potential for control of various pests and diseases due to the phytochemical composition of the effluents. This practice is suitable in terms of current environmental concerns, because the liquid residues have an agricultural use and are recycled, supplying water and other benefits to the soil.

In Portugal this process is rarely used, and there is even a lack on legislation in relation to this matter. It is essential that legislation is agreed concerning the use of these effluents with respect to the treatment time of the year, volumes, and application conditions in relation to the soil type.

Key-words: Sludge from WWTP; soil distribution; treatment; winery effluents

RÉSUMÉ

Dans ce travail nous avons analysé les principes et méthodes de traitement par l'épandage des effluents d'établissement vinicoles et des bous dans le sol; la description technique de la séquence du traitement; les limitations de ce procédé d'épuration; les aspects relatifs aux sols et des cultures adaptées à la distribution; les aspects à considérer dans la mise en œuvre d'un système de distribution et finalement de la législation portugaise à ce propos.

L'épandage des effluents d'établissement vinicoles et des bous, pour sa simplicité et le bas coût est une alternative très intéressante du point de vue économique et technologique pour le traitement des effluents vinicoles, et très usée dans plusieurs pays producteurs du vin, à savoir France, l'Australie, l'Afrique du Sud et les USA. Dans quelque régions il est même préféré à autres types de traitement, parce que c'est technologiquement moins cher et plus simple qu'autres traitements alternatifs plus complexes et plus demandant quant aux exigences spécialisées de travail, et simultanément un bon entraînement agrono-

mique qui, si correctement usée, contribue pour la nutrition du sol. Cet entraînement est encadré parfaitement avec les préoccupations de l'environnement, parce que les effluents liquides sont recyclés, en fournissant de l'eau et des éléments nutritifs au sol, et dans l'autre main, résout le problème de traiter ce type d'effluents.

Pendant au Portugal ce processus n'est pas trop utilisé, et il manque de législation par rapport à cette matière qui doit être publiée d'urgence, concernant les époques d'application de l'année, volumes et conditions d'application en fonction du type du sol, afin que ce soit effectivement un processus du traitement et pas un système de distribution de la pollution.

1. INTRODUÇÃO

A fileira vitivinícola, à semelhança dos outros sectores, deve minimizar o seu impacto sobre o ambiente, adaptando as tecnologias de produção aos constrangimentos ambientais e introduzindo sistemas de tratamento de efluentes eficientes, adequados às especificidades das adegas portuguesas, nomeadamente no que respeita à sua pequena a média dimensão e ausência de mão de obra especializada.

O sector agro-alimentar está abrangido pela política ambiental, mas a poluição causada pelas adegas e as suas consequências no meio onde se inserem são frequentemente subestimadas. As práticas enológicas integradas, a qualificação das explorações e a gestão ambiental, são passos imprescindíveis que exigem um conhecimento aprofundado da gestão dos efluentes vinícolas (EVs). Para além dos aspectos legislativos, a tomada de consciência da necessidade de protecção do ambiente, redução dos consumos de água e da quantidade e carga poluente dos efluentes fazem parte das novas preocupações sociais, contribuindo para uma nova imagem da fileira vitivinícola e do seu produto final: o vinho (Rochard & Viaud, 2000; Jourjon *et al.*, 2001; Pirra *et al.*, 2005).

Neste trabalho chama-se a atenção para o problema da gestão dos efluentes vinícolas e das respectivas lamas de ETAR vitivinícola, dando-se um contributo para a sua resolução através de uma revisão bibliográfica exaustiva centrada numa alternativa que se propõe como eco-eficiente para o seu tratamento. Salienta-se o facto de ser um tema de elevado interesse actual, sobre o qual existe muito pouca bibliografia técnica em português (particularmente no que diz respeito a efluentes e ETARs vinícolas (Pirra, 2008).

Como se constata, a bibliografia consultada é na maioria em língua inglesa e francesa, e refere-se a países terceiros. De facto, nas diversas publicações de referência portuguesas consultadas (“Revista de Ciências Agrárias”, “Pastagens e Forragens”, “Ciência e Técnica Vitivinícola”, entre outras), não se encontraram trabalhos sobre a distribuição de EVs e lamas de ETARs Vitivinícolas em Portugal, verificando-se mesmo que são muito poucos os artigos em congressos ou outros eventos em que se aborda a questão dos efluentes vinícolas em Portugal. Já quanto à distribuição de outras lamas de ETAR, encontraram-se diversas referências portuguesas visando examinar experimentalmente o efeito da sua aplicação nos parâmetros indicadores de fertilidade e/ou poluição do solo bem como as boas práticas da sua aplicação ao solo (particularmente os trabalhos de Domingues *et al.* (1990, 1991, 1999, 2001), Serrão *et al.* (2001, 2002, 2005, 2007) e Dias (2004), além de outros que se indicam nos capítulos seguintes).

2. O TRATAMENTO DE EVs POR DISTRIBUIÇÃO NO SOLO

A distribuição ou aplicação de EVs no solo é entendida como um tipo de tratamento extensivo que, pela sua simplicidade de implementação, baixo risco de impactos ambientais negativos, eficácia e custo reduzido, responde aos principais objectivos procurados pelos pequenos e médios vitivinicultores (Doré, 1998; Drevon, 1998; Galy e Menier,

1998; Jourjon *et al.*, 1998, 2001, 2004a, Muller & Heil, 1998). É o tipo de tratamento preferido pelos pequenos produtores vinícolas, nas zonas onde esta prática é possível, como por exemplo na região de Champagne (Jusiak, 1994; Mathys, 1994).

Goliath (1998) e Hazel (1998) indicam que 72% das adegas Australianas distribuem os EVs sobre vinha, floresta ou prados após um pequeno ou nulo pré-tratamento; 15 % recorrem à evaporação; 6% recorrem à ETAR municipal e 6% não fazem qualquer tratamento. Referem, no entanto, que o princípio do método é frequentemente mal percebido, o que leva a que seja abusivamente utilizado. Em algumas situações é possível proceder à rega de determinadas culturas com EVs após um pré-tratamento (inclusivé da própria vinha) (Ryder, 1994 e 1995; Serfontein, 1994 e 1995; Ryder & Crobak, 2004; Walsdorff e Kraayenburg, 2004).

2.1. Definição e princípios

De forma geral, na interface agricultura/ambiente entende-se por resíduos os sólidos ou semisólidos, de origem agro-pecuária ou não, que eventualmente poderão ser aplicados/distribuídos no solo. O termo efluentes refere-se a líquidos mais ou menos espessos produzidos numa exploração agrícola ou indústria, cujo responsável tem a obrigação e o dever de lhes dar um destino de forma ambientalmente mais correcta. As lamas correspondem ao decantado, mais ou menos pastoso, obtido dos sistemas de tratamento biológico de efluentes, urbanos ou não, após a retirada do sobrenadante clarificado. Chorumes e estrumes são o resultado da mistura de água, restos alimentares, palhas e dejectos sólidos e líquidos das explorações animais.

A distribuição no solo é entendida como a aplicação de resíduos ou de efluentes sobre ou por incorporação nos solos agrícolas. Baseia-se nas propriedades depuradoras do sistema solo-microrganismos-plantas tendo cada um deles um papel específico. A camada superficial do solo filtra e retem os sólidos em suspensão, incluindo eventuais agentes

patogénicos e outros microrganismos; a microflora e microfauna do solo, através do seu crescimento e multiplicação, asseguram a degradação e mineralização da matéria orgânica, transformando-a em húmus e compostos minerais, que são fixados pelo solo (Jourjon *et al.*, 2001).

O rendimento de depuração depende fortemente da actividade microbiana, que por sua vez é influenciada pelas características do solo (teor em água, pH, composição da atmosfera do solo, temperatura e presença de compostos antibióticos ou tóxicos). Jusiak (1994), Chapman *et al.* (1994 e 1995) e Chapman (1998) referem que um solo bem estruturado que receba habitualmente EVs degrada cerca de 80-95% do carbono orgânico nas primeiras 3 a 6 horas após a sua distribuição (2 a 3 vezes mais rápido que um solo virgem). Jourjon *et al.* (2001) indicam que um solo bem estruturado pode depurar até 20 a 30 toneladas de Carência Química de Oxigénio (CQO) ha⁻¹ ano⁻¹.

