



ICTR 2004 – CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM RESÍDUOS E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Costão do Santinho – Florianópolis – Santa Catarina

**OS ESTUDOS DOS IMPACTOS DA VINHAÇA NO SOLO E NA ÁGUA SUBTERRÂNEA,
ÊNFASE NA EDR - RIBEIRÃO PRETO - UMA ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL DO
CONHECIMENTO E PERSPECTIVAS**

Sueli Yoshinaga Pereira
Tamás Szmrecsanyi
Alceu De Arruda Veiga Filho
Marli Dias Mascarenhas Oliveira
Mara Akie Iritani
Paulo Ricardo Brum Pereira
Mirian Ramos Gutjahr

PRÓXIMA

Realização:



ICTR – Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável
NISAM - USP – Núcleo de Informações em Saúde Ambiental da USP



OS ESTUDOS DOS IMPACTOS DA VINHAÇA NO SOLO E NA ÁGUA SUBTERRÂNEA, ÊNFASE NA EDR - RIBEIRÃO PRETO – UMA ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL DO CONHECIMENTO E PERSPECTIVAS.

Sueli Yoshinaga Pereira¹, Tamás Szmrecsanyi¹, Alceu De Arruda Veiga Filho², Marli Dias Mascarenhas Oliveira², Mara Akie Iritani³, Paulo Ricardo Brum Pereira⁴, Mirian Ramos Gutjahr³

RESUMO

O artigo apresenta a situação atual do conhecimento dos impactos da aplicação da vinhaça no solo e na água subterrânea e uma preocupação de sua destinação com aumento da produção futura de álcool, na região rural de Ribeirão Preto, onde há um aquífero de grande importância para o abastecimento humano – Guarani, de alta fragilidade e risco potencial à contaminação. A participação do estado de São Paulo na produção nacional chega a 62% do total de cana de açúcar, 76% da produção de açúcar e 71% do álcool. Isso significa uma estimativa de cerca de 130 bilhões de litros de vinhaça geradas por ano, cuja grande parte é disposta por fertirrigação. A pequena diferença entre as taxas de participação das áreas e da produção de cana de quinze municípios desta EDR, e do uso do vinhoto como fertilizante, indica que sua disposição não esteja sendo adequada, na região como um todo e também que os problemas decorrentes do excesso de vinhoto tendem a ocorrer com maior frequência e intensidade nas áreas mais próximas das destilarias, em decorrência do escoamento e da estocagem do efluente, e vinculadas às práticas de fertirrigação nos canais das vizinhanças. O grau de impacto da aplicação da vinhaça no solo e na água subterrânea dependem: (1) as condições fisiográficas da área, (2) a composição química da vinhaça; (3) o volume e periodicidade de aplicação; (4) a disposição in natura, biodigerida ou diluída; (5) o modo de disposição. Notadamente são contaminadores as disposições em áreas de sacrifício, em canais de transporte de vinhaça e lagoas de acumulação e tanques de rejeitos sem impermeabilização.

Palavras – chave: vinhaça, água subterrânea, solo, EDR - Ribeirão Preto.

INTRODUÇÃO

O artigo apresenta uma análise da região rural de Ribeirão Preto, destacando a importância desta região do setor sucroalcooleiro e da existência de um aquífero de grande importância para o abastecimento humano – Guarani, de alta fragilidade e risco

¹ Profs. Drs. Instituto de Geociências/ Unicamp.

² Pesquisadores Científicos - Instituto de Economia Agrícola/ APTA

³ Pesquisadoras Científicas – Instituto Geológico/ SMASP

⁴ Pesquisador Científico – Instituto Florestal/SMASP

potencial à contaminação. Ainda, avalia a situação da disposição da vinhaça, por suas diversas formas, haja vista a monocultura de cana de açúcar na região.

A Região Rural de Ribeirão Preto situa-se no Aquífero Guarani, de alta vulnerabilidade à contaminação do solo e da água subterrânea, com uma história agrária onde, de uma situação de policultura e pequenas propriedades rurais se transformou em monocultura de cana de açúcar, em latifúndios, com o advento do Pró-Álcool.

Há uma escassez de informações e estudos das atividades agrícolas e agro-industriais e sua incidência no meio ambiente, em especial nos recursos hídricos. O uso e ocupação do solo e as implicações sócio-econômicas estão intimamente relacionados com a deterioração ambiental da região, e conseqüente queda da disponibilidade dos recursos hídricos.

Atualmente, a grande discussão nos fóruns de decisão sobre a implantação de novas indústrias na região é a questão dos impactos ambientais que esta indústria possa causar, o quanto de água irá consumir e os benefícios em relação à qualidade de vida possa trazer à população local. Para isso, as informações existentes sobre as atividades agrícolas e agroindustriais têm se mostrado muito imprecisas.

