



VI-114 - AVALIAÇÃO DA POTENCIAL CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS POR AGROTÓXICOS EM ÁREAS DE PRODUÇÃO DE UVA PARA EXPORTAÇÃO NO VALE DO SÃO FRANCISCO

Graciene de Souza Silva ⁽¹⁾

Engenheira Agrônoma pela Universidade do Estado da Bahia (UNEB). Técnica em Laboratório no IF Sertão. Mestranda em Tecnologia Ambiental pelo Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP), Recife-PE.

Edén Cavalcanti de Albuquerque Júnior

Engenheiro Químico pela Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP), Dr. em Engenharia Química pela UNICAMP, atualmente é professor e coordenador do mestrado em tecnologia ambiental do ITEP, Recife-PE.

Almir Costa Amorim Junior

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Estadual da Bahia (UNEB). Professor de Ensino Básico, Técnico e Tecnológico do IF Sertão. Mestrando em Tecnologia Ambiental pelo Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP), Recife-PE.

José Marcos Ezequiel

Graduando em Agronomia pelo IF SERTÃO, Petrolina-PE.

Paula Tereza de Souza e Silva

Bacharel em Química pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Dra. em Química pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), atualmente é pesquisadora da Embrapa na área de química ambiental, Petrolina-PE.

Endereço ⁽¹⁾: Avenida Prof. Luiz Freire, 700 – Bairro: Cidade Universitária - Recife - PE - CEP: 50740-540 - Brasil - Tel.: (81) 3183-4226 - e-mail: gracy_n10@hotmail.com

RESUMO

O sistema produtivo de uva irrigado do Vale do São Francisco é caracterizado pela ampla utilização de agroquímicos. Por meio da lixiviação e do escoamento superficial da água, os agrotóxicos podem ser transportados, prejudicando a qualidade das águas subterrâneas e superficiais. As propriedades físico-químicas dos agroquímicos bem como as características dos solos são determinantes para essa movimentação. Portanto, o conhecimento destes atributos, bem como adequação do manejo dos solos a estas propriedades, pode ajudar a minimizar o impacto ambiental. Em vista disso e para avaliar a qualidade dos corpos hídricos da região, foi realizado um estudo do potencial de contaminação dos agrotóxicos aplicados no cultivo de uva para exportação no Vale do São Francisco, empregando-se para estas análises os índices de GUS e GOSS. Como resultado, obteve-se uma lista discriminando quais apresentam maior risco de contaminação para os recursos naturais. No geral, constatou-se que os agrotóxicos utilizados oferecem baixo potencial de contaminação das águas subterrâneas e médio a alto potencial de contaminação das águas superficiais.

PALAVRAS-CHAVE: Agrotóxico, Gus, Goss, contaminação, Videira.

INTRODUÇÃO

A alta produtividade da videira no Vale do São Francisco vem inserindo a região em destaque como polo da fruticultura irrigada. Entretanto, o uso de fertilizantes e agrotóxicos usados para garantir essa produtividade, dependendo da quantidade, do tipo e da forma como são utilizados, podem contribuir com a contaminação das águas superficiais e subterrâneas.

Dentre as frutíferas cultivadas no Submédio do Vale do São Francisco, a uva se destaca como cultura de maior exploração, tendo sua produção destinada ao mercado interno e externo. Esta fruta juntamente com a manga, confere à região o reconhecimento de polo produtor de frutíferas.

Por se tratar de uma monocultura, cultivada em grandes extensões, a videira necessita do uso constante de agrotóxicos e fertilizantes. O uso destes produtos é fundamental no controle fitossanitário de pragas e doenças, bem como no controle nutricional, os quais põem em riscos a produtividade. Assim, este é um dos fatores que



elevam o consumo de insumos, colaborando para o destaque do Brasil, como um dos maiores consumidores de agrotóxicos do mundo (ANVISA, 2012).

