

FERTIRRIGAÇÃO COM VINHAÇA, ASPECTOS TÉCNICOS, AMBIENTAIS E NORMATIVOS.

Marcelo Castro Pereira^I & Fernanda Alquini^{II} & Wanda M. R. Günther^{III}

RESUMO

O presente trabalho traz uma revisão bibliográfica sobre a utilização de vinhaça como fertilizante, abordando as conseqüentes alterações no solo e nas águas decorrentes da prática da fertirrigação. É também apresentada e discutida a norma que define os parâmetros para aplicação de vinhaça, assim como a legislação que regula esta prática e a conservação do meio ambiente potencialmente afetado. A aplicação de vinhaça ao solo é muito praticada pela Agroindústria Sucroalcooleira, necessitando de maiores avaliações, especialmente sob condições controladas de fertirrigação, a fim de se avaliar se os impactos já identificados são devido à insustentabilidade desta prática ou a abusos e desrespeitos às normas estabelecidas.

SUMMARY

Fertirrigation with vinasse, technical, environmental and normative aspects.

The present work brings a bibliographical revision about the use of vinasse, an alcohol industry residue, as fertilizer, approaching the consequent alterations in the ground and the water by the use of this residue applied in irrigation. Also it is presented and argued the norm that defines the parameters of application of vinasse, as well as the legislation that regulates this practical and the conservation of the potentially affected environment. The application of alcohol industry residue to the ground is a usual practical by the Sugar-alcohol Chain, needing more evaluations, especially about controlled conditions of use of vinasse as fertilizer. Searching to evaluate if the already identified impacts are from the not sustainability of this practical or from abuses and disrespects to the established norms.

Palavras chave: álcool, meio ambiente, poluição.

^ITécnico Especialista do Ministério do Meio Ambiente e Doutorando em Geografia Humana – Dpto. de Geografia / FFLCH / USP. E-mail: marcelo.cp@usp.br / marcelo.pereira@mma.gov.br

^{II} Bióloga, Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional – E-mail: alquini@gmail.com

^{III} Professora de Faculdade de Saúde Pública da USP. E-mail: wgunther@usp.br

1 INTRODUÇÃO

Logo em seu descobrimento, o Brasil teve a cana-de-açúcar introduzida em suas terras, já em 1532, o primeiro engenho brasileiro foi instalado em São Vicente, litoral de São Paulo (UDOP, 2008). No início da atividade sucroalcooleira no Brasil, seu principal produto foi o açúcar, sendo o álcool um produto bem mais recente, que começou a ter importância significativa quando, além de produto para a indústria de fármacos, passou a ser utilizado como combustível (FARINA, 1998).

Atualmente a produção de álcool representa cerca de 50% da destinação da cana-de-açúcar (*Saccharum sp.*). O principal estímulo à produção do álcool foi dado pelo Programa Nacional do Álcool - PROÁLCOOL, que consagrou sua importância como combustível. Este programa foi criado pelo Governo Federal em 1975, mas somente na década de 80, após o segundo choque do petróleo (1979), ocorreu vertiginoso crescimento dos investimentos e conseqüentemente da produção do álcool.

O aumento na produção maximizou um problema que já existia: a produção da vinhaça como subproduto da destilação do álcool. Com objetivo de evitar e reduzir os impactos ambientais da vinhaça foram realizados diversos estudos sobre seu uso, inclusive na fertirrigação. Foram também criadas legislações e normas visando regulamentar sua disposição e utilização (BENKE, 1998 *Apud* LYRA *et al.* 2003).

A fertirrigação destaca-se como destino da vinhaça, que se aplicada corretamente ao solo, respeitando-se as recomendações de dosagens e técnicas, traz diversos benefícios, com certa segurança ambiental. Melhorias na fertilidade do solo, em sua estrutura, no teor de matéria orgânica e na disponibilidade de água, são exemplos de benefícios. Neste caso, o solo comporta-se como bom agente redutor dos fatores que causam poluição sobre os recursos hídricos, neutralizando o potencial poluidor da vinhaça.

Em São Paulo, a norma que define os critérios para a fertirrigação com vinhaça é a P4.231 da CETESB^{IV} que regula e orienta a aplicação deste resíduo, sendo adotada inclusive em outros estados. No entanto, em diversos locais não se adotam normas definidas para a fertirrigação, havendo ainda carência de fiscalização e do controle da aplicação de vinhaça.

^{IV} CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo

Neste contexto, o presente artigo visa trazer à discussão a questão da fertirrigação com vinhaça. No sentido de alertar para o risco de contaminação dos compartimentos ambientais solo e água subterrânea através da prática irregular desta atividade. Tendo este artigo somente o objetivo de alertar quanto as irregularidade desta prática no Centro-Oeste do país, e não o de aprofundar em análises quantitativas dos impactos causados pela prática indevida da fertirrigação.