A região rural de Ribeirão Preto apresenta um sistema de abastecimento público voltado principalmente à captação da água subterrânea e abrange áreas de grande ocorrência do Aquífero Guarani e de seu aquífero, a Formação Serra Geral, alta atividade agrícola com grande uso de agroquímicos, e grande produção de álcool (e, por conseguinte, seu efluente principal, a vinhaça)

CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO

Localização. A área de estudo compreende parte da EDR- RIBEIRÃO PRETO que por sua vez está localizada na Bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçu (UGRHI 9) e na Bacia Hidrográfica do rio Pardo (UGRHI 4). A região abrange os seguintes municípios: (Bacia do Mogi-Guaçu) Pontal, Sertãozinho, Dumont, Barrinha, Jaboticabal, Pradópolis, Cravinhos, Guatapar, Luis Antnio; (Bacia do Rio Pardo) Jardinópolis, Brodowski, Ribeirão Preto, Serrana, Serra Azul, Santa Cruz da Esperança e São Simão.

A região situa-se entre as coordenadas 2075` e 2175` latitude S e 485` e 475` longitude W, e apresenta uma superfície total de 5.1245 km², equivalente a 1,78 % do Estado de São Paulo. As principais vias e acesso são as Rodovias SP 330 e SP 310. A Figura 1 apresenta a Região de Estudo e os municípios envolvidos.

Meio Físico. A rea encontra-se na Depressão Periférica Paulista, que  o resultado da erosão dos terrenos situados entre a cuestas basálticas do Planalto Ocidental e as rochas do embasamento cristalino, onde afloram rochas paleozóicas e mesozóicas pr-basálticas. Na superfície basáltica deste planalto encontram-se sobrepostos rochas do Cretáceo Superior e depósitos do Quaternário (IPT 1981). Os Sedimentos correlatos  Formoo Itaqueri, de idade Crettica e as rochas do Grupo Bauru, especificamente a Formoo Adamantina (Ka), ocorrem na região. As rochas principais que afloram são pertencentes ao Grupo São Bento, onde são distinguidas as formaoes Pirambóia, Botucatu e Serra Geral, de idade entre Jurássico e Crettico Inferior pr-Aptiano.

O Grupo São Bento apresenta a Formoo Serra Geral (JKsg) – rochas vulcânicas toleíticas em derrames basálticos; Formoo Botucatu (JKb) – arenitos eolicos avermelhados de granulao fina a média com estratificaoes cruzadas de médio a grande porte; depósitos fluviais restritos de natureza areno-conglomerática e camadas

QUADRO 1 – Síntese do conhecimento na área de estudo

| Geologia* | Geomorfologia** | Clima*** | Solos**** | Hidrologia***** | Hidrogeologia***** |
|--|--|---|---|---|--|
| <p>Bacia Sedimentar do Paraná</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Coberturas sedimentares cenozóicas – depósitos areníticos e conglomeráticos ❖ Grupo São Bento (Jurássico a Cretácico Inferior) -Fm. Serra Geral – derrames basálticos -Fm. Botucatu – arenitos eólicos finos a médios - Fm Pirambóia – depósitos fluviais de planície de inundação | <p>Compartimentação Depressão Periférica</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Cuestas Basálticas – Relevo Colinoso, Colinas Médias e Relevos de Morros, Morros Amplos, Relevo de Morros e Morros Arredondados ❖ Planalto Ocidental – Colinas Amplas e Médias | <p>Tipo Climático Zonal Controlado por Massas de Ar Equatoriais a Tropicais</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Clima Tropical Alternadamente Seco e Úmido -Temperaturas Médias mensais –de 23,9°C a 18,4°C - Pluviosidade média entre 1.100mm a 1.400mm - Insolação – entre 1311 e 2139 - Umidade relativa – 68 a 71% - Nebulosidade – 4,8 a 5,4 (oitavas de cobertura do céu) - Ventos predominantes – Sudeste, Sul, Leste e Nordeste | <ul style="list-style-type: none"> ❖ Latossolos Vermelhos e Latossolos Vermelho-Amarelo – alta porosidade total, elevada friabilidade, textura média ❖ Neossolos Quartzarênicos – solo areno-quartzoso, com baixa capacidade de retenção, textura grosseira, alta porosidade e elevada permeabilidade ❖ Gleissolos Háplicos – associados à planície aluvionar do rio Pardo | <p>Bacia Hidrográfica do rio Pardo e do Mogi Guaçu</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Disponibilidade Hídrica – 194 m³/s (vazão média), mínima de 28m³/s (Q_{7,10}) e vazão de referência – 126 m³/s ❖ Demandas (1990): - Uso Urbano – 2,7 m³/s - Irrigação – 5,9 m³/s - Industrial - 25 m³/s ❖ Qualidade das águas - comprometimento devido às cargas urbanas e industriais - IQA (Índice de Qualidade da Água) próximos à região de estudo – Aceitável a Boa | <p>Sistema Aquífero Guarani</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Fm. Botucatu e Pirambóia ❖ Aflorante, mergulho em sentido oeste, e confinado pelos derrames basálticos à oeste ❖ Aquífero sedimentar, homogêneo e contínuo ❖ Capacidade específica entre <1 a 5 m3/h/m; Condutividade Hidráulica média de 10-3 m3/s ❖ Composição química – bicarbonatadas cálcicas e cálcio-magnesianas ❖ Vulnerabilidade de Alta a média <p>Sistema Aquífero Serra Geral</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Porosidade fissural, capacidade específica entre 0,01 e 10 m3/h/m ❖ Águas bicarbonatadas cálcicas <p>Cadastrados 38 fontes de contaminação, 21 ligadas à cana de açúcar e 2 ao processamento de peles animais</p> |
| <p>Referências Bibliográficas: * IPT 1981 ** IPT 1981 ***Monteiro 1973; Camargo e Ghizzi 1991; Normais Climatológicas 1992; ****Oliveira 1999 *****DAEE 1990; www.cetesb.sp.gov.br *****DAEE 1982; Silva 1983; Mendonça e Gutierre 1998; Rebouças 1978; Campos 1993; Lopes 1984; IG/IPT/DAEE, no prelo; IG/ CETSB/ DAEE 1997</p> | | | | | |