Finalmente, as plantas retiram os elementos fertilizantes que se vão formando por degradação da matéria orgânica. Esta fase limita a acumulação dos nutrientes no solo e/ou a sua lixiviação. O volume das exportações depende da espécie cultivada, do clima e da humidade do solo. O sistema depurador é tanto mais eficaz quanto maiores forem

as exportações das culturas (Mathys, 1994; Drevon, 1998; Drevon *et al.*, 1998; Jourjon *et al.*, 2001, 2004a).

Comparando o valor fertilizante dos EVs com o de outros efluentes (Quadro 1), verifica-se que os EVs possuem um elevado teor em matéria orgânica, expressa como Sólidos Suspensos Totais (SST) e CQO; no entanto, o conteúdo em azoto e fósforo é baixo, razão pela qual, normalmente, é o potássio o elemento considerado no cálculo da dose de aplicação deste tipo de efluente.

Em alguns casos, a dose a aplicar poderá, eventualmente, ter de ser reduzida, em função da composição do efluente, nomeadamente a presença de metais pesados ou compostos fenólicos, que se estiverem presentes em níveis elevados no efluente distribuído poderão ter alguma fitotoxicidade e cuja adição ao solo seria prejudicial.

Este facto é particularmente importante no caso das lamas de ETAR, razão porque se aborda este aspecto no capítulo referente à distribuição destas lamas, principalmente as de origem vitivinícola. A este respeito, salienta-se o DL n.º 118/06 de 21 de Junho, que fixa os valores limite de concentração de metais pesados nos solos e lamas de ETAR, e as respectivas quantidades máximas anuais que podem ser introduzidas em solos cultivados.

Quadro 1 – Composição e características dos EVs em comparação com outros efluentes.
Winery effluents characteristics and composition in comparison with other effluents.

Parâmetro (g L ⁻¹)	EVs		Efluentes de	Chorume de
	Sem borras	Com borras	Lacticínios	picilga
pH	5 (3-11)	4 (3-11)	7-11	6,5-7,5
SST	2-10	5-30	0,4-1,0	4-8
CQO	1-15	10-50	2-4	60-120
CBO ₅	0,8-10	5-20	1,5- 2,5	40-80
Nt	0,06 (0,03-0,21)	1 (0,5-1,0)	0,06-0,12	3-6
P ₂ O ₅	0,05 (0,01-0,32)	0,65 (0,1-0,8)	0,07-1,15	3-5
K ₂ O	0,5 (0,1-1,3)	4 (1,5- 4)	0,05-0,08	2,5-4,0

Adaptado de Orcate (1986) e Jourjon *et al.* (2001 e 2004a).

Assim, e para um solo de fertilidade média em que se admite o princípio do enriquecimento e manutenção da fertilidade do solo normalmente utilizado para o K, resulta que o cálculo da dose de aplicação anual de EVs é função do seu teor de K, pelo que a dose de aplicação anual D ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) seria:

$$D = \frac{\text{Necessidade da cultura em K (kg ha}^{-1}\text{)}}{\text{Concentração dos EVs em K (kg m}^{-3}\text{)}}$$

Desta forma, apenas a necessidade da cultura em K é satisfeita, devendo complementar-se a fertilização com os nutrientes em falta através de outros fertilizantes. Note-se que a bibliografia consultada considera um solo de fertilidade média, sendo omissa quanto à capacidade do solo em fixar ou reter o K. Em geral, as necessidades de potássio de uma cultura variam entre 150 e 300 $\text{kg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ (Doré, 1998).

No Quadro 2 apresenta-se o equivalente fertilizante (em $\text{kg}/100 \text{m}^3$) de diferentes EVs e borras de vinho.

Quadro 2 – Equivalente fertilizante de diferentes EVs e borras de vinho (em $\text{kg}/100 \text{m}^3$).
Fertilizing value of different Winery effluents and wine lees (kg/100m³).

	Equivalente fertilizante (kg 100 m ⁻³)		
	Azoto (N)	Fósforo (P ₂ O ₅)	Potássio (K ₂ O)
Água de lavagem de prensas e esmagadores	3,5 (0,4-18)	3,4 (0,5-14)	33 (5,5-94)
Água de lavagem de vinificação	13	7	106
Água de lavagem+borras	6 (1-21)	6 (0,3-32)	43 (2,3-132)
Borras	100	65	400

Adaptado de Rochard (1990b, 1990c); Mathys (1994); Drevon *et al.* (1998).

2.2 Descrição técnica da sequência de tratamento

Este processo de tratamento assenta em três etapas principais (Desautels *et al.*, 1994 e Rochard & Viaud, 2000): 1) Pré-tratamento através de uma crivagem fina (1 mm), e eventualmente correcção de pH; 2) Armazenamento tampão (reduz o risco de entupimento, homogeneiza o EV e evita picos de carga hidráulica); 3) Encaminhamento até às áreas de distribuição através de canalização ou por cisterna.

Para fazer face a condições climáticas desfavoráveis, dificuldades de acesso às parcelas ou a eventuais avarias, a adega deverá dispor de uma capacidade de armazenamento que depende das suas características e dos terrenos utilizados, ou seja do volume e tipo de efluentes, das culturas praticadas e do espaço disponível na adega. O volume mínimo

de armazenamento de EVs deverá corresponder à produção de 5 a 30 dias de actividade da adega em período de ponta (Jusiak, 1994; Drevon, 1998; Drevon *et al.*, 1998; Jourjon *et al.*, 2001, Bidault, 2004).

Já na região de Maine-et-Loire (França), a legislação impõe um volume de armazenamento $\geq 0,5 \text{ L L}^{-1}$ vinho produzido ano^{-1} , devendo o armazenamento junto à adega ser $\geq 0,1 \text{ L L}^{-1}$ de vinho ano^{-1} . O volume de armazenamento tampão capaz de homogeneizar os EVs deverá ser $\geq 50\%$ da produção anual, de forma a permitir um armazenamento durante cerca de 6 meses.

No que respeita a custos, Jusiak (1994) Drevon *et al.* (1998), Galy & Menier (1998) indicam um valor médio de 0,7-1 euro hl^{-1} EV distribuído. A distribuição de EVs pode ser feita com cisterna ou canhão aspersor.

No Quadro 3 apresentam-se as vantagens e inconvenientes destes dois sistemas.

Quadro 3 – Vantagens e inconvenientes da distribuição por cisterna vs canhão aspersor.
Advantages and inconveniences of the distribution with cistern vs field sprinkler.

	Tipo de distribuição	
	Veículo cisterna ou cisterna móvel	Canhão aspersor-enrolador
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> . Simplicidade de operação . Investimento reduzido . Possibilidade contratação prestador serviços . Permite tratar parcelas dispersas geograficamente 	<ul style="list-style-type: none"> . Necessidade de mão-de-obra limitada . Custo funcionamento reduzido . Repartição homogênea
Inconvenientes	<ul style="list-style-type: none"> . Custo de funcionamento elevado . Maior necessidade de mão-de-obra . Dependência das condições climáticas . Acesso às parcelas/compactação dos solos . Repartição por vezes heterogênea 	<ul style="list-style-type: none"> . Necessita proximidade das parcelas . Necessidade de boa crivagem . Investimento elevado

Adaptado de Desautels *et al.* (1994); Rochard & Viaud (2000); Jourjon *et al.* (2001); Desenne *et al.* (2003).

2.3. Limitações da depuração por distribuição no solo

A eficácia deste processo está intimamente ligada às condições de implementação, uma vez que práticas desadequadas conduzem à diminuição do rendimento de depuração. Por exemplo, a sobredosagem (por aplicação individual ou pelo total anual) aumenta o risco de escoamento superficial de EVs brutos, facilitando a lixiviação (ou percolação) dos elementos solúveis e a consequente contaminação das toalhas freáticas (Doré, 1998). Chapman & Sefton (1994) referem que o oxigénio contido por metro cúbico de terreno é, em média, suficiente para a degradação microbiológica de 5-20 L de EV.