2. OBJETIVOS

O objetivo do presente artigo é apresentar a prática da fertirrigação com vinhaça, ressaltando benefícios e danos causados por esta atividade. É apresentada e discutida a Norma P4.231, que regulamenta a atividade no Estado de São Paulo. Finalmente o artigo traz exemplos de práticas de fertirrigação com vinhaça no Centro-Oeste brasileiro, as quais se apresentam totalmente fora de padrões de segurança ambiental, resultando em impactos ambientais.

3 METODOLOGIA

O trabalho compreendeu duas etapas: levantamento bibliográfico e avaliação da fertirrigação aplicada a três estudos de casos. Na etapa de levantamento bibliográfico, buscou-se identificar o aparato legal referente à disposição de resíduos no solo e à proteção dos recursos naturais potencialmente afetados pela fertirrigação. Foram ainda levantados trabalhos que avaliaram os efeitos da fertirrigação na produtividade agrícola e seus impactos nos compartimentos ambientais solo e água.

A segunda etapa do trabalho compreendeu a avaliação da fertirrigação em três usinas da região Centro-Oeste, verificando se a atividade, nestes casos, atende a padrões mínimos de controle ambiental, estabelecidos na legislação pertinente.

4 DISPOSIÇÃO DE VINHAÇA NO SOLO

É importante que sejam apresentadas as características da vinhaça e as principais regulamentações que regem sua utilização em fertirrigação.

4.1 Características da Vinhaça

A vinhaça é o subproduto proveniente da destilação do licor de fermentação da cana-de-açúcar para obtenção do álcool, também denominado de mosto^V. Trata-se de um líquido residual gerado em grande quantidade (para cada litro de álcool são produzidos de 10 a 14 litros de vinhaça).

O constituinte principal da vinhaça é a matéria orgânica, basicamente sob a forma de ácidos orgânicos e, em menor quantidade, encontram-se cátions como o K, Ca e Mg, sendo que sua composição está ligada à origem do mosto (ROSSETTO, 1987). A composição da vinhaça pode variar de acordo com o material de origem do fermentado, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Características da vinhaça proveniente de três tipos de mosto

Composição Química da Vinhaça (kg/m ³ de vinhaça)			
Nutrientes	Tipos de Mosto		
	Melaço	Misto	Caldo
N	0,7 a 0,8	0,3 a 0,5	0,2 a 0,4
P ₂ O ₅	0,1 a 0,4	0,1 a 0,8	0,1 a 0,5
K ₂ O	3,5 a 7,6	2,1 a 3,4	1,1 a 2,0
CaO	1,8 a 2,4	0,6 a 1,5	0,1 a 0,8
MgO	0,8 a 1,4	0,3 a 0,6	0,2 a 0,4
SO ₄	1,5	1,6	2,0
Matéria Orgânica	37,3 a 56,9	19,1 a 45,1	15,3 a 34,7
pH	4,0 a 4,5	3,5 a 4,5	3,5 a 4,0

Fonte: CORTEZ, 1992.

A vinhaça apresenta alto poder poluente, cerca de 100 vezes maior que o esgoto doméstico, isso em decorrência de sua riqueza em matéria orgânica e alta demanda bioquímica de oxigênio (DBO). Apresenta outras características poluidoras como: baixo pH, elevada corrosividade e elevada temperatura na saída dos destiladores. Por estes motivos é considerada altamente nociva à fauna, flora, microfauna e microflora das águas doces (FREIRE e CORTEZ, 2000). Segundo Rossetto (1987), a vinhaça é o efluente líquido da indústria sucroalcooleira que possui maior carga poluidora, pois apresenta DBO que varia de 20.000 a 35.000 mg L⁻¹.

Para avaliar o impacto ambiental da vinhaça, Melo e Silva (2001) realizaram estudo comparativo entre esta e o esgoto doméstico e concluíram que um litro de

^V Mosto - É uma solução de açúcar, cuja concentração foi ajustada de forma a facilitar sua fermentação. Basicamente é constituído pela mistura de méis e caldo com uma concentração de sólidos de 17 a 22° Brix (COPERSUCAR, 1989).

vinhaça equivale ao esgoto doméstico não tratado gerado por 1,43 pessoas diariamente. Portanto, para se produzir dez litros de álcool, a poluição gerada é equivalente àquela produzida por aproximadamente 172 pessoas em um dia, na forma de esgoto doméstico. Daí a grande importância da fertirrigação praticada com a vinhaça, pois de resíduo industrial ela passa a ser reutilizada como fertilizante para a agricultura.

A fertirrigação representa então uma boa opção de destino para o resíduo, pois além de evitar danos ambientais com sua disposição inadequada, substitui parcialmente a utilização de fertilizantes químicos. Esta substituição além de proporcionar vantagens econômicas, é mais sustentável, pois reduz a dependência externa de insumos.

O emprego da vinhaça como fertilizante tem contribuído para a manutenção da produtividade das culturas, tanto pelo seu efeito fertilizante como pela melhoria das condições do solo. De acordo com Moreira e Goldemberg (1999) uma aplicação de 100 m³ de vinhaça aumenta em 1 t/ha a produtividade da cana. Por exemplo, a aplicação de 150 m³ de vinhaça por hectare equivale a uma adubação de 61, 40, 343, 108 e 80 kg/ha de N, P, K, Ca e S, respectivamente. Todos nutrientes indispensáveis (MMA, 1999).