Características Sócio-Econômicas e Agrícolas Atuais. A área de atuação do EDR de Ribeirão Preto, que inclui 19 municípios, cujas populações, em 1999, somavam 837.363 habitantes (2,35% do total do Estado). Praticamente todos residiam em áreas urbanas (96,26% do total), e apenas dois municípios – Ribeirão Preto e Sertãozinho - concentravam mais de dois terços (67,58%) desse total.

Em termos agrícolas, os 15 municípios estudados possuem quase a metade (47,61%) de área total cultivada, constituída por canaviais, e apenas dois municípios (Santa Cruz da Esperança e São Simão) não tinham na cana-de-açúcar a sua principal cultura. Nestes dois municípios, suas taxas de participação no total montavam a 25,15% e 10,11% respectivamente. Em todos os demais, as taxas variavam entre um mínimo de 36,27% em Brodósqui e um máximo de 89,66% em Barrinha. A superfície dos canaviais destes quinze municípios representava pouco mais de um décimo (10,32%) do total estadual (2.744.551 ha). No que se refere produção de cana, a participação dos mesmos foi quase idêntica: 10,42% de um total estadual de 192.436,170 toneladas. Bem maior foi a participação das quinze destilarias aí localizadas na produção estadual de álcool (e de vinhoto), que montou a 26,70% do total estadual (de 9.072.463 mil litros) na safra 1998/99. Esta produção acha-se espacialmente concentrada em sete dos quinze municípios considerados, sendo que três deles (Pontal, Serrana e Sertãozinho) contavam com mais de uma unidade cada, agrupando entre si nada menos que quinze das dezesseis usinas/destilarias de álcool da região.

A população total dos quinze municípios somava 769.274 habitantes em 1999, número que em dez anos cresceu 21%, pois a população total desses municípios era de 638.056 habitantes em 1989. A população urbana na região cresceu 24% em dez anos. Dentre os quinze municípios selecionados, o município de Luís Antônio destaca-se com acréscimo de 119% na população urbana, seguido do município de Pontal, com 47%, e os municípios restantes contando com variações entre 20% e 38%. Em contrapartida, nesse mesmo período, a população rural na região diminuiu 44%. O município de Ribeirão Preto apresentou em população rural 1999, 88% menor que a de 1989. O município de Luís Antônio possuía população rural, em 1999, 66% menor em relação a de 1989, enquanto que os municípios restantes apresentaram valores entre 10% e 40% menores.

Com relação às taxas de crescimento anual da população no período medido pela Fundação Seade, entre 1991 e 1996, dos quinze municípios apenas cinco apresentaram taxas de crescimento maiores em 1996. Para os outros municípios as taxas de crescimento apresentaram diminuição entre 0,66% e 1,77%.

No período analisado houve grande dinamismo da população na região; a evolução da densidade demográfica passou de 126,67 habitantes por km², em 1989, para 149,52 habitantes por km² em 1999. O maior movimento observado foi o aumento da população urbana em todos os municípios analisados e acentuada queda da população rural, sem, no entanto haver aumento na mesma proporção da população total, o que indica saída da população rural para zonas urbanas e/ ou outros municípios e migração de população de outros municípios para áreas urbanas da região em estudo.

A CANA DE AÇÚCAR NA REGIÃO

A região composta pelos quinze municípios selecionados ocupava em 1999, 266.475 ha, correspondente a 12,82% do total do estado (2.078.195 ha), em que a participação da área de cana-de-açúcar plantada na região em relação a do estado de São Paulo

passou para 10,32%, uma vez que houve aumento de 24,28% na área total do estado passando de 2.078.195 ha para 2.744.551 ha.