A distribuição de EVs no solo, exceptuando um ligeiro aumento dos teores em Na (proveniente dos produtos de limpeza), em Cu (dos fitofármacos) e da salinidade, tem um efeito global favorável sobre as principais propriedades do solo (pH, condutividade e teores em N, P e K). Contudo, devem acompanhar-se os teores de Cu e a salinidade no solo. Em simultâneo, deve seguir-se uma estratégia de redução, optimização e reciclagem da utilização de soda cáustica na adega e dos fitofármacos com cobre na vinha (Serfontein, 1994 e 1995; Chapman, 1998 e Doré, 1998).

Para que a distribuição de EVs no solo seja considerada como um processo de tra-

tamento, é necessário: a) ausência de efeitos de toxicidade sobre as plantas; b) existência de armazenamento tampão; c) ausência de escoamento superficial e/ou estagnação (encharcamento); d) manutenção dos solos e do coberto vegetal em bom estado; e) distribuição exclusivamente sobre terrenos cultivados (Dornier, 1992; Rochard & Viaud, 2000; Bidault, 2004).

O Quadro 4 apresenta uma grelha de classificação da eficiência da distribuição em função das condições observadas.

Peres *et al.* (2004), após 4 anos de distribuição de EVs no solo em doses de 20-60 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, observaram um aumento da biomassa microbiana, do número e biomassa total de minhocas, e do número de espécies presentes, resultando na melhoria da fertilidade do solo. Contudo, doses superiores às referidas mostraram um efeito nocivo para as minhocas do solo.

Debroux *et al.* (2004), em ensaios de campo realizados na Califórnia, concluíram que o solo se mostrou eficaz no tratamento de EVs (nomeadamente na regularização do pH, degradação do CBO₅ e teor em N) desde que não se ultrapassem 8,6 t CBO₅ ha⁻¹ (a partir deste valor surgiram problemas com odores provocados por anaerobiose e fitotoxicidade).

Trabalhos laboratoriais realizados por Jourjon (1998) mostraram efeitos ao nível da

Quadro 4 – Classificação da eficiência da distribuição de EVs no solo.*Efficiency of soil distribution of Winery effluents in the soil.*

Eficiência da distribuição (% degradação MO)	Condições observadas
Medíocre (<60%)	- Avaliação do volume a distribuir - Análise periódica dos EVs - Existência de "caderno de registos de distribuição"
Média (60-80%)	As anteriores acrescidas de: - Existência de um plano de distribuição - Volume armazenamento suficiente e adaptado
Boa (80-90%)	As anteriores acrescidas de: - Estudo do perímetro - Materiais de distribuição adequados - Respeito do equilíbrio hídrico do solo
Muito boa (> 90%)	As anteriores acrescidas de: - Estrutura e qualidade solo não alteradas

Rochard e Viaud (2000).

inibição de germinação das sementes, redução do crescimento radicular em plântulas e do crescimento de plantas em vasos (milho e trigo) proporcionais à dose de EVs aplicada. Os mesmos autores verificaram que em França a aplicação de 400 m³ ha⁻¹ de um EV com 50 g CQO L⁻¹ e 2,6 g SST L⁻¹ num prado natural provocou 30 a 50% de diminuição da produção de matéria seca relativamente à testemunha, tendo observado sinais de fitotoxicidade e queimaduras nas folhas, associados à presença de polifenóis provenientes das uvas tintas.

Condições climáticas extremas (períodos de gelo ou neve prolongados, chuvadas fortes e persistentes) limitam fortemente o rendimento de depuração, desaconselhando o uso desta prática nestas condições. No caso de se optar por uma só aplicação, Jourjon & Arcanger (1998) preconizam a aplicação máxima de 100 m³ ha⁻¹, desaconselhando concentrações ≥ 10 g L⁻¹ CQO e 2 g SST L⁻¹, devendo a aplicação ser feita, no mínimo, 1 mês após a sementeira (no caso de culturas anuais).

Muller & Heil (1998), em trabalhos realizados na Alemanha, referem que a actividade microbiana e os níveis de azoto do solo aumentam após a distribuição de 600 m³ ha⁻¹ de EVs, não tendo verificado efeitos eco toxicológicos, aumento dos teores em metais pesa-

dos, ou presença de elementos provenientes dos EVs no percolado. Estes autores indicam que os EVs apenas mostraram efeitos toxicológicos nos testes Daphnia para concentrações superiores a 16%.

2.4. Distribuição sobre solos agrícolas ou florestais

A distribuição de EVs deve ser realizada em terrenos regularmente trabalhados ou em prados normalmente explorados. Terrenos florestais e plantações frutícolas também são possíveis, desde que a distribuição seja feita em períodos adequados. Na maior parte dos casos, esta distribuição realiza-se sobre prados permanentes e culturas cerealíferas ou forrageiras (trigo, milho, cevada, luzerna, etc.) (Coignac *et al.*, 1986).

Este processo pode ser associado não só ao tratamento de efluentes mas também à rega, retirando-se dele, simultaneamente, proveitos económicos (Serfontein, 1994 e 1995). Na Austrália, onde esta prática é vulgar, uma das principais adegas cooperativas abandonou o tratamento por evaporação, procedendo à distribuição de 10000 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ dos seus EVs por alagamento numa área de 30 ha de eucaliptos, após um ligeiro tratamento físico por crivagem e decantação (carga diária aplicada inferior a 100 kg CBO₅ ha⁻¹), sem

que se verificassem alterações significativas ao nível do equilíbrio físico e microbiológico do solo (Chapman & Sefton, 1994; Kennedy, 1994).

Schoor (2001) e Schoor & Egypt (2001) referem que a distribuição de EVs na África do Sul é autorizada até ao limite de $500 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, desde que estes cumpram as seguintes características: condutividade $<200 \text{ mS m}^{-1}$; pH 6-9; SAR <5 e CQO $<0,4 \text{ g L}^{-1}$. Para CQO até 5 g L^{-1} , o limite diminui para $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$.

De forma geral, após um pré tratamento, os EVs constituem uma fonte de água para a rega de culturas estivais como o milho, por exemplo (Doré, 1998; Clerc, 2004; Walsdorff & Kraayenburg, 2004). De resto, a utilização de águas tratadas na rega de campos de golfe nas regiões mais secas do País é hoje uma prática comum e com bons resultados, respondendo, simultaneamente, às necessidades em água e nutrientes das culturas, sem contaminação microbiológica dos relvados ou dos lençóis freáticos que coloque em perigo os seus utilizadores (Dionísio *et al.*, 1995; Beltrão, 2002; Beltrão *et al.*, 2005).

2.5. Distribuição sobre vinhas

Em algumas regiões vitícolas a monocultura e a omnipresença da vinha torna impraticável a distribuição sobre outros terrenos que não os ocupados com esta cultura, o que pode ser vantajoso, pois responsabiliza os viticultores pela gestão dos seus efluentes e diminui os custos de transporte. No entanto, esta prática é ainda pouco comum, por falta de conhecimento científico e de legislação, e pela presença de elevados declives em algumas regiões vitícolas, que limitam fortemente a sua aplicação.

Baradeau *et al.* (1999), Jourjon *et al.* (1998 e 2004a) e Rochard & Viaud (2000), em trabalhos realizados em França com doses de 20 a $60 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de EVs com 9 a 26 g CQO L^{-1} aplicados durante 6 anos na mesma parcela de vinha, estudaram diversos parâmetros do solo (escorrência, composição físico-química, actividade microbiana e dos inver-

tebrados) e da vinha (estado sanitário, vigor, precocidade, nutrição mineral e qualidade das uvas), não tendo observado quaisquer efeitos negativos no solo, nas plantas ou na qualidade das uvas. Pelo contrário, observaram efeitos favoráveis sobre a actividade biológica e microbiológica do solo, recomendando, pois, esta prática numa perspectiva sustentável e duradoura.