A vinhaça pode ser aplicada por distribuição em sulcos e canais ou por caminhões tanque. Para que não haja o risco de salinização, é necessário considerar as diferentes características do solo, respeitando as diferentes capacidades de retenção de elementos orgânicos e inorgânicos.

4.2 Leis e Normas relacionadas à disposição de resíduos agrícolas

O Brasil não possui política nacional específica para resíduos sólidos, que inclua os resíduos agrícolas, entretanto, existe arcabouço legal, em âmbito federal e estadual, que regule a proteção dos recursos naturais. Como os que serão apresentados a seguir:

A água subterrânea é o meio que mais drasticamente pode ser afetado com a aplicação de resíduos no solo, considerando-se que a contaminação dos aquíferos pode implicar num dano de maiores proporções, ao contrário do que acontece com a poluição do meio solo que tem efeito local (Código das águas, Decreto 24.643 de 10/07/34).

O código florestal (Lei 4.771 15/09/65), dentre outras providências, fixa o limite mínimo de 20% de cobertura vegetal natural e as larguras mínimas das faixas de mata ciliar. Esta exigência de conservação vegetal, não permite que grandes plantações

sejam locadas às margens de cursos d'água e nas proximidades de nascentes, limitando assim o plantio de canaviais e, indiretamente, a aplicação da vinhaça nessas áreas.

Estritamente com relação à vinhaça, estão em vigor duas portarias do Ministério do Interior: a Portaria 323, de 29/11/78, que proíbe o lançamento direto ou indireto do vinhoto em qualquer coleção hídrica; e a Portaria 158, de 03/11/80, que dispõe sobre o lançamento de vinhoto em coleções hídricas especificamente por indústrias instaladas antes do estabelecimento da Portaria 323 e que comprovem não possuir áreas para aplicação e disposição deste resíduo.

Diversas leis como as Leis Federais 9.605, de 12/02/98 e a 7.960, de 21/12/89, dispõem sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, inclusive sobre a prisão temporária para crime de contaminação de água potável. São Paulo possui um aparato legal relativamente mais desenvolvido que outros estados sobre o assunto em pauta, a CETESB estabeleceu, em janeiro de 2005, norma específica para fertirrigação com vinhaça, intitulada P4.231 “Vinhaça - Critérios e Procedimentos para Aplicação no Solo Agrícola”. Esta norma orienta a aplicação, transporte e o armazenamento de vinhaça.

4.3 Considerações sobre a Norma de aplicação da vinhaça ao solo

A P4.231 normatiza a fertirrigação e padroniza a aplicação de vinhaça em solo agrícola, visando à minimização de danos ambientais. Por ser a orientação mais completa e detalhada sobre o assunto, ela é obrigatória em São Paulo e recomendada em outros estados. A seguir serão descritos e discutidos seus principais aspectos.

4.3.1 Aspectos gerais tratados pela Norma

A primeira exigência para a aplicação da vinhaça diz respeito à localização da área. Esta não pode pertencer à Área de Preservação Permanente – APP nem à Área de Proteção Ambiental – APA. Neste último caso, a aplicação pode ser possível se os regulamentos da APA permitirem ou com a aprovação de seu conselho gestor. Com relação às APPs, ainda se restringe a fertirrigação a distância mínima de 50 m, e exige-se proteção por terraços de segurança.

Há restrição da aplicação em área de proteção de poços e nascentes e onde a profundidade do lençol freático for inferior a 1,5 m; deve-se manter afastamento mínimo de 1.000 m de núcleos populacionais do perímetro urbano e 15 m de áreas de domínio de ferrovias e rodovias. Para áreas com declive acima de 15% são exigidas medidas de contenção de erosão e de práticas conservacionistas, além da escarificação do solo para aumentar a absorção do produto.

Com relação às chamadas áreas de sacrifício, anteriormente utilizadas para armazenar ou simplesmente para o despejo de vinhaça, estas devem ser eliminadas imediatamente, necessitando ainda de avaliações locais quanto à possível contaminação do solo e das águas subterrâneas.

Quanto aos tanques de armazenamento da vinhaça, estes deverão ser impermeabilizados com geomembrana impermeabilizante, ou qualquer outra técnica superior. Sendo que os tanques que não o são, deverão em prazo determinado realizar este procedimento. Nesses tanques ainda deverão ser instalados poços de monitoramento para verificar a ocorrência de vazamentos, conforme a NBR 13.895, ou no lugar dos poços de monitoramento deverão ser implantados drenos testemunha.

Os canais de distribuição de vinhaça, visto que também apresentam risco de infiltração no solo, deverão seguir o mesmo procedimento de impermeabilização dos tanques de armazenamento. Sendo que no final da safra, ambos deverão ser limpos e a vinhaça remanescente neutralizada. Esta última medida evita a possibilidade da criação de vetores transmissores de doenças nesses locais.