Nesse período o município de Brodósqui apresentou maior crescimento da área com a cultura com acréscimo de 175%. Os municípios de Luís Antônio e São Simão apresentaram os maiores acréscimos na área com cana de 85% e 90% respectivamente, enquanto que Ribeirão Preto, que possui a maior área com a cultura (32.200 ha), apresentou em dez anos decréscimo de 45% na área com a cultura. No que se refere à produção de cana-de-açúcar, no estado de São Paulo, esta cresceu 47% no período de 1989 a 1999 (passou de 130.795.248 t para 192.436.170 t). Os quinze municípios da região em estudo responderam por 13,12% da produção do estado, em 1989. Com o acréscimo na produção total em 1999, esta participação recuou para 10,42%, embora em termos absolutos tenha crescido de 17,15 milhões de toneladas para 20,06 milhões de toneladas.

Entre esses municípios, Sertãozinho apresentou a maior produção em 1999, 2.480.000 toneladas, seguido de Luís Antônio (2.380.000), Jardinópolis (2.240.000) e Ribeirão Preto (2.254.000).

Em termos de unidades industriais existentes desde 1989 constata-se que não houve acréscimo, totalizando as mesmas quinze unidades em 1999. Sua distribuição é de seis unidades localizadas em Sertãozinho, três em Pontal, duas em Serrana, e uma em cada um dos seguintes municípios: Ribeirão Preto, Jardinópolis, Luis Antonio e Pradópolis.

FONTES DE CONTAMINAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

De acordo com o mapeamento da vulnerabilidade dos aquíferos do Estado de São Paulo (IG/CETESB/DAEE 1997), a região de Ribeirão Preto, por situar-se em área de recarga do Aquífero Guarani, é considerada uma área crítica em termos de risco potencial de contaminação da água subterrânea. Este fato se deve à alta vulnerabilidade deste aquífero associada ao tipo de uso do solo na região.

A Tabela 1 mostra a classificação da vulnerabilidade nesta região, que varia entre Médio-baixo a Alto-alto, sendo mais vulnerável em porções com nível d'água raso.

Nesta região de Ribeirão Preto, os índices de vulnerabilidade Alta predominam nas porções próximas às drenagens onde há a tendência de menor profundidade do nível da água subterrânea.

Tabela 1 – Índices de vulnerabilidade do Aquífero Guarani segundo IG/CETESB/DAEE (1997)

| Sistema Aquífero | Formação | Tipo de aquífero e Substrato litológico da zona não saturada | Profundidade do nível d'água (m) | Índice de vulnerabilidade |
|------------------|----------|--|----------------------------------|---------------------------|
| Guarani | Botucatu | Livre – arenoso (0,80) | < 10 – 0,80 | Alto-alto (0,64) |
| | | | 10 a 20 – 0,70 | Alto-baixo (0,56) |
| | | | 20 a 50 – 0,60 | Médio-alto (0,48) |
| | | | > 50 – 0,50 | Médio-baixo (0,40) |

| | | | | |
|--|-----------|------------------------------|--|---|
| | Pirambóia | Livre - areno-siltoso (0,68) | < 10 - 0,80 10 a 20 - 0,70 20 a 50 - 0,60 > 50 - 0,50 | Alto-baixo (0,54) Médio-alto (0,47) Médio-alto (0,41) Médio-baixo (0,34) |
|--|-----------|------------------------------|--|---|

Dentre as fontes potenciais de contaminação, há um predomínio de atividades ligadas à agroindústria. A Tabela 2 abaixo mostra as atividades cadastradas em IG/CETESB/DAEE (1997), onde se destacam atividades ligadas à cana de açúcar, principal cultura na região. Secundariamente, dentre as atividades agroindustriais, observa-se o curtume, pela geração e disposição de efluentes e resíduos sólidos.

Dentre as 38 fontes potenciais pontuais de contaminação identificadas em IG/CETESB/DAEE (1997), 21 estão ligadas à cultura de cana de açúcar e 2 ao processamento de peles animais, como mostra a Tabela 2 abaixo.

Este levantamento de IG/CETESB/DAEE (1997) engloba um cadastro de atividades até o ano de 1990, sendo que atualmente este número de atividades que possuem algum potencial de contaminação do solo e da água subterrânea pode ter aumentado significativamente, sendo necessário um levantamento mais atualizado da situação.