Na região de Maine-et-Loire (França), a legislação impõe que a distribuição de EVs seja efectuada fora da época vegetativa da vinha e com valores inferiores a $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, distribuídos em pelo menos duas passagens de $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ cada, e em solos com declive inferior a 5% (Jourjon *et al.*, 2001).

Ryder (1994 e 1995) e Ryder & Crobak (2004) referem que na Califórnia a distribuição de cerca de 70 a $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de EVs (CBO_5 até $67 \text{ g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) com 10 a 20 g CQO L^{-1} , 5 g SST L^{-1} , pH de 3,5 a 5,5, efectua-se desde os anos 40, sem que tenha ocorrido degradação da qualidade do solo ou das águas subterrâneas, tendo obtido melhorias qualitativas e quantitativas na produção de uvas.

3. ASPECTOS A TER EM CONTA NA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE EVs

3.1. Estudo prévio

Este sistema de tratamento pressupõe a disponibilidade de terrenos na proximidade da adega com área suficiente e o estudo do perímetro de distribuição, tendo em conta as características do solo, as condicionantes ambientais, a legislação e as culturas praticadas, de forma a conhecer a aptidão dos solos e definir as respectivas condições de distribuição e gestão das culturas (Jusiak, 1994; Mathys, 1994; Ryder, 1994 e 1995; Drevon, 1998; Drevon *et al.*, 1998; Rochard e Viaud, 2000; Jourjon *et al.*, 2001; Viaud *et al.*, 2004a, b).

Distâncias superiores a 2-3 km são possíveis, mas aumentam muito o tempo de transporte e o custo da operação. Devem contactar-se previamente os agricultores que explorem

os terrenos escolhidos, aspecto que é por vezes problemático, porque frequentemente estes se opõem por conhecerem o seu reduzido valor fertilizante (Katsiri & Dalou, 1994; Mathys, 1994; Jourjon & Arcanger, 1998). De seguida, deve verificar-se se os terrenos são adequados no que respeita às exigências legislativas (distância a habitações, ribeiros e pontos de água) e técnicas (declive, coberto vegetal, características pedológicas, presença de barreiras ou bandas relvadas na bordadura da parcela, etc.) (Drevon, 1998; Viaud *et al.*, 2004a, b).

Terrenos com pH <6 ou com declive superior a 7% não devem ser incluídos no perímetro de distribuição, a fim de evitar riscos de acidificação do solo e escoamento superficial (Doré, 1998; Jourjon *et al.*, 1998, 2001).

3.2. Dose e frequência da aplicação

A dose óptima a distribuir depende da capacidade depuradora do solo, do teor em elementos fertilizantes do efluente e das necessidades das culturas (Drevon *et al.*, 1998). Devido à elevada variabilidade de composição dos EVs, é difícil avaliar com precisão a quantidade de elementos fertilizantes realmente distribuída e disponível para as culturas.

Os principais factores que influem na capacidade de depuração do solo são o volume distribuído, a precipitação, a evapotranspiração e as taxas de percolação e escoamento superficial (Mathys, 1994; Drevon *et al.*, 1998; Metcalf & Eddy, 2003).

Em geral, os volumes aplicados são de 100-600 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ (Drevon *et al.*, 1998; Rochard e Viaud, 2000). Na região de Champagne, por exemplo, preconizam-se doses de 300-800 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ com um máximo por aplicação de 20-50 m³ ha⁻¹, (Mathys, 1994; Rochard et Viaud, 1994 e Drevon, 1998).

Na região de Marne a distribuição máxima autorizada é de 300 m³ ha⁻¹ (águas de lavagem de prensas com ou sem borras); 150 m³ ha⁻¹ (águas de lavagem resultantes de vinificação) e 100 m³ ha⁻¹ (águas residuais resultantes de lavagem de borras) (Jourjon *et al.*, 2001). Já

na região de Maine-et-Loire (também em França) é vulgar a distribuição de 200 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, em pelo menos duas passagens de 100 m³ ha⁻¹ cada (Jourjon *et al.*, 2001).

Doré (1998), para o sul de França, recomenda a aplicação máxima de 200 m³ ha⁻¹ mês⁻¹, num máximo de 1000 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, e uma dose máxima de 20-30 t CQO aplicado ha⁻¹ ano⁻¹. Em qualquer caso, é necessário respeitar o limite máximo de aplicação de fertilizantes, que varia conforme a região.

O período de aplicação dos EVs é normalmente determinado pelo ciclo cultural das culturas: a distribuição só se torna prática antes da sementeira (no caso dos cereais de Inverno, do milho ou da beterraba, por exemplo) ou, no caso de outras culturas, em épocas precisas (por ex. culturas florestais, fruteiras, vinha e luzerna).

Os EVs produzidos na vindima podem ser distribuídos à medida que vão sendo produzidos, uma vez que a época o permite. Já os resultantes dos processos de vinificação posteriores deverão ser armazenados alguns meses, e distribuídos na Primavera seguinte, assim que as condições climáticas e culturais, e a disponibilidade de terrenos o permitam.

3.3. Código de boas práticas de distribuição

A eficácia do processo e a sua perenidade dependem de uma gestão rigorosa, que inclui o acompanhamento agronómico das parcelas beneficiárias da distribuição e a existência de um caderno de registos de distribuição de EVs, cujo objectivo é a verificação da eficácia agronómica e da inocuidade da distribuição no solo, águas e culturas. (Jusiak, 1994; Doré, 1998; Drevon, 1998; Drevon *et al.*, 1998; Galy & Menier, 1998; Viaud *et al.*, 2004a e 2004b).

O grau do acompanhamento dependerá da composição dos EVs (carga poluente, variabilidade, etc.); da sensibilidade do meio receptor (presença de toalhas freáticas, etc.); da regulamentação, capacidade técnica dos agricultores e do custo. A distribuição deve ser feita com rigor, respeitando as caracterís-

ticas do solo, a sua capacidade depuradora, os volumes máximos anuais e por aplicação, os impactos no solo e na água, e as exigências regulamentares (Mathys, 1994; Doré, 1998; Drevon, 1998; Hazel, 1998; Jourjon & Arcanger, 1998).

Alguns critérios técnicos, económicos, ambientais e sociológicos devem ser respeitados, tais como: a) Assegurar uma repartição homogénea, não utilizando material de distribuição que produzam gotas muito finas; b) Evitar a estagnação, escoamento superficial e a percolação; c) Volume aplicado em função da capacidade depuradora do solo, evitando escoamento superficial e contaminação de rios e toalhas freáticas; d) Não distribuir em época chuvosa, sobre solo gelado ou com neve; existência de registos de aplicação; e) Racionalizar a fertilização; f) Respeitar os proprietários dos terrenos de distribuição (no caso de não serem terrenos próprios).

A intensidade da distribuição por aplicação deve ser sempre inferior à velocidade de infiltração dos EVs no solo, não devendo exceder $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (Drevon, 1998; Jourjon *et al.*, 2001). Aconselha-se um intervalo de 1 a 4 anos entre 2 distribuições sucessivas de EVs na mesma parcela, segundo o tipo de solo e

as culturas presentes. A fim de evitar problemas de erosão, a distribuição deve ser feita em solos com declive inferior a 5% (Drevon *et al.*, 1998; Rochard & Viaud, 2000; Jourjon *et al.*, 2001).

4. O TRATAMENTO DE LAMAS DE ETAR POR DISTRIBUIÇÃO NO SOLO

As lamas de ETAR são os sedimentos resultantes da depuração biológica de efluentes, cuja composição varia segundo o tipo de efluente e de tratamento seguido. A sua distribuição no solo, tal como a de EVs, é possível e recomendável, devendo igualmente prever-se um acompanhamento agronómico posterior e a compatibilidade com a protecção do solo e da água, nomeadamente quanto ao teor de metais pesados (Sorlini *et al.*, 1998; Domingues, 1999, 2002; Ferreira *et al.*, 2002; Dias, 2004; Jourjon *et al.*, 2004b & Serrão *et al.*, 2001, 2002, 2004). As lamas resultantes do tratamento de EVs ou de efluentes urbanos deverão ser consideradas sempre numa lógica de valorização e não de abandono.