A Norma estabelece ainda a elaboração de Plano de Aplicação de Vinhaça para as empresas que farão uso da fertirrigação, o qual deve ser anualmente atualizado e ter um profissional responsável devidamente habilitado junto ao CREA^{VI}. Esta exigência garante que o plano seja desenvolvido segundo a norma e por profissional habilitado com responsabilidade técnica atribuída, aumentando assim suas chances de ser devidamente elaborado e executado.

^{VI} Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia. O profissional deve ainda emitir ART.

4.3.2 Doses a serem aplicadas

Um dos princípios básicos norteadores das dosagens de vinhaça a serem aplicadas no solo é seu nutriente encontrado em maior quantidade, o potássio (K). A concentração máxima deste nutriente não poderá exceder 5% da Capacidade de Troca Catiônica – CTC. Quando esse limite for atingido, a aplicação ficará restrita à reposição do nutriente em função da extração média pela cultura por corte, que é de 185 kg de K_2O ha⁻¹.

Para o cálculo da aplicação, em função da concentração de K, são realizadas quantificações desse nutriente na vinhaça e no solo onde será aplicado. Assim, considerando-se o seu teor na vinhaça, a capacidade do solo de retê-lo e o valor estimado da extração de potássio pela cultura, chega-se à quantidade recomendada.

4.4.3 Caracterização da vinhaça

A quantidade de vinhaça a ser aplicada e determinada através da análises dos seguintes parâmetros: pH; resíduo não filtrável total; dureza; condutividade elétrica; nitrogênio nitrato; nitrogênio nitrito; nitrogênio amoniacal; nitrogênio Kjeldhal total; sódio; cálcio; potássio; magnésio; sulfato; fosfato total; DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e DQO (Demanda Química de Oxigênio).

Esta determinação deve ser feita, no mínimo, em duas amostragens no local de geração da vinhaça durante a safra anterior, cujos resultados embasarão o plano de aplicação futuro. Para os balanços da quantidade a ser empregada em cada aplicação, deve ser realizada análise dos teores de potássio semanalmente na vinhaça, visando à aferição de suas taxas de aplicação.

4.4.4 Caracterização do solo

A caracterização do solo é fator decisivo na determinação da dosagem de vinhaça, sendo realizada a partir de uma amostra composta, constituída de quatro sub-amostras. As sub-amostras deverão ser coletadas segundo as especificações constantes

na norma da CETESB e serem encaminhadas para análise em laboratório integrado ao Sistema do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC^{VII}) de Análise de Solo.

Os parâmetros utilizados na caracterização do solo são: Al - alumínio total; Ca - cálcio ; Mg - magnésio; SO₄⁻ sulfato; Hidrogênio dissociável; K - potássio; Matéria orgânica; CTC - capacidade de troca iônica; pH - potencial Hidrogeniônico e V% - saturação de bases.

4.4.5 Equação para determinação da taxa de aplicação da vinhaça

Conhecidos todos os parâmetros procede-se ao cálculo da dosagem, mediante fórmula que determina a máxima aplicação de vinhaça, dada pela seguinte equação:

Onde:

T= Taxa de aplicação (m³ de vinhaça/ha)

0,05 = 5% da CTC

CTC = Capacidade de Troca Catiônica, expressa em cmolc /dm³ a pH 7,0, dada pela análise de fertilidade do solo realizada por laboratório de análise de solo, utilizando metodologia do Instituto Agrônomo de Campinas de Análise de Solo, devidamente assinado por responsável técnico.

ks = concentração de potássio no solo, expresso em cmolc /dm³, à profundidade de 0,80 m, dada pela análise de fertilidade do solo realizada por laboratório de análise de solo, utilizando metodologia de Análise de Solo do IAC, devidamente assinado por responsável técnico.

3744 = constante para transformar os resultados da análise de fertilidade, expressos em cmolc/dm³ ou meq/100cm³, para kg de potássio em um volume de um hectare por 0,80 m de profundidade.

185 = kg de K₂O extraído pela cultura por ha, por corte.

kvi = concentração de potássio na vinhaça, expressa em kg de K₂O/m³, apresentada em boletim de resultado analítico, assinado por responsável técnico.

4.5 Aplicação da Vinhaça

^{VII} Recomenda-se os laboratórios integrados ao sistema do IAC devido a metodologia de análises utilizadas por eles.

Embora a fertirrigação seja uma importante prática agronômica, seus impactos podem incidir sobre o solo, a água superficial e subterrânea, sobre o ar, a fauna e flora. Pode ainda acarretar efeitos à saúde da população vizinha, e incômodos devido ao odor espalhado pelo vento, que representa importante impacto de vizinhança. Para maior reflexão sobre estes aspectos, serão abordados alguns trabalhos que trataram do assunto.