Tabela 2 – Atividades potencialmente contaminantes baseado no estudo de IG/CETESB/DAEE (1997)

| MUNICÍPIO | FONTE | ATIVIDADE | CLASSIF. |
|----------------|-----------------------------------|------------------------------|----------|
| Brodosqui | Curtume S. A. Pinto | Curtume | Moderado |
| Jardinópolis | Jardest – Destilaria Jardinópolis | Álcool | Reduzido |
| Jardinópolis | Curtidora Santa Mônica | Curtume | Reduzido |
| Jardinópolis | Quintino Facci & Cia.Ltda. | Aguardente | Moderado |
| Luís Antonio | Destilaria Moreno Ltda. | Álcool | Reduzido |
| Pontal | Usina Ac. Bela Vista S. A. | Açúcar e álcool | Elevado |
| Pontal | Usina Nossa Senhora Aparecida | Açúcar e álcool | Elevado |
| Pontal | Destilaria Bazan S. A. | Álcool | Elevado |
| Pradópolis | Usina São Martinho S. A. | Açúcar e álcool | Elevado |
| Ribeirão Preto | Usina Santa Lídia S. A. | Açúcar e álcool | Reduzido |
| Ribeirão Preto | Destilaria Galo Bravo - Exccbalbo | Álcool | Moderado |
| Ribeirão Preto | Galvotec – Acab. Met. | Galvanoplastia | Elevado |
| Ribeirão Preto | Ind. Com. Pap. E Papelão R. P | Papel e papelão | Moderado |
| Ribeirão Preto | 3M do Brasil Ltda. | Química | Moderado |
| Ribeirão Preto | I. Inset. E Óleos Agroeste | Química | Elevado |
| Ribeirão Preto | Ciane – Cia. Nac. Estamp. | Têxtil | Moderado |
| Ribeirão Preto | Gnatus Equip. Med. Odont. | Galvanoplastia | Moderado |
| Ribeirão Preto | Esso Bras. De petróleo | Armazenamento de combustível | Reduzido |
| Ribeirão Preto | Anodimax | Anodização | Reduzido |
| Ribeirão Preto | Brandy Motor do Brasil | Mecânica | Moderado |
| Ribeirão Preto | Dabi-Atlante S. A. | Galvanoplastia | Elevado |
| São Simão | Usina Santa Irene I. C. Ltda. | Aguardente | Reduzido |

| | | | |
|-------------|------------------------------|------------------|----------|
| Serrana | Irmãos Biagi S. A. | Açúcar e álcool | Reduzido |
| Serrana | Usina Martinópolis S. A. | Açúcar e álcool | Reduzido |
| Serrana | Serra Papel e Celulose | Papel e celulose | Moderado |
| Sertãozinho | Atílio Balbo S. A. | Açúcar e álcool | Reduzido |
| Sertãozinho | Cia. De Açúcar São Geraldo | Açúcar e álcool | Reduzido |
| Sertãozinho | Usina Açúcar São Francisco | Açúcar e álcool | Moderado |
| Sertãozinho | Usina Santa Elisa S. A. | Açúcar e álcool | Elevado |
| Sertãozinho | Usina Albertina S. A. | Açúcar e álcool | Reduzido |
| Sertãozinho | Irmãos Toniello Ltda. | Álcool | Reduzido |
| Sertãozinho | Pignata Ind. Com. Aguardente | Aguardente | Reduzido |
| Sertãozinho | Destilaria Central Ltda. | Aguardente | Moderado |
| Sertãozinho | Olympto L. da Silva & Cia. | Aguardente | Reduzido |
| Sertãozinho | Galassi – Fund. Ind. Ltda. | Fundição | Reduzido |
| Sertãozinho | Mecânica Indl. Moreno | Fundição | Reduzido |
| Sertãozinho | Nuvi – Ind. Equip. Agrícola | Fundição | Reduzido |
| Sertãozinho | Zanini S/A Equip. Pesados | Mecânica | Moderado |

IMPACTOS AMBIENTAIS DA VINHAÇA NO SOLO E NA ÁGUA SUBTERRÂNEA

A vinhaça é um subproduto da fabricação do álcool, procedente da fermentação do mel final. Almeida (1952) define-a como um resíduo composto de 93% de água, 7% de sólidos, sendo que destes 74,85% são matéria orgânica e 25,15%, são correspondentes à fração mineral.

A composição varia de acordo com o mosto (líquido passível de sofrer fermentação), que se transforma em vinho após o processo de fermentação. Esse vinho após o processo de destilação produzirá o álcool e seu resíduo será a vinhaça.

Em síntese, a vinhaça produzida apresenta: pH ácido, com elevada temperatura, alto teor de sais (24000 a 80000 mg/l), grande teor em matéria orgânica (4000 a 64000 mg/l), presença de ácido sulfúrico livre, concentrações elevadas de potássio, cálcio, magnésio, sulfato e nitrogênio, além de altos índices de DBO e DQO. A vinhaça apresenta-se como líquido de cor parda clara, que escurece à medida que se oxida. A vinhaça apresenta ainda mau cheiro decorrente da formação de gases por decomposição anaeróbia, e causa presença de vetores.

A vinhaça, por suas características composicionais, rica em sais minerais (potássio, cálcio e magnésio, nitrogênio) e matéria orgânica vem sendo utilizado como fertilizante, sendo em sua maior parte disposta por aspersão em culturas de cana, principalmente.