A composição média das lamas de tratamento biológico de EVs e de efluentes urbanos apresenta-se na Quadro 5.

Quadro 5 – Valor fertilizante e teor médio em metais pesados das lamas resultantes de tratamento biológico de EVs e de efluentes urbanos.

Fertilizing value and heavy metals composition from biological treatment sludges from urban and winery effluents.

Nutriente/metalo	Unidade	EVs (Armaz. arejado)	ETAR urbana
Nt		100	60(21-39)
Ndisp.		35	20
P ₂ O ₅	g kgMS ⁻¹	12	40(9-50)
K ₂ O		7	2,5
MgO		4	7,1
Cu		328	267 (210-600)
Zn		1258	850(800-5900)
Cr		66	35,9(42-62)
Ni	mg kg MS ⁻¹	34	34,8 (18-53)
Pb		263	98(90-150)
Cd		1,89	1,8(1-2,4)
Hg		0,21	2,6
Compostos fenólicos		113	
C/N		8	7,6-11,9
pH		7,8	5,4-6,7
Condutividade	µScm ⁻¹	539	

Adaptado de Saviozzi *et al.* (1994); Levi-Minzi *et al.* (1997); CIVC (1999) cit. Jourjon *et al.* (2001); Domingues (1999, 2002).

As lamas são normalmente distribuídas em terrenos agrícolas, devendo igualmente respeitar-se o Código de Boas Práticas Agrícolas (MADRP, 1997; Dias, 2004). Acresce, neste caso, a obrigatoriedade do seu enterramento durante ou após distribuição (Levi-Minzi *et al.*, 1997; Jourjon *et al.*, 2001).

Saviozzi *et al.* (1994), após ensaios com uma mistura de solo em doses até 2,5% (peso seco) de lamas resultantes do tratamento aeróbio de EVs, verificaram que estas tinham elevado interesse agronómico, tendo melhorado quer a fertilidade quer a actividade microbiológica do solo, sem efeitos de toxicidade.

Hermínia *et al.* (1991) e Domingues *et al.* (1990, 2002), após prolongada caracterização das lamas de diversas ETARs domésticas em Portugal, concluíram que os metais pesados presentes nas lamas apresentam baixa solubilidade, podendo estas ser utilizadas com segurança como fertilizantes orgânicos sem perigo de contaminação metálica ou fitotoxicidade, já que, em geral, os seus teores em metais pesados não excedem os valores-limite aconselhados pelas directivas comunitárias.

Ferreira & Serra (2002) obtiveram resultados idênticos distribuindo 5-50 t ha⁻¹ MS ano⁻¹ de lamas de ETAR doméstica sobre pastagens, e ao longo de 6 ciclos vegetativos das plantas. Estes autores observaram aumentos efectivos de fertilidade do solo, da produção e a eliminação dos microorganismos patogénicos. Registaram também que os teores de metais pesados no solo e nas plantas foram sempre inferiores aos limites legais. A conclusão semelhante chegou também Domingues *et al.* (1990, 2002), que, dos diversos ensaios realizados em Portugal ao longo de doze anos, reconhecem que a aplicação de doses até 50 t ha⁻¹ de lamas não contaminadas, não oferece perigo de poluição dos solos, dos lençóis freáticos e de fitotoxicidade ou contaminação das culturas (e portanto não representa risco ambiental), apresentando, adicionalmente, benefícios ao nível da produção das

culturas e da fertilidade dos solos. Fumi *et al.* (1995) chegaram a conclusões idênticas utilizando lamas resultantes de uma ETAR vinícola a funcionar pelo sistema de lamas activadas, propondo a sua utilização directa ou em compostagem.

Serrão *et al.* (2001, 2002, 2005, 2007), em ensaios em Portugal com aplicação de 4 a 24 t ha⁻¹ de lamas de uma ETAR doméstica, alguns deles complementados com a adubação mineral, obtiveram aumentos de fertilidade (nomeadamente dos teores de Ntotal, P e K “assimiláveis”) e da remoção de nutrientes e aumento da proteína bruta pelo coberto vegetal, não tendo observado acumulação de compostos poluentes com efeitos nefastos para a dieta animal nas plantas produzidas. No geral, estes autores referem que a não complementação da aplicação de lama com adubação mineral reduz o teor de K disponível no solo. Verificaram, também, que não existe acumulação no solo de compostos poluentes (nomeadamente pesticidas) que, devido à sua toxicidade e persistência, possam prejudicar os microorganismos do solo, as plantas ou os animais.

Campos *et al.* (1998), em ensaios laboratoriais realizados em Portugal de aplicação de lamas celulósicas e rega com águas residuais urbanas na cultura do sorgo, obtiveram aumentos significativos de produção e melhoria do valor nutritivo das plantas (nomeadamente dos teores em N, P, Ca e Mg) bem como do teor em micronutrientes (nomeadamente Fe, Cu e Zn), sem que, no entanto, estes limitassem a utilização das plantas na alimentação animal.

Serrão *et al.* (2004, 2007) e Esteves da Silva *et al.* (2005), após aplicação ao solo plantado com culturas pratenses de lamas de ETAR doméstica em doses até 24 e 120 t ha⁻¹ respectivamente, verificaram que a produção total de biomassa aumentou significativamente em resultado desta adição, referindo que esta aplicação se revela promissora na preservação da qualidade do solo e no aumento da produção e biomassa vegetal.

5. ASPECTOS REGULAMENTARES NA LEGISLAÇÃO PORTUGUESA

5.1. Distribuição de efluentes

No que respeita à distribuição de chorumes bovinos, sobre a qual não nos vamos debruçar particularmente, aplicam-se as normas para Valorização agrícola dos efluentes definidas pelo Anexo IV do DL 202/05, que define as épocas de aplicação e impõe valores máximos de 20 a 140 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ consoante o tipo de chorume ou estrume e o tipo de solo onde se faz a distribuição; o DL 236/98 que condiciona a emissão ou descarga de águas residuais na água ou no solo a uma autorização prévia da DRAmbiente, na qual são fixadas as condições de descarga e o DL 235/97, que tendo por objectivo a diminuição da poluição causada por nitratos de origem agrícola, promove as boas práticas agrícolas na distribuição de resíduos (nomeadamente no que diz respeito a épocas e métodos de distribuição), limitando a 170 kg ha⁻¹ ano⁻¹ a aplicação de azoto proveniente de estrumes (nas zonas vulneráveis aos Nitratos-ZVN).

Quanto à distribuição de outros efluentes agroindustriais no solo, neste momento a legislação existente contempla apenas as águas ruças (AR - efluentes de lagares de azeite), e obriga a que exista um reservatório/lagoa estanque para armazenar a totalidade das águas ruças produzidas na campanha pelo lagar. Este deverá proceder a um pré-tratamento adequado obrigatório, nomeadamente com correcção da acidez (Despacho conjunto 626/2000 de 6 de Junho).

A distribuição da AR no solo (geralmente de Março a Novembro) deve ter em conta as condições meteorológicas de cada ano, ser aplicada em culturas arbustivas e arbóreas; o volume a utilizar não deve exceder os 80 m³/ha/ano, devendo o proprietário do lagar preencher um mapa anual da utilização de águas ruças, com indicação do volume, parcelas, tipo de culturas e período de aplicação. É proibida a aplicação em áreas de REN, áreas protegidas, a menos de 50 m de habitações, 100 m de poços ou furos, 200 m de aldeias,

35 m de linhas de água e 100 m do nível máximo das albufeiras. Deverão ser colhidas amostras de solo e de AR, a monitorizar pela DR Agricultura e DR Ambiente, podendo as análises e o acompanhamento ser realizado por laboratórios ou universidades.