De acordo com Spadotto (2004), agrotóxicos são moléculas sintéticas usadas para interferir nas reações bioquímicas de insetos, microrganismos, animais e plantas que se deseja controlar ou eliminar. São classificados quanto o modo de ação em: pesticidas, inseticidas, acaricidas, fungicidas, herbicida, quanto ao grupo químico em: orgânicos (carbamatos, nitrogenados, clorados, fosforados e clorofosforados), inorgânicos (à base de arsênio, tálio, bário, nitrogênio, fósforo, cádmio, ferro, selênio, chumbo, cobre, mercúrio e zinco) e Botânicos (à base de nicotina, piretrina, sabadina, rotenona). Ainda podem ser classificados segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), quanto a sua toxicologia e toxicidade ambiental. Com relação à toxicologia, os compostos são classificados em quatro classes: classe I (rótulo vermelho) compostos considerados altamente tóxicos para seres humanos; classe II (rótulo amarelo), moderadamente tóxicos; classe III (rótulo azul), pouco tóxicos; e classe IV (rótulo verde), os compostos considerados praticamente sem toxicidade para seres humanos. Quanto à toxicidade ao meio ambiente, podem ser classificados em: altamente perigoso ao meio ambiente (Classe ambiental I); muito perigoso ao meio ambiente (Classe ambiental II); perigoso ao meio ambiente (Classe ambiental III); pouco perigoso ao meio ambiente (Classe ambiental IV). Os métodos usualmente empregados para avaliação do risco potencial de contaminação das águas subterrâneas e superficiais consideram as propriedades dos compostos, as condições climáticas, as características topográficas e as práticas de manejo. Os métodos mais conhecido são índices GUS e Goss que ponderam somente as propriedades do agrotóxico.

O Índice GUS (*Groundwater Ubiquity Score*), estabelecido por Gustafson (1989), é um dos métodos de predição mais utilizados atualmente (LAVORENTI et al., 2003). Ele avalia o potencial de determinado composto ser lixiviado, atingindo águas subterrâneas, por meio das propriedades do próprio princípio ativo. Enquanto, o índice de Goss (1992) avalia a movimentação dos agrotóxicos sobre o solo e a sua capacidade de atingir águas superficiais.

As propriedades físico-químicas dos agrotóxicos são fatores relevantes para sua interação no meio, e indicam a tendência do agrotóxico a ser carregado na água, no solo e ar (SILVA, 2004), facilitando a compreensão das rotas de destino e do transporte de cada composto. As principais propriedades físico-químicas relacionadas ao comportamento ambiental dos agrotóxicos são: coeficiente de partição ou sorção (K_d ou K_{oc}), solubilidade em água (S_w), pressão de vapor (PV), coeficiente de partição n-octanol-água (K_{ow}), constantes de ionização ácido ou base (pK_a/pK_b), constante da lei de Henry (K_H) e meia vida do agrotóxico no solo (DT_{50}).

Os produtos formados da degradação dos agrotóxicos podem acumular-se no solo, interferindo na sua biota ou ser carregados para rios contaminando as águas superficiais (ANJUM et al., 2011). O comportamento dos agrotóxicos no solo é variável e resultante das características distintas de cada composto, tais como massa molecular e suas propriedades físico-químicas (CABRERA, 2008) além das características físico-químicas do solo e condições climáticas. Estes atributos são determinantes para sua interação no solo, por meio de processos de retenção (sorção, absorção e adsorção), de transformação (degradação química e biológica) e de transporte (deriva, volatilização, lixiviação e carregamento superficial), e por interações entre esses processos (ARIAS et al., 2005; ARIAS-ESTÉVEZ et al., 2008.).

Portanto este trabalho se propõe, avaliar o risco da contaminação das águas superficiais e subterrâneas por agrotóxicos aplicados no cultivo de uva para exportação no Vale do São Francisco, empregando os índices de GUS e GOSS.

MATERIAIS E MÉTODOS

Esse estudo foi realizado em áreas que produzem uva para exportação (fazendo uso de certificação) na região do Vale do São Francisco, Petrolina-PE. As áreas de estudo concentraram-se no Projeto de Irrigação Senador Nilo Coelho (latitude $9^{\circ}19'43.559''$ S e longitude $40^{\circ}43'16.768''$ O). Por meio de um questionário foram identificados os agrotóxicos mais utilizados na produção de uva, para em seguida realizar o diagnóstico do risco de contaminação dos recursos hídricos.