Os estudos sobre os impactos ambientais da disposição da vinhaça no solo e na água subterrânea apresentam as seguintes conclusões: (1) é grande o potencial poluente da vinhaça em corpos de água, pois possui ação redutora extremamente alta, exigindo grandes teores de oxigênio para decompor a matéria orgânica existente neste efluente, e assim desequilibrando o ecossistema aquático (Ludovice 1997); (2) a aplicação da vinhaça provoca um aumento na salinidade do solo, devido a presença do potássio, aumentando a condutividade elétrica do meio em função da aplicação em doses crescentes da vinhaça (Ranzani 1956, Rezende 1979 e Rossiello et al 1981, apud Ludovice 1997); (3) a disposição de vinhaça e secagem posterior ao sol polui a água superficial, o ar e as águas subterrâneas (Valsechi 1955 apud Ludovice 1997); (4) a

aplicação da vinhaça em altas dosagens compromete a qualidade da cana para a produção de açúcar, poluição das águas subterrâneas e salinização do solo (Centúron et al 1981 apud Ludovice 1997); (5) segundo Resende (1984 apud Ludovice 1997), o modo de disposição do efluente em áreas de sacrifício ou lagoas de acumulação (sem revestimento) são pontos de poluição, e da irrigação em volumes excessivos de vinhaça, que podem causar dispersão do sistema coloidal, que alteram as propriedades físicas do solo e salinizando o solo, tornando-o infértil e também da possibilidade de contaminação do freático. (6) Hassuda (1989) aponta a contaminação das águas subterrâneas pela disposição da vinhaça em áreas de sacrifício, em estudo no Aquífero Bauru, encontrando valores de nitrogênio amoniacal, magnésio, alumínio, ferro, manganês e cloreto acima dos padrões vigentes; e detecta a pluma do contaminante, que se descarregava no córrego poluindo as águas superficiais; afirma ainda a salinização na zona não saturada. (7) Cunha et al. (1987) apresentam resultados de experimentos que resultaram em baixo potencial de risco de elementos, devido a alta absorção de nutrientes que minimizam a lixiviação desses elementos; (8) Gloeden et al. (1991) estudaram a mobilidade dos elementos químicos que compõem a vinhaça na zona não saturada e saturada no Aquífero Guarani, objetivando determinar a taxa ideal para irrigação da vinhaça preservando a qualidade da água subterrânea. Os autores concluíram, após aplicarem taxas de 150 e 300 m³/ hectare que há risco dessa qualidade pelos elementos cloreto, carbono orgânico, amônia e nitrogênio orgânico. Alertam também de possíveis transformações de alguns elementos nas zonas saturada e não saturada, como o nitrogênio que embora predominantemente orgânico na vinhaça, pode atingir níveis tóxicos por meio do processo de nitrificação. Recomendam monitoramento dos elementos enxofre, cálcio, sódio e outros. (9) Cruz et al. (1991 apud Ludovice 1997) estudou os efeitos da aplicação da vinhaça em cultura de cana de açúcar, que recebia uma taxa anual de 300 m³/ ha por aspersão, em áreas com 0, 5, 10 e 15 anos de experimentação. Os autores concluem que há manutenção da fertilidade do solo, porém constatam uma elevação de nitrato nas águas subterrâneas. (10) Sabadia (1994) na região de Dobrada, São Paulo, (Aquífero Bauru) definiu área impactada por disposição de vinhaça e águas de lavagem de cana em lagoas de acumulação e células/ tanques de decantação, com altos teores de manganês, ferro e alumínio nas águas subterrâneas, e secundariamente o ferro total e fosfato. (11) Simambuco et al. (1996 apud Ludovice 1997) avaliam os elementos traços nas águas do solo e de percolação em solos que receberam vinhaça em São João da Boa Vista, São Paulo e constata que o ferro se mobiliza até 1,5 m de profundidade podendo atingir o freático. (12) Ramalho e Amaral Sobrinho (2001) estudaram os teores de cádmio, Cobre, Cromo, Cobalto, Manganês, Níquel, Chumbo e Zinco em solo gley pouco húmico, uma antiga lagoa de vinhaça e dois cambissolos em Campos dos Goytacazes (RJ). Concluem que a vinhaça aumentou a concentração de zinco. (13) Ludovice (1997) apresenta os resultados de seu estudo sobre os impactos da vinhaça no solo e na água subterrânea por canal condutor de terra. A autora conclui que há infiltração da vinhaça pelos canais condutores e chegam à água subterrânea alterando os valores de pH, condutividade elétrica, DBO, Nitrogênio amoniacal, nitrato, nitrito e Kjeldahl.

DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

A história recente da região rural de Ribeirão Preto apresenta uma situação ambiental que deve ser discutida, melhor avaliada e administrada. É uma região essencialmente

canavieira, com usinas de grande produção de açúcar e álcool. Isso significa também uma grande geração do efluente vinhaça, que é disposta principalmente pela fertirrigação de efluente, nos cultivos de cana próximos à Usina. Ainda a região possui alta dependência de água subterrânea para abastecimento público e abriga um aquífero de excelência e de alta vulnerabilidade à contaminação. Na região avaliada, estimou-se a produção de cerca de 31.490.519 mil litros de vinhaça em 1998/1999. Grande parte do impacto gerado pela vinhaça está no uso abusivo do efluente e na desobediência às algumas instruções de manejo, que além de impactar o ecossistema, diminui a própria produtividade da cana de açúcar.

A forma de disposição da vinhaça no solo somada às características fisiográficas da área, é fator que interfere diretamente na graduação e na geração ou não de impactos em algum ecossistema. O grau de impacto da vinhaça no solo e na água subterrânea é função da forma de disposição do efluente e da vulnerabilidade do aquífero àquele contaminante. Essa forma de disposição está relacionada a facilidade de acesso do contaminante à água subterrânea e ao volume da carga contaminante (que afeta as propriedades e o ambiente do solo também). As condições climáticas e hidrogeológicas da área definirão também os processos decorrentes deste impacto. De acordo com a literatura científica, a forma de disposição que comprovadamente causam contaminação são as áreas de sacrifício, os canais condutores de vinhaça, lagoas de acumulação e resfriamento da vinhaça e células/ tanques de decantação sem impermeabilização.

Na disposição do efluente por fertirrigação há controvérsias sobre seu impacto no solo e na água subterrânea. No entanto, Glória (1976 apud Longo 1984) e Glória & Orlando filho (1984 apud Longo 1994) alertam sobre as dosagens de aplicação da vinhaça que podem gerar problemas, caso não forem observados a variação da composição do efluente, do clima (principalmente na região nordeste) que podem provocar salinização dos solos, do tipo de solo e da planta. Acrescentam-se aqui as características hidrogeológicas da área aplicada. Glória (1976 apud Longo 1984) e Glória & Orlando filho (1984 apud Longo 1994) sugerem uma aplicação de vinhaça de mosto de melaço em quantidade máxima de 50 m³/há/ano para evitar problemas de salinização.

A crescente produção de álcool com a utilização do mesmo como aditivo e combustível, foi a razão de levantar a questão da geração e disposição atual da vinhaça, e de se alertar que a forma fertirrigação não deve ser a única solução para destinação deste efluente, pelos impactos que pode provocar, principalmente em áreas onde a água subterrânea é um recurso hídrico de importância. Ressaltou-se neste trabalho o Aquífero Guarani, mas em São Paulo, o Aquífero Bauru, de caráter livre, também se encontra em mesma situação de alerta, face o uso e ocupação do solo na porção oeste do estado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- AGUIAR, M.A.. **Incorporação da vinhaça ao solo: efeitos sobre as características de resistência do material obtido.** Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Agrícola – Unicamp. 1992. 74pp.
- ALMEIDA, J.R. O problema da vinhaça em São Paulo. Instituto Zimotécnico da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP. **Boletim 3.** 1952. 24pp.
- BELIK, V.; RAMOS, P.; VIAN, C. Mudanças institucionais e seus impactos nas estratégias dos capitais do complexo agroindustrial canavieiro no centro-sul do Brasil.

In: *Anais do 36º Congresso Anual da Sociedade de Economia e Sociologia Rural*, v.2, p.510-531, 1998.

CAMPOS, H. C. N. S. 1993. *Caracterização e cartografia das províncias hidrogeoquímicas do Estado de São Paulo*. (Tese de doutorado). Instituto de Geociências/USP, São Paulo, 177 p.

CASARINI, D.C.P.; CUNHA, R.C.A. & MASEI FILHO, B. Effects of irrigation with vinasse and the dynamics of its constituents in the soil: II – microbiological aspects. **Wat. Sci. Tech.** vol 19, nº 8. 1987. p. 167-176.

COELHO, R.M. **Influência da vinhaça, da fertilização mineral e do cultivo em características químicas da matéria orgânica e da fração mineral de um Latossolo Vermelho-Escuro**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Viçosa. 1991. 84pp.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MOGI GUAÇU. 1999. Relatório Zero. www.recursohidricos.sp.gov.br.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **A produção mais limpa (P+L) no Setor Sucroalcooleiro – Informações Gerais**. 2003. <http://www.cetesb.sp.org.br>.

CORAZZA, R.I. **Reflexões sobre o papel das políticas ambientais e de ciência e tecnologia na modelagem de opções produtivas “mais limpas” numa perspectiva evolucionista: um estudo sobre o problema da disposição da vinhaça**. <http://nepam.unicamp.br/ecoeco/artigos/encontros/download/mesa3/6.pdf>.

CUNHA, R.C.A., COSTA, A.C.S., MASET FILHO, B., CASARINI, D.C.P. Effects of irrigation with vinasse and the dynamics of its constituents in the soil: I – physical and chemical aspects. **Wat.Sci.Tech.** vol.10, nº8, 1987, p. 155-165.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO (DAEE). 1982. *Estudo de águas subterrâneas. Região Administrativa 4. Sorocaba*. DAEE, São Paulo, 2 v.