Constata-se portanto em Portugal uma lacuna no que concerne à legislação publicada referente à distribuição de outros efluentes agroindustriais no solo (nomeadamente EVs), que urge colmatar à semelhança do que tem sido feito noutros países produtores de vinho.

5.2. Distribuição de lamas de ETAR

No que respeita à distribuição de lamas de ETARs urbanas ou similares (vinícolas incluídas) o DL n.º 118/06 de 21 de Junho que revoga o DL n.º 446/91 de 22 de Novembro, estabelece as normas de aplicação e utilização agrícola das lamas de ETARs, transpondo as Directivas CEE n.º 86/278 de 12 de Junho e CEE 91/271 de 21 de Maio. Este DL visa evitar os efeitos nocivos das lamas sobre os ecossistemas, encorajando o seu aproveitamento agrícola, fixa valores limite quantitativos e qualitativos para a sua utilização e proíbe a sua deposição nos rios, lagos ou no mar. Deste modo, apenas é permitida a utilização de lamas tratadas, preconizando-se doses de referência de 6t de Matéria Seca ha⁻¹ ano⁻¹ (valor dependente da concentração das lamas nomeadamente em metais pesados).

O DL n.º 118/06 de 21 de Junho que revoga a Portaria n.º 176/96 de 3 de Outubro fixa os valores limite de metais pesados nos solos e nas lamas, acima dos quais é interdita a sua utilização agrícola (Quadro 6).

Segundo esta legislação, as lamas deverão ser aplicadas sobre solos bem desenvolvidos e profundos, com pH ≥ 5,5 e tendo em conta as necessidades nutricionais das plantas, por forma a proteger a qualidade do solo, águas superficiais e subterrâneas, e nunca a menos de 100 metros de habitações e captações de água para consumo. É proibida a aplicação de lamas nas margens de rios e lagos, bem como a sua distribuição sob condições climáticas adversas (nomeadamente de pluvio-

sidade), devendo estas ser incorporadas no solo no máximo dois dias após a sua distribuição. É igualmente proibida a distribuição de lamas em prados ou culturas forrageiras dentro das três semanas anteriores à colheita ou do início da pastagem do gado, nas culturas hortícolas e frutícolas (com excepção das frutícolas durante o repouso vegetativo). É obrigatória a análise das lamas e dos solos sobre os quais estas sejam depositadas.

O DL n.º 118/06 de 21 de Junho revoga também a Portaria 177/96 (D.R. II Série) e aponta a necessidade de se efectuarem análises das lamas e dos solos, definindo os parâmetros e a frequência das análises: teores da matéria seca, matéria orgânica, pH, azoto nítrico e amoniacal, fósforo total e metais pesados (2 vezes por ano, no caso das lamas) e o pH, metais pesados, azoto e fósforo (no caso dos solos, antes de cada aplicação).

Quadro 6 – Valores limite de concentração de metais pesados nos solos e lamas e respectivas quantidades máximas anuais que podem ser introduzidas em solos cultivados.

Concentration limit of heavy metals in soils and sludges and respective maximum annual amounts that can be introduced in cultivated soils.

Parâmetros (mg kg ⁻¹ MS)	Valores limite em solos com:			Lamas (mg kg ⁻¹ MS)	Máx. aplicável kg ha ⁻¹ ano ⁻¹
	pH≤5,5	5,5<pH≤7,0	pH>7,0		
Cádmio	1	3	4	20	0.15
Cobre	50	100	200	1000	12
Níquel	30	75	110	300	3
Chumbo	50	300	450	750	15
Zinco	150	300	450	2500	30
Mercúrio	1	1.5	2	16	0.1
Crómio	50	200	300	1000	4.5

DL n.º 118/06 e Portaria n.º 176/96 (D.R. II Série).

CONCLUSÕES

O tratamento de EVs e lamas de ETAR por distribuição no solo é reconhecido como uma solução simples e económica para o tratamento destes efluentes e resíduos. A simplicidade do método não deve, no entanto, ser confundida com facilitismo, já que o sucesso e sustentabilidade do método no tempo dependem do respeito pelo equilíbrio do solo e do rigor da sua gestão.

Esta solução, apesar de algo controversa (particularmente no caso de alguns tipos de lamas de ETARs industriais, que podem conter elevados teores de metais pesados ou outras substâncias tóxicas), é, no entanto, comumente aceite como adequada e melhoradora das propriedades físico-químicas e da fertilidade do solo, sem quaisquer inconvenientes desde que correctamente realizada. No entanto, pelo seu efeito mediático, todo

este processo de tratamento pode ser posto em causa se o processo for inadequadamente visto como uma forma do produtor se livrar da poluição (Malthaner, 1998; Sorlini *et al.*, 1998; Domingues, 1999, 2002; Ferreira & Serra, 2002).

Para que esta via perdure, é portanto necessário o reforço do profissionalismo dos seus intervenientes, que deve resultar da publicação urgente de legislação ainda em falta e do seu respeito (principalmente no que respeita à distribuição de EVs). Esta legislação, a elaborar, deverá incidir, nomeadamente, sobre as condições de distribuição, dando ao produtor indicações precisas sobre a oportunidade, o volume e as épocas de aplicação, de modo que a distribuição no solo seja efectivamente um tipo de tratamento e não uma forma de disseminação de poluição, oferecendo simultaneamente ao consumidor o máximo de garantias de qualidade.

De forma geral conclui-se que o volume de EVs aplicado na maioria dos países vinhateiros oscila entre 100-600 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, distribuídos em 2 ou 3 aplicações anuais, e em épocas precisas (fora do período vegetativo das culturas). Quanto ao volume de lamas a distribuir este depende muito da sua composição, devendo esta ser compatível com a protecção dos solos e das águas. Por este facto, deverá ser feita uma análise caso a caso particularmente do teor do solo e das lamas em metais pesados, a fim de se estabelecer a dose a aplicar. Em geral, e em média, considera-se adequada a aplicação de doses até 50 t ha⁻¹ ano⁻¹ de lamas não contaminadas (6 t Matéria Seca ha⁻¹ ano⁻¹).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baradeau, E.; Jourjon, F.; Brosseau & J-L (1999) - Impact de l'épandage des effluents vinicoles sur vigne. *Revue des Oenologues* 90:27-30.
- Beltrão, J. (2002) - A reutilização de águas residuais em Portugal. *10º Encontro Nacional de Saneamento Básico*. Braga, 16 a 19 de Setembro, 15 pp.
- Beltrão, J.; Costa, M.; Santos, R.; Rosado, V. & Gamito, P. (2005) - Vantagens da reutilização de águas residuais em campos de golfe. *Revista de Ciências Agrárias* 28: 3/4:93-100.
- Bidault, J-M. (2004) - *Les cahiers itinéraires d'ITV France – Gestion des effluents des petites et moyennes caves*. N° 8, ITV France, 23 pp.
- Campos, S.; Horta-Monteiro, M. & Carneiro, J. (1998). Utilização conjunta de lamas celulósicas e águas residuais urbanas na cultura do sorgo. Efeito sobre a produção e composição mineral das plantas. *Pastagens e Forragens* 19:37-49.
- Chapman, J. (1998) - Use of winery effluent for irrigation of winegrapes. *In: Actes du 2ème Congrès International sur le Traitement des Effluents Vinicoles*. Bordeaux (France), Cemagref (Éd.), pp. 99-104.
- Chapman, J. & Sefton, M. (1994) - Characteristics of winery and distillery wastewater's and implications for treatment of carbon in the wastewater's by application to soil. *In: Actes du congrès international sur le traitement des effluents vinicoles*. Narbonne-Epernay (France), Cemagref (Éd.), pp. 239-244.
- Chapman, J.; Correl, R. & Ladd, J. (1995) - Removal of dissolved organic carbon in winery and distillery wastewater by application to soil. *Revue Française d'Oenologie* 152:47-49.
- Clerc, J.-M. (2004) - Tratamento dos efluentes vinícolas – Novos procedimentos em fase de experimentação. *Vinidea.net, Revista Internet Técnica do Vinho* 2:5 pp.
- Coignac, G. Malaval, A. & Ripert, C. (1986) - Valorisation des eaux usées par l'irrigation en foret méditerranéenne. *Informations Techniques du Cemagref* 64(3):1-4.
- Debroux, J-F.; Stuart, C. & Chroback, P.E. (2004) - California Land Application of Winery Stillage and Non- Stillage Process Water: Field Study Results and Proposed Management Guidelines. *Proceedings of the 3rd International Specialised Conference on Sustainable Viticulture and Winery Wastes Management*. Faculty of Biology - University of Barcelona, 24-26 May, pp. 81-87.
- Desautels, F.; Rochard, J. & Viaud, M. (1994) - Mise en œuvre de l'épandage. Equipments for spreading winery wastewaters. *In: Cemagref (Éd.) Actes du congrès international sur le traitement des effluents vinicoles*. Narbonne-Epernay (France), pp. 273-278.
- Desenne, A.; Macary, F.; Monzie, B. & Mouquot, P. (2003) - *Effluents vinicoles des connaissances et une méthode pour choisir sa filière de traitement*. CD-Rom, CEMAGREF Editions.
- Dias, J. (2004) - *Guia de boas práticas - Aplicação de lamas na Agricultura*. Reciclamas-Multigestão ambiental, Lda. Lisboa. 159 pp
- Dionísio, L.; Costa, M.; Posnet, J.; Longdin, R. & Beltrão, J. (2005) - Águas residuais tratadas- um alternativa para a rega de cam