4.5.1 Efeitos no Solo

A fertirrigação representa grande benefício do ponto de vista agronômico, pois proporciona aumento de produtividade agrícola. Para a agroindústria ela é positiva, pois proporciona disposição economicamente interessante para um resíduo industrial altamente poluente. Assim, torna-se ainda importante, do ponto de vista ambiental e sanitário, levantar os efeitos desta prática.

Cinco principais efeitos da aplicação da vinhaça ao solo foram descritos por Glória e Orlando Filho (1983), sendo: a) elevação do pH; aumento da disponibilidade de alguns íons; aumento da (CTC); aumento da capacidade de retenção de água; e melhoria da estrutura física do solo.

Efeito importante da vinhaça no solo é o aumento do seu pH, segundo Silva e Ribeiro (1998), o que ocorre principalmente em áreas cultivadas há mais tempo. No entanto, nos primeiros dez dias após a aplicação da vinhaça, o pH sofre redução considerável e, após este período, há uma elevação abrupta, podendo alcançar valores superiores a sete. Este fato está ligado à ação dos microrganismos (ROSSETTO, 1987).

Outro aspecto positivo da aplicação da vinhaça é a adição de matéria orgânica ao solo, importante fator condicionante da produtividade agrícola devido à influência que exerce sobre as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. Incorporada ao solo, a matéria orgânica da vinhaça é colonizada primeiramente por fungos, os quais a transformam em húmus, o que neutraliza a acidez do meio.

A mineralização do nitrogênio presente na vinhaça é a primeira transformação biológica que ocorre no solo. Sendo a relação C/N na vinhaça baixa, uma significativa mineralização das formas imobilizadas de nitrogênio no solo pode ocorrer. No entanto, Madejón *et al.* (2001) trabalhando com associação de vinhaça e outros materiais orgânicos no condicionamento do solo, observaram pequena elevação em sua salinidade, elevação no conteúdo de matéria orgânica e no teor de nitrogênio total.

Concordando com este autor, Lyra *et al.* (2003) relatam possível elevação na concentração de sais no solo e potencial risco de salinização com a aplicação de vinhaça, ao longo do tempo. Daí a importância de se considerar a taxa de absorção de potássio pela planta e sua concentração na vinhaça. Porém, a baixa condutividade elétrica (CE) observada no lençol freático, representou indicativo da reduzida lixiviação.

Reforçando a teoria da capacidade do solo em degradar a vinhaça, preservando assim as águas subterrâneas, Ridesa (1994) relatou sua eficiência na remoção da DBO. Ressaltou ainda que esta capacidade pode ser afetada pela infiltração e pela presença de cobertura vegetal, sendo que quanto maior for a cobertura vegetal maior será a capacidade biológica de remoção. Por outro lado, a eficiência da remoção da DBO tem sido constatada como elevada, mesmo em solos com alta capacidade de infiltração.

Um importante contaminante das águas, devido principalmente a práticas agrícolas, é o nitrato proveniente de fertilizantes. Com relação a este elemento, Madejón *et al.* (2001) observaram que, com a retirada da vegetação após a colheita, os teores de nitrato no solo se elevavam. Concluíram assim que a lixiviação abaixo da zona radicular pode ser desprezível quando esses compostos são aplicados em áreas vegetadas. O autor recomenda a adoção de práticas agrícolas adequadas e cuidado com as áreas de nascentes ou de regiões com nível freático superficial.

Com relação ao potássio, nutriente de maior representatividade na vinhaça, Cunha *et al.* (1981) observaram que a acumulação de K no perfil do solo não foi grande. Este elemento ficou retido na camada de 0,50 m de profundidade e sua lixiviação foi pequena, acompanhando a drenagem interna no perfil.

Não foi verificado aumento de K nem Ca em profundidade, tampouco da CTC ou nitrogênio, nos trabalhos conduzidos por Canellas *et al.* (2003). Entretanto, foi observado aumento nos teores de cobre e ferro na camada de 0,20-0,40 m de profundidade. Os autores constataram ainda, aumento na fração de ácidos fúlvicos de até 13% na camada de 0,40 m, o que poderia indicar a evolução química dos compostos orgânicos ou o transporte desta fração para camadas de solo mais profundas.

A condução de vinhaça por meio de canais também deve ser considerada quanto ao risco de contaminação ambiental. Ludovice (1997) realizou um trabalho de monitoramento de efluente de canal não revestido, no qual foram utilizados como parâmetros de avaliação: pH, condutividade elétrica, DBO e DQO, entre outras. Ele

constatou que ao longo dos anos a taxa de remoção (capacidade do solo de reter as várias substâncias presentes na vinhaça) não foi eficiente, apresentando, neste caso específico, efeito poluente sobre as águas subterrâneas.

A maioria dos estudos com relação à aplicação de vinhaça é conduzida no sentido dos efeitos sobre o solo como: alteração do pH do solo e das propriedades físico-químicas e seus efeitos na cultura da cana-de-açúcar. Porém, menor quantidade de estudos avaliou o potencial poluidor da vinhaça sobre as águas subterrâneas (LYRA *et al.*, 2003). Por existir intrínseca relação entre solo e águas subterrâneas, e os processos que envolvem estes dois meios são extremamente dinâmicos, é importante tecer algumas considerações sobre as alterações provocadas pelos fertilizantes nas águas.