GLOEDEN, E. *Monitoramento da qualidade da água das zonas não saturada e saturada em área de fertirrigação com vinhaça*. São Paulo: IG/USP; 1994. 151p. Dissertação de Mestrado.

GLOEDEN, E.; CUNHA, R.C.A.; FRACCAROLLI, M.J.B. & CLEARY, R.W. The behaviour of vinasse constituents in the unsaturated and saturated zones in the Botucatu Aquifer recharge área. **Wat. Sci. Tech.** vol. 24, nº 11, 1991. pp. 147-157.

HASSUDA, S. *Impactos da infiltração da vinhaça de cana no Aquífero Bauru*. São Paulo: IG/USP; 1989. 92p. Dissertação de Mestrado.

HASSUDA, S. **Impactos da infiltração da vinhaça de cana no aquífero Bauru**. Dissertação de Mestrado. IGC-USP. 1989. 92pp.

IBGE-INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Web site: www.ibge.gov.br, 2000*.

IG - INSTITUTO GEOLÓGICO; CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL; DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. *Mapeamento da vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas no Estado de São Paulo*. São Paulo, IG/CETESB/DAEE, apoio PROCOP, 1997. 1v. (texto), 1 v. (mapas).

LONGO, R. M. **Efeito da vinhaça in natura e biodigerida em propriedades de um solo cultivado com cana de açúcar**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia Agrícola – Unicamp. 1994. 98pp.

LOPES, M. F. C. 1984. Água subterrânea no Estado de São Paulo. Síntese das condições de ocorrência. 3º Cong. Brás. Águas Subterrâneas, *Anais...*, Fortaleza, ABAS, v. 2, p. 305-317.

LUDOVICE, M.T.F. **Estudo do efeito poluente da vinhaça infiltrada em canal condutor de terra sobre o lençol freático**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia Civil – Unicamp. 1997. 117pp.

MIRANDA-STALDER, S.H.G. & BURNIQUIST, H.L. A importância dos subprodutos da cana-de-açúcar no desempenho do setor industrial. Brasília: *Revista de Economia e Sociologia Rural*, V.34, nº 3 e 4, 1996, p.103-119.

RAMALHO, J.F.G.P. & AMARAL SOBRINHO, N.M.B.A. Metais pesados em solos cultivados com cana de açúcar pelo uso de resíduos agroindustriais. **Floresta e Ambiente**. V.8, nº SABADIA, J.A.B. **Impactos da estocagem de vinhaça e das águas de lavagem da cana de açúcar nos domínios do Aquífero Bauru - Dobrada, São Paulo**. Dissertação de Mestrado. IGC-USP. 1994. 123pp.

SILVA, R. B. G. 1983. *Estudo hidroquímico e isotópico das águas subterrâneas do Aquífero Botucatu no Estado de São Paulo*. (Dissertação de Mestrado). Instituto de Geociências/USP, São Paulo, 133 p. (9 pranchas).

SZMRECSÁNYI, T. Efeitos e desafios das novas tecnologias na agroindústria canavieira. Campinas, SP: UNICAMP/IG/DPCT, 1993. 35p. (*Textos para Discussão, n. 13*).

SZMRECSÁNYI, T. *O planejamento da agroindústria canavieira do Brasil (1930-1975)*. São Paulo: HUCITEC/UNICAMP, 1979. 540p.

VEIGA FILHO, A. de A. Mecanização da Colheita da Cana-de-Açúcar no Estado de São Paulo: uma fronteira de modernização tecnológica da lavoura. Campinas: UNICAMP; 1988. 127p. Dissertação de Mestrado.

ABSTRACT

This paper aims to present the knowledge of environmental impacts studies in soil and groundwater by vinasse application, and its disposal in a scenario of growing production of alcohol in the rural region of Ribeirão Preto, Sao Paulo State. Guarani Aquifer, the largest and intercontinental groundwater reservoir, is located in the study region and it is characterized by high vulnerability and potential risk to the contamination. Sao Paulo state has a participation of 62% sugar cane national production, 76% sugar and 71% alcohol production. It means an annual generation of 130 billions liters of vinasse, which main disposal is fertirrigation. The small difference between cultivated areas and sugar cane production in fifteen cities, and the use of vinasse as a fertilizer, can indicate problems to dispose this effluent. Fertirrigation has been disposed in plantations near the alcohol distilleries. Impacts levels by vinasse disposal in soil and groundwater are related to physiographic conditions, vinasse chemical composition, volume applied and periodicity, *in natura*, biodigested or diluted, and types of disposal. The following groundwater contaminants sources are sacrifice areas, vinasse transport channels for fertirrigation, and accumulation ponds without impermeable layers.

Key – words: vinasse, groundwater, soil, EDR – Ribeirão Preto.