- pos de golfe. *Revista de Ciências Agrárias* 28 n° 3/4:239-246.
- Dionísio, L.; Costa, M.; Posnet, J. Longdin, R. e Beltrão, J. (1995) - Águas residuais tratadas- um alternativa para a rega de campos de golfe. *Revista de Ciências Agrárias* 28 n° 3/4:239-246.
- Domingues, H. (1999) - *Comportamento de metais pesados (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn) em solos tratados com lamas residuais urbanas*. Dissertação para obtenção do grau de Doutor em Eng.^a do Ambiente, Sistemas Naturais e suas tensões. Universidade Nova de Lisboa, Oeiras, Portugal.
- Domingues, H.; Gusmão, M.; Silva, A.; Sequeira, E. e Monteiro, O. (1991) - Algumas características de lamas residuais de ETARs portuguesas. *Revista de Ciências Agrárias* 14,3:21-31.
- Domingues, H.; Monteiro, O. R.; Pedra, F.; Amaro, J. T.; Gusmão, M. R. (2002) - Aplicação de lamas residuais urbanas em solos agrícolas. Síntese dos estudos desenvolvidos no departamento de Ciência de Solo, da Estação Agronómica Nacional - INIA. *Revista de Ciências Agrárias* 25, 3/4:341-352.
- Doré, F. (1998) - Épandage des effluents vitivinicoles; L'expérience du bassin Rhône Méditerranée Corse. In: Cemagref (Éd.) *Actes du 2ème Congrès International sur le Traitement des Effluents Vinicoles*. Bordeaux (France), pp. 91-98.
- Dornier, N. (1992) - Traitement des rejets en cave vinicole: Épandage – évaporation – raccordement à la station communale. *Revue Française d'Oenologie* 134:21-25.
- Drevon, N. (1998) - Etude préalable à l'épandage – cas de la Champagne. In: Cemagref (Éd.) *Actes du 2ème Congrès International sur le Traitement des Effluents Vinicoles*. Bordeaux (France), pp. 352-357.
- Drevon, N.; Desautels, F.; Rochard, J.; Viaud, M. (1998). L'épandage des effluents vinicoles. *Revue des Oenologies* 87:45-51.
- Esteves da Silva, J.; Tavares, M.; Costa, M. e Leandro, E. (2005) - Efeito da aplicação de lamas de Etar compostadas no teor e natureza das substâncias húmicas do solo. *Revista de Ciências Agrárias* 28,2:146-160.
- Ferreira, E.; Castro, I.; Henriques, J.; Domingues, H.; Pires, F.; Matos, N. (2002) - Lamas residuais urbanas: problema ecológico ou fonte de nutrientes para as plantas? *Investigação Agrária* 6: 43-44.
- Ferreira, M. e Serra, H. (2002) - Secagem, tratamento e confinamento das lamas em leitos de macrófitas. *10º Encontro Nacional de Saneamento Básico*. Braga, 16 a 19 de Setembro, 9 pp.
- Fumi, M.; Parodi, G.; Parodi, E. and Silva, A. (1995) - Optimisation of long-term activated-sludge treatment of winery wastewater. *Bioresource Technology* 52:45-51.
- Galy, B. & Ménier, M. (1998) - Caractéristiques des rejets vinicoles de la région de Cognac – Filières d'épuration. In: Cemagref (Éd.), *Actes du 2ème Congrès International sur le Traitement des Effluents Vinicoles*. Bordeaux (France), pp. 306-311.
- Goliath, E. (1998) - The management of wine industry effluent – A South African perspective. In: Cemagref (Éd.), *Actes du 2ème Congrès International sur le Traitement des Effluents Vinicoles*. Bordeaux (France), pp. 70-78.
- Hazzel, P. (1998) - Monitoring et control of environmental impacts associated with winery effluent in South Australia. In: Cemagref (Éd.), *Actes du 2ème Congrès International sur le Traitement des Effluents Vinicoles*. Bordeaux (France), pp. 53-60.
- Jourjon, F. (1998) - L'épandage des effluents vinicoles: impact et principaux critères tecnico-économiques et environnementaux d'évaluation des pratiques. In: Cemagref (Éd.) *Actes du 2ème Congrès International sur le Traitement des Effluents Vinicoles*. Bordeaux (France), pp. 105-112.
- Jourjon, F. & Arcanger, P. (1998) - Caractérisation des flux d'effluents vinicoles- application aux caves angevines. In: Cemagref (Éd.), *Actes du 2ème Congrès International sur le Traitement des Effluents Vinicoles*. Bordeaux (France), pp. 299-305.
- Jourjon, F.; Khaldi, S.; Brosseau, J.L. & Bednar, J. (2004a) - The impact of winery wa-