4.5.2 Efeitos nas águas subterrâneas

Ao não se respeitar a capacidade do solo de absorver e neutralizar a vinhaça, aplicando-se dosagens excessivas, ou quando se permite infiltrações nas lagoas de depósito ou canais de distribuição, pode ocorrer a contaminação das águas subterrâneas. A contaminação dessas águas depende de vários fatores ligados ao solo e à aplicação do resíduo. Alguns trabalhos, citados a seguir, caracterizam esta contaminação.

A bacia hidrográfica é a unidade representativa para avaliar a qualidade dos recursos hídricos. Da vulnerabilidade da bacia hidrográfica dependerá o risco de sua contaminação, sendo este tão maior quanto menor for o tempo de trânsito do contaminante da fonte de poluição ao aquífero. Dependerá também do quanto menor for a atenuação da concentração durante o trânsito no perfil ou, ainda, quando a duração da contaminação for potencialmente maior (BROUYÈRE *et al.*, 2004).

Esses autores citam, por outro lado, que as variações no nível do lençol freático afetam a evolução da contaminação, pois durante períodos de elevação do nível freático, os contaminantes migram em profundidade no perfil do solo, da zona anteriormente insaturada. Esta zona é lavada após saturação induzindo a aumento na concentração desses elementos na água subterrânea.

Já quando o nível freático abaixa, a chamada frente de contaminação^{VIII} é desconectada da zona saturada e as concentrações desses elementos diminuem.

^{VIII} A frente de contaminação (pluma) é resultado dos mecanismos de dispersão hidrodinâmica que é composto pela dispersão mecânica, sendo função do coeficiente de dispersividade e da velocidade linear média, e pela difusão molecular efetiva, que é função da tortuosidade e da difusão molecular.

Ressalte-se que o aquífero freático é fonte significativa de abastecimento de água, sua contaminação poderia colocar em risco o fornecimento de água (OREN *et al.*, 2004). Este mesmo autor relata que a contaminação é expressa no aumento da salinidade da água e na concentração de nitrato (poluente comum em áreas agrícolas). Altos índices de pluviosidade também podem contribuir para a lixiviação de sais para o aquífero.

Segundo Meurer *et al.* (2000) alguns elementos da vinhaça destacam-se como contaminantes das águas superficiais e subterrâneas, como o fosfato e o nitrato. Esses elementos, conforme Resende *et al.* (2002), têm gerado, grande preocupação acerca dos efeitos, principalmente do nitrato, na saúde da população humana e animal. Neves *et al.* (1983) afirma que o impacto dos nitratos atinge não só a saúde humana e animal, como também o crescimento das plantas e a qualidade do ambiente (eutrofização)

Na Austrália, elevadas concentrações de nitrato em águas subterrâneas têm sido identificadas em todos os estados e territórios sob diferentes usos de solo (THORBURN *et al.*, 2003). Esses autores identificaram elevadas concentrações de nitrato na água subterrânea da costa noroeste da Austrália, além de salinidade acima do limite recomendável. No entanto, num levantamento realizado em 1.031 poços, identificou-se que a contaminação orgânica era mais significativa apenas em 8 poços, sendo que no restante a maior fonte de contaminação foram os fertilizantes minerais.

Por ser fortemente adsorvido na fase sólida, não existem valores elevados de P ocorrendo nos aquíferos freáticos. Já para o K, de acordo com Oren *et al.* (2004), sua dinâmica é determinada em parte pela troca de íons e adsorção pelas argilas, sendo a contaminação do lençol freático esporádica. Discordando desta conclusão, Cunha *et al.* (1981) concluíram haver risco de poluição de águas subterrâneas por nitrato e potássio, uma vez que detectou-se esses íons em profundidades superiores a 1,20 m.

A maioria dos solos brasileiros são altamente intemperizados, apresentando predominantemente cargas positivas, o que provoca forte atração sobre o nitrato e o fosfato, o que reduz o risco de contaminação por estes elementos. Neste sentido Costa *et al.* (1999) em estudo realizado em colunas de solo, observaram que após fertilização com nitrato de cálcio ocorreu certa defasagem entre a frente de umedecimento^{IX}. Fato atribuído a presença de cargas positivas no solo, o que favorece a adsorção de nitrato.

^{IX} O mecanismo de infiltração de água se caracteriza pelo processo de fluxo de água de um meio saturado para um não saturado. Santos (1992) reporta que o fluxo de água, em dois pontos distintos de um solo, será governado pelo potencial total (gravitacional e matricial) de natureza diferente, uma vez que o movimento da água sempre ocorrerá do ponto de maior potencial para o de menor potencial.