Para análise de risco utilizou-se o índice de Gus (Ground Water Ubiquity Score) e o método de Goss (1992). Esses métodos permitem avaliar a capacidade provável do risco de contaminação das águas superficiais e subterrâneas.

Para determinação do potencial de lixiviação dos agrotóxicos no solo, empregou-se o Índice de GUS. O índice baseia-se em duas propriedades dos agrotóxicos: tempo de meia-vida do solo (DT_{50}) e coeficiente de partição entre o carbono orgânico do solo e a água (K_{oc}). Essas informações foram obtidas de bases de dados de agrotóxicos na literatura (*Global availability of information on agrochemicals*).

O índice de Gus avalia o potencial de determinado composto ser lixiviado atingindo águas subterrâneas e seu valor serve para identificar pesticidas que devem ser priorizados no monitoramento ambiental e é calculado pela equação (1).

$$GUS = \log(DT_{50} \text{ solo}) \times (4 - \log(K_{oc})) \quad (1)$$

A faixa de classificação desse índice é de acordo com sua tendência à lixiviação: $GUS < 1,8$ - não sofre lixiviação; $1,8 < GUS < 2,8$ - faixa de transição e $GUS > 2,8$ - provável lixiviação.

O potencial de contaminação das águas de superfície por agrotóxicos pode ser estimado através do índice de Goss (1992). Esse considera as características dos princípios ativos, como a meia-vida do composto no solo (DT_{50} no solo), sua solubilidade em água a 25 °C e a constante de adsorção à matéria orgânica do solo (K_{oc}).

O índice de Goss avalia se um agrotóxico apresenta potencial de transporte até as águas superficiais e indica quais compostos apresentam risco de contaminar os recursos hídricos de acordo com os quadros 1 e 2. Esse critério classifica o risco de contaminação das águas superficiais em: Alto Potencial e Baixo Potencial.

Quadro 1. Potencial em função do transporte de agrotóxicos dissolvidos em água no escoamento superficial, segundo metodologia proposta por Goss

| Alto | Baixo |
|--------------------------------|---|
| DT_{50} no solo > 35 dias | $K_{oc} \geq 100.000$ |
| $K_{oc} < 100.000$ | $K_{oc} \geq 100.000$ e $DT_{50} \leq 1$ |
| $S_w \geq 1 \text{ mg L}^{-1}$ | $S_w < 0,5 \text{ mg L}^{-1}$ e $DT_{50} \leq 35$ |

S_w - Solubilidade em água; DT_{50} - Tempo de meia vida do agrotóxico no solo; K_{oc} - constante de adsorção à matéria orgânica do solo.

Quadro 2. Potencial em função do transporte de agrotóxicos associado ao sedimento no escoamento superficial, segundo metodologia proposta por Goss

| Alto | Baixo |
|---|--|
| DT_{50} no solo > 40 dias; $K_{oc} \geq 1000$ | DT_{50} no solo ≤ 1 dia |
| | DT_{50} no solo ≤ 2 dia $K_{oc} \leq 500$ |
| DT_{50} no solo ≥ 40 dias; $K_{oc} \geq 500$ $S_w \geq 0,5 \text{ mg L}^{-1}$ | DT_{50} no solo ≤ 4 dias; $K_{oc} \leq 900$ $S_w \geq 0,5 \text{ mg L}^{-1}$ |
| | DT_{50} no solo ≤ 40 dias; $K_{oc} \leq 500$, $S_w \geq 0,5 \text{ mg L}^{-1}$ |
| | DT_{50} no solo ≤ 40 dias; $K_{oc} \leq 900$, $S_w \geq 2 \text{ mg L}^{-1}$ |

RESULTADOS

LEVANTAMENTO DOS AGROTÓXICOS UTILIZADOS NAS ÁREAS CULTIVADAS COM UVA

O questionário aplicado junto aos produtores de uva permitiu a análise do risco potencial de contaminação que os agrotóxicos utilizados pelos produtores oferecem às águas superficiais e subterrâneas.