- stewater spreading on vineyards. *Proceedings of the 3rd International Specialised Conference on Sustainable Viticulture and Winery Wastes Management*. Faculty of Biology - University of Barcelona, 24-26 May, pp. 327-330.
- Jourjon, F.; Arnau, Z.; Pidoux, M.; Bodet, E.; Khaldi, S. & Bednar, J. (2004b) - Evaluation of sludge treatment by reed beds application to winery sludge. *Proceedings of the 3rd International Specialised Conference on Sustainable Viticulture and Winery Wastes Management*. Faculty of Biology - University of Barcelona, 24-26 May, pp. 375-378.
- Jourjon, F.; Racault, Y. & Rochard, J. (2001) - *Effluents vinicoles: gestion et traitements*. Editions Féret, Bordéus (França), 240 pp.
- Jusiak, P. (1994) - Le traitement des effluents des caves vinicoles en Aquitaine et Midi-Pyrénées. In: Cemagref (Éd.), *Actes du congrès international sur le traitement des effluents vinicoles*. Narbonne-Epernay (France), pp. 19-24.
- Katsiri, A. & Dalou, F. (1994). Wine and distillery effluents in Greece. Main results of the sprint/aquanet programme. In Actes du congrès international sur le traitement des effluents vinicoles. Narbonne-Epernay (France), Cemagref (Éd.), pp. 25-30.
- Kennedy, A. (1994) - Irrigated winery woodlot case study. In: Cemagref (Éd.) *Actes du congrès international sur le traitement des effluents vinicoles*. Narbonne-Epernay (France), pp. 181-191.
- Levi-Minzi, R.; Saviozzi, A.; Riffaldi, R. & Biasci, A. (1997) - Decomposition of a winery-sludge as affected by soil characteristics: a laboratory trial. *Agrochimica* 41(6):247-251.
- MADRP (1997) - *Código de boas práticas agrícolas*. Lisboa
- MADRP (2000) - Manual Básico de Práticas Agrícolas: Conservação do Solo e da Água Grupo de Trabalho Técnico para as Boas Práticas Agrícolas 81pp.
- Malthaner, K. (1998) - Elimination de l'azote compris dans les effluents vinicoles domestiques à l'aide des bourbes provenant des effluents vinicoles. In: Cemagref (Éd.) *Actes du 2ème Congrès International sur le Traitement des Effluents Vinicoles*. Bordeaux (France), pp. 425-430.
- Mathys, L. (1994) - Raisonnement de l'épandage. Etudes préalables. In: Cemagref (Éd.), *Actes du congrès international sur le traitement des effluents vinicoles*. Narbonne-Epernay (France), pp. 267-271.
- Metcalf & Eddy (2003) - *Wastewater engineering: treatment, disposal, reuse*. Revised by George Tchobanoglous, Franklin L. Burton and H. David Stensel. 4th ed. New York, McGraw-Hill (ed), 1819 pp.
- Muller, D. & Heil, M. (1998) - Distribution of winery wastewater on land; investigations on ecotoxicology. In: Cemagref (Éd.) *Actes du 2ème Congrès International sur le Traitement des Effluents Vinicoles*. Bordeaux (France), pp. 113-120.
- Peres, G.; Baradeau, E.; Cluzeau, D.; Brosseau, J. L. & Jourjon, F. (2004) - The impacts of spreading winery wastewaters on microorganisms and earthworms in vineyards. *Proceedings of the 3rd International Specialised Conference on Sustainable Viticulture and Winery Wastes Management*. Faculty of Biology - University of Barcelona, 24-26 May, pp. 73-80.
- Pirra, A. (2008) - *Manual de Boas Práticas Ambientais na Adega*. APHVIN-GHEVID (Grupo de estudos de história da Viticultura Duriense e do Vinho do Porto). Instituto do Vinho do Douro e Porto. , Porto, 231 pg.
- Pirra, A.; Arroja, L. & Capela, M. (2005) - Estudos de tratabilidade aeróbia de efluentes vinícolas (EVs) na Região Demarcada do Douro (RDD). Comunicação apresentada no 1º Simpósio Nacional de Eng^a Rural «Tecnologia, Ambiente e Sociedade». Instituto Superior de Agronomia, 13 e 14 de Novembro de 2003, Lisboa. Publicada na *Revista de Ciências Agrárias* 28,3/4:255-264.
- Rochard, J. (1990b) - Traitement et épuration des rejets vinicoles. *Revue des Oenologues* 58:9-16.

- Rochard, J. (1990c) - Traitement et épuration des rejets vinicoles. *70^{ème} Assemblée Générale de l'OIV. Volume II - Oenologie: Protection de l'environnement dans le secteur viti-vinicole* Éd. OIV, 17 pp.
- Rochard, J. & Viaud, M. (1994) - Contribution à la réduction de l'eau dans les caves: application au lavage des pressoirs. *In: Cemagref (Éd.) Actes du congrès international sur le traitement des effluents vinicoles*. Narbonne-Epernay (France), pp. 53-57.
- Rochard, J. & Viaud, M. (2000) - *Les filières d'épuration des effluents vinicoles*. Groupe Technique-effluents vinicoles, Institut Technique du Vin, France, 86 pp.
- Ryder, R. (1994) - Aerobic pond treatment of winery wastewater for vineyard irrigation by drip spray systems in California. *In: Cemagref (Éd.) Actes du congrès international sur le traitement des effluents vinicoles*. Narbonne-Epernay (France), pp. 67-72.
- Ryder, R. (1995) - Aerobic pond treatment of winery wastewater for vineyard irrigation by drip and spray system in California. *Revue Française d'Oenologie* 152:22-24.
- Ryder, R. A. & Chrobak, R. S. (2004) - Water Quality Consideration in the Use of Domestic Wastewater Effluents in Vineyard Irrigation. *Proceedings of the 3rd International Specialised Conference on Sustainable Viticulture and Winery Wastes Management*. Faculty of Biology - University of Barcelona, 24-26 May, pp. 307-308.
- Saviozzi, A.; Minzi, R.; Riffaldi, R. & Cardelli, R. (1994) - Suitability of a winery-sludge as soil amendment. *Bioresource Technology* 49:173-178.
- Schoor, L. (2001) - *Proposed IPW criteria for managing wastewater, solid waste, noise and air pollution*. Wynboer, 4 pp.
- Schoor, L. & Egypt, L. (2001) - Managing wastewater, solid waste, noise and air pollution at wine cellars. *Proceedings of 36th World Congress & 81st General Assembly of Office International de la Vigne et du Vin*. Austrália, 11-17 October, pp. 415-421.
- Serfontein, L. (1994) - Experience with the treatment of effluent resulting from wine distillation and juice concentration at KWV South Africa - a research note. *In: Cemagref (Éd.) Actes du congrès international sur le traitement des effluents vinicoles*. Narbonne-Epernay (France), pp. 159-164.
- Serfontein, L. (1995) - Experience with the treatment of effluent resulting from wine distillation and grape juice concentration at kwv South Africa: a research note. *Revue Française d'Oenologie* 152:44-46.
- Serrão, M. G.; Varela, A.; Domingues, H.; Barata, P.; Fernandes, M.; Castelo Branco, M. A.; Campos, A. M.; Horta, C.; Cravo, M. L. & Monteiro, O. (2007) - Aplicação de lama residual urbana em solos marginais de Mértola. II. Efeitos de curto e médio prazo na composição mineral e absorção de nutrientes*. *Pastagens e Forragens* 28:141-154.
- Serrão, M.; Boto, J.; Neves, M.; Fernandes, M.; Martins, J.; Pires, J. & Oliveira, A. (2002) - Evolução da fertilidade de um solo mediterrâneo pardo de grauvaques sob pastagem, por efeito da adubação e de uma lama de ETAR. *Revista de Ciências Agrárias* 25,3/4:382-393.
- Serrão, M.; Domingues, H.; Viana, P.; Martins, J. & Fernandes, M. (2005) - Será a presença de alguns compostos orgânicos poluentes na lama da etar de Évora, uma limitação para aplicação em solos agrícolas? *Revista de Ciências Agrárias* 28,2:380-389.
- Serrão, M.; Fernandes, M.; Martins, J.; Pires, F.; Domingues, H.; Horta, C.; Campos, A. & Dordio, A. (2004) - As lamas residuais urbanas como melhoradoras da produção de misturas pratenses semeadas em solos marginais do Alentejo. *Pastagens e Forragens* 24/25:57-68.
- Serrão, M.; Neves, M. & Fernandes, M. (2001) - Efeito residual da aplicação de lamas de ETAR na disponibilidae do fósforo num litossolo derivado de xistos e num solo litólico não húmico de granitos cultivados com pastgaens. *Revista de Ciências Agrárias* 24,3/4:193-201.
- Sorlini, C.; Andreoni, V.; Balsari, P. e Bertoluzza, A. (1998) - Trattamento e utilizzazione

- agronomica di reflui e residui di cantine di vinificazione. *Riv. Agronomia* 32:282-287.
- Viaud, M.; Berthoumieux, F. and Descôtes, A. (2004a) - Le stockage aéré collectif: Une technique en développement dans le vignoble champenois. *Proceedings of the 3rd International Specialised Conference on Sustainable Viticulture and Winery Wastes Management*. Faculty of Biology - University of Barcelona, 24-26 May, pp. 371-374.
- Viaud, M.; Berthoumieux, F.; Descôtes, A. (2004b) - Técnicas clássicas de tratamento de efluentes vinícolas. *Vinidea, Revista Internet Técnica do Vinho* 11, 5pp.
- Walsdorff, A. & Van Kraayenburg, M. (2004) - A multi-site approach towards integrating environmental management in the wine production industry. *Proceedings of the 3rd International Specialised Conference on Sustainable Viticulture and Winery Wastes Management*. Faculty of Biology - University of Barcelona, 24-26 May, pp. 57-64.