Gloeden *et al.* (1991) relataram, em estudos realizados no aquífero Botucatu, que apesar de doses crescentes de vinhaça a concentração de K foi mantida próxima do natural, nas profundidades de 2,9 e 4,5 m. Enquanto o teor de carbono orgânico dissolvido (DOC) indicou forte variação nas camadas mais profundas após a fertirrigação, fato associado aos componentes orgânicos da vinhaça.

Entretanto, devido ao potencial do solo de reduzir a DQO, a presença de carbono coloidal é rapidamente reduzida. Lyra *et al.* (2003) ressalta esta capacidade de redução da DQO, pois como estes valores são muito elevados na vinhaça e relativamente muito menores no aquífero freático, os autores consideram esta redução efeito do solo.

Gloeden *et al.* (1991) concluíram que o Cl, C_{orgânico} e N presentes na vinhaça são elementos passíveis de imposição de risco ambiental em solos e sedimentos permeáveis. Já Lyra *et al.* (2003) observaram que após fertirrigação os valores medidos de CE no lençol freático não indicaram variações significativas, sugerindo a eficiência do sistema solo na retenção de íons contidos na vinhaça. Os autores concluíram que, como a avaliação da qualidade da água engloba uma série de parâmetros e concentrações permitidas pela legislação, o impacto sobre a qualidade da água foi consideravelmente minimizado, mas não o suficiente para garantir o atendimento de todas as exigências.

5. DISCUSSÃO

O levantamento bibliográfico efetuado permite constatar que há tempos os efeitos da fertirrigação com vinhaça vêm sendo estudados. Percebe-se ainda uma tendência a favor da atividade que, quando realizada de maneira racional, produz aspectos positivos em maior número que os negativos. O aparato legal já estabelecido permite que sejam adotados critérios técnicos bem definidos para a atividade de disposição de vinhaça no solo, assim como assegura a preservação dos recursos naturais potencialmente afetados.

No entanto, o que se encontra em locais onde não há normas de fertirrigação claras, nem tampouco há fiscalização ou controle ambiental, é a sua prática irregular. O que compromete o solo, recursos hídricos e conseqüentemente a biodiversidade e a saúde humana. Em estudos ambientais realizados em três indústrias sucroalcooleiras da

região Centro-Oeste foram detectados diversos aspectos inadequados da atividade de fertirrigação. Embora nesta região não exista normativa formal que regule a atividade, o que foi encontrado representa irregularidade mesmo à legislação federal em vigor e às leis estaduais desses estados.

A título de ilustração, são apresentadas algumas cenas da fertirrigação nessa região, que demonstram o descaso ambiental. Na Figura 1 apresenta-se a aplicação de vinhaça em excesso, onde não foi respeitada nem mesmo a capacidade de absorção do solo. Este fato provoca além do risco de contaminação da água subterrânea, devido à elevada concentração de nutrientes que poderão percolar até o aquífero freático, a contaminação de águas superficiais pelo escoamento da vinhaça.



Figura 1 – Excesso de vinhaça na aplicação, encharcamento e escoamento superficial

O armazenamento de vinhaça em condições e locais inapropriados, assim como a prática da fertirrigação próxima à locais de elevado risco de contaminação como várzeas (APP), são outros exemplos de uso inadequado, conforme Figura 2.



Figura 2 – Armazenamento e aplicação de vinhaça em local (APP) inadequado

Nas agroindústrias avaliadas, a condução da vinhaça também apresentou inúmeros fatores de inadequação que certamente contribuem para a contaminação do solo e das águas. A Figura 3 mostra a condução da vinhaça realizada em canais não impermeabilizados, com sérios problemas de desmoronamento e risco de infiltração.



Figura 3 – Canais de condução de vinhaça apresentando desmoronamento e infiltração

6 CONCLUSÕES

A bibliografia consultada traz resultados divergentes a respeito da utilização da vinhaça em fertirrigação. Alguns trabalhos ressaltam seus efeitos negativos como salinização e potencial contaminação das águas subterrâneas. Enquanto a maioria dos autores pesquisados, reconhecem a aplicação da vinhaça como prática segura. Sendo recomendada para o condicionamento e a melhoria da fertilidade do solo. Porém, há convergência quanto a sua utilização racional, seguindo as recomendações técnicas.

O levantamento da legislação vigente demonstra que existem leis e normas que regulam a atividade, orientadas para sua utilização segura e considerando a minimização dos riscos de contaminação dos recursos naturais. No entanto, faz-se necessário o correto emprego das recomendações técnicas, como também fiscalização e controle do cumprimento da legislação, visando à proteção ambiental e da saúde humana.

Conclui-se que, do ponto de vista ambiental e sanitário, não basta a existência de uma boa política de disposição de resíduos no solo, mas que, acima de tudo, torna-se necessária a fiscalização de seu cumprimento e a conscientização das agroindústrias sobre os sérios danos que a prática irregular da fertirrigação pode trazer. E finalmente,

sugere-se que medidas sejam adotadas para a implementação, na região Centro-Oeste, de medidas normativas que regulamentem a disposição de vinhaça para as condições locais, além de uma efetiva fiscalização de seu cumprimento.