São utilizados diversos produtos para o controle das pragas e doenças no ciclo de produção da videira. O levantamento dos agrotóxicos usados nas áreas produtoras de uva resultou em uma lista de 54 princípios ativos de diferentes classes: (inseticidas, acaricida, bactericida, fungicidas, herbicidas e reguladores vegetais), destacando-se Abamectina, Acetamiprido, Captana, Carbosulfano, Cianamida, Cresoxim-Metílico, Deltrametrina, Ditianon, Etefom, Famoxadone, Fenamidona, Folpete, Formetanate hcl, Fosetil Al, Glufosinate Ammonium, Glifosato, Hexitiazox, Imibenconazol, Indoxacarbe, Lambda-Cialotrina, Mancozebe dentre outros.

Destes compostos, 14 são classificados como altamente tóxicos, 10 são mediamente tóxicos, 22 são pouco tóxicos e 09 não são tóxicos aos seres humanos. Já com relação à toxicidade ambiental, apenas 02 compostos são altamente perigosos ao meio ambiente, 34 são muito perigoso, 15 são perigosos e 04 são pouco perigosos. Isso demonstra que a maioria dos compostos são tóxicos ao meio ambiente ou ao homem.

Dentre os 54 agrotóxicos utilizados pelos produtores, 25 não apresentam características de persistência no solo, 13 compostos são moderadamente persistentes, 05 persistentes e 04 muito persistentes como mostra o Quadro 3. Destes compostos, não foi possível determinar a persistência de 09, por falta de informações nas bases de dados pesquisadas.

Quadro 3. Classificação dos agrotóxicos, utilizados pelos produtores de uva, quanto à persistência no solo.

| Compostos | Classificação quanto à persistência |
|--|-------------------------------------|
| Abamectina, Acetamiprido, Captana, Carbosulfano, Cianamida, Cresoxim-Metílico, Deltrametrina, Ditianon, Etefom, Famoxadone, Fenamidona, Folpete, Formetanatehcl, Fosetil Al, Glufosinate Ammonium, Glifosate, Hexitiazox, Imibenconazol, Indoxacarbe, Lambda-Cialotrina, Mancozebe, Metil, Piriproxifem, Pirimetanil, Tiofanato-metilico, Zoxamida | Não persistentes |
| Benalaxil, Bifentrina, Clorotalonil, Difenconazol, Dimetomorfe, Diuron, Iprodiona, Miclobutanil, Metalaxil-M, Piraclostrobin, Tiameoxam, Tebuconazole, Triclorfom | Moderadamente persistentes |
| Azoxistrobina, Boscalida, Ciproconazol, Imidacloprido, Metconazol. | Persistentes |
| Hidróxido de Cobre, Paraquate, Sulfato de Cobre, Tetraconazol. | Muito persistentes |

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE LIXIVIAÇÃO DE AGROTÓXICOS PARA ÁGUAS SUBTERRÂNEAS POR MEIO DO ÍNDICE DE GUS

Para os agrotóxicos empregados na cultura da videira, observa-se baixo a moderado potencial de contaminação das águas subterrâneas por meio da lixiviação dos agrotóxicos. Dos compostos utilizados pelos produtores, 7,40% apresentam potencial de lixiviação, 20,37% são moderadamente lixiviáveis (faixa de transição) e 58,93% dos compostos apresentam potencial nulo de lixiviação, como pode ser visto no Quadro 4.

A lixiviação ocorre pela percolação da água no solo e por meio das fraturas dos solos e rochas, podendo contaminar a água subterrânea com agrotóxicos (FILIZOLA et al., 2002), as substâncias químicas são carregadas juntamente com a água, podendo alcançar o lençol freático.

Segundo o critério de Gus, os ingredientes ativos classificados como potencialmente contaminantes das águas subterrâneas foram: Abamectina, Ciproconazol, Miclobutanil, Imidaclopride (Quadro 3). Estes compostos oferecem grandes riscos ao meio ambiente por apresentarem características que facilitam sua lixiviação e acesso aos lençóis freáticos e principalmente por serem perigoso ao meio ambiente.

Entretanto com relação ao homem, eles oferecem pouca toxidez, ressaltando o Miclobutanil que é considerado altamente tóxicos.

Segundo Cohen et al., (1995), compostos classificados na faixa de transição ou de potencial contaminante de acordo com o índice GUS requerem estudos adicionais usando métodos mais detalhados. No entanto, compostos classificados como não contaminantes potencialmente podem, seguramente, ser considerados como não contaminantes de águas subterrâneas.

Portanto, a maioria dos compostos estudados não apresenta risco potencial de contaminação das águas subterrâneas por não serem lixiviáveis, devido as suas características que devem favorecer sua retenção no solo. Entretanto, de acordo com Arias-Estévez et al, (2008), a longo tempo essas moléculas de agrotóxico no solo sem sofrer degradação, constitui em potencial risco ao ambiente e à saúde humana.

Quadro 4. Potencial de lixiviação dos agrotóxicos para água subterrânea determinada pelo método de GUS (Groundwater Ubiquity Score).

| COMPOSTO | Potencial de lixiviação para água subterrânea (GUS) | COMPOSTO | Potencial de lixiviação para água subterrânea (GUS) | COMPOSTO | Potencial de lixiviação para água subterrânea (GUS) |
|-------------------|---|----------------------|---|--------------------|---|
| Abamectina | PL | Diuron | Faixa de transição | Metil | - |
| Acetamiprido | NL | Etefom | NL | Metalaxil | Faixa de transição |
| Ácido Giberélico | - | Famoxadone | NL | Miclobutanil | PL |
| Azoistrobina | Faixa de transição | Fenamidona | NL | Oxido de cobre | - |
| Benalaxil | NL | Fenarimol | NL | Paraquate | NL |
| Bifentrina | NL | Folpete | NL | Piraclostrobina | NL |
| Boscalida | Faixa de transição | Formetanate | NL | Pirimetamil | Faixa de transição |
| Captana | NL | Fosetil al | - | Piriproxifem | NL |
| Carbosulfano | NL | Glifosato | NL | Propinebe | - |
| Carbendazim | - | Glufosinate ammonium | NL | Sulfato de cobre | - |
| Cialotrina | NL | Hexitiazox | NL | Tebuconazole | Faixa de transição |
| Cianamida | NL | Hidróxido de cobre | NL | Tetraconazol | NL |
| Cimoxanil | NL | Imibenconazol | NL | Tiamexotam | NL |
| Ciproconazol | PL | Imidaclopride | PL | Tiofanato-Metilico | - |
| Clorotalonil | NL | Indoxacarbe | NL | Triclorfom | - |
| Cresoxim-metilico | Faixa de transição | Iprodione | Faixa de transição | Trifumizole | NL |
| Deltametrina | NL | Lambda-cialotrina | NL | Zoxamide | NL |
| Difeconazol | NL | Mancozebe | NL | | |
| Dimetomorfe | Faixa de transição | Metomil | Faixa de transição | | |
| Ditianon | NL | Metconazol | Faixa de transição | | |

(NL) Não sofre lixiviação; (PL) Provável lixiviação; (-) Princípios não se enquadram em nenhum dos potenciais;

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONTAMINAÇÃO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS POR MEIO DO ÍNDICE DE GOSS

Constatou-se que dos 54 compostos estudados, 61,11% representam risco potencial de contaminação das águas superficiais por escoamento, associado à sedimento ou dissolvido em água, segundo os critérios Goss, (Quadro 5).

Entretanto, esse movimento dos agrotóxicos na superfície do solo depende também de fatores associados às condições naturais do solo e seu manejo. A adoção pelo produtor de práticas de incorporação de matéria orgânica e adubação verde, por exemplo, podem reduzir o escoamento superficial dos agrotóxicos associados a sedimentos e dissolvidos em água (CORREIA, 2007; OLIVEIRA, 2011).

O escoamento superficial pode ocorrer pela erosão laminar (“*runoff*”) com conseqüente escoamento superficial e também pelo extravasamento da água de irrigação, quando excedida a capacidade de saturação de água do solo. Desta forma, o agrotóxico pode