7 REFERÊNCIAS

Brouyère S; Dassargues A; Hallet V. (2004) Migration of contaminants through the unsaturated zone overlying the Hesbaye chalky aquifer in Belgium: A field investigation. *Journal of Contaminant Hydrology*, 72:135-164.

Canellas LP; Velloso ACX; Marciano CR; Ramalho JFGP; Roumjanek VM; Rezende CE; Santos GA. (2003) Propriedades químicas de um Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação de palhiço e adição de vinhaça por longo tempo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 27:935-944.

Copersucar (1992) Proálcool: fundamentos e perspectivas. 2.ed. São Paulo, 1989. 121p.

Cortez L; Magalhães P; Happ J. Principais subprodutos da agroindústria canavieira e sua valorização. *Revista Brasileira de Energia*, 02:111-146.

Costa SN; Martinez MA; Matos AT; Ramos VBN. (1999) Mobilidade do nitrato em colunas de solo sob condições de escoamento não permanente. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 3:190-194.

Cunha RCA; Costa ACS; Maset Filho B; Casarini DCP. (1981) Effects of irrigation with vinasse and dynamics of its constituents in the soil: I – physical and chemical aspects. *Water Science Technology*, 19:155-165.

Farina EMMQ, Zylbersztajn D. (coordenadores) (1998) Sistema Agroindustrial da Cana-de-açúcar. PENZA/FIA/FEA/USP. São Paulo – SP.

Freire WJ; Cortez LAB. (2000) Vinhaça de cana-de-açúcar. Guaíba, Agropecuária, 203p.

Gloeden E; Cunha RCA; Fraccaroli MJB; Cleary RW. (1991) The behaviour of vinasse constituents in the unsaturated and saturated zones in the Botucatu aquifer recharge area. *Water Science Technology*, 24:147-157.

Glória NA; Orlando Filho J. (1983) Aplicação de vinhaça como fertilizante. São Paulo: Coopersucar 38p.

Ludovice MTF. (1997) Estudo do efeito poluente da vinhaça infiltrada em canal condutor de terra sobre o lençol freático. Dissertação Mestrado. Campinas: UNICAMP. 117p.

Lyra MRCC; Rolim MM; Silva JAA. (2003) Topossequência de solos fertirrigados com vinhaça: contribuição para a qualidade das águas do lençol freático. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 7:525-532.

Madejón E; Lopez R; Murillo JM; Cabrera F. (2001) Agricultural use of three vinasse composts: effect on crops and chemical properties of a Cambisol in the Guadalquivir river valley. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 84:55-65.

Melo AS de A; Silva MP. (2001) Estimando o valor da externalidade positiva do uso da vinhaça na produção de cana-de-açúcar: estudo de caso. In: IV Encontro ECO-Gestão Ambiental: Estados; Empresas e ONGs. Anais, Sociedade Brasileira de Economia Ecológica. Belém – PA.

Meurer EJ; Bissani CA; Selbach PA. (2000) Poluentes do solo e do ambiente. In: Meurer, E. J. (Eds) Fundamentos de química do solo. Porto Alegre – RS. Genesis. 1:151-168.

Ministério do Meio Ambiente, Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (1999). Projeto PNUD - Bra/94/016, Contrato no. 139/98; Área Temática: Agricultura Sustentável; SP.

Moreira JR; Goldemberg J. (1999) The Alcohol program. *Energy Policy*. 27:229-245.

Neves MCP; Lima IT; Dobereiner J. (1983) Efeito da vinhaça sobre a microflora do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 7:131-136.

Oren O; Yechieli Y; Boehlke JK; Dody A. (2004) Contamination of groundwater under cultivated fields in an arid environment. Central Arava Valley, Israel. *Journal of Hydrology*. 209:312-328.

Resende M; Curi N; Rezende SB; Corrêa GF. (2002) Pedologia: base para distinção de ambientes. 4.ed. Viçosa: NEPUT. 338p.

RIDESA, Rede Interinstitucional para o Desenvolvimento Sucro-Alcooleiro. (1994) Aspectos ambientais da aplicação de vinhaça no solo. São Paulo: UFSCar. 67p.

Rossetto AJ. (1987) Utilização agrônômica dos subprodutos e resíduos da indústria açucareira e alcooleira. In: Paranhos, S.B. (ed.). Cana-de-açúcar: cultivo e utilização. Campinas: Fundação Cargill. 2:435-504.

Silva AJN; Ribeiro MR. (1998) Caracterização de um Latossolo Amarelo sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar no Estado de Alagoas: propriedades químicas. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 22:291-299.

Thorburn PJ; Biggs JS; Weier KL; Keating BA. (2003) Nitrate in groundwater of intensive agricultural areas in coastal Northeastern Australia. Agriculture, Ecosystems and Environment. 94:49-58.

UDOP- União dos Produtores de Bioenergia (2008) Linha do tempo. Disponível em: <<http://www.udop.com.br/geral.php?item=noticia&cod=75181>> Acesso: abril de 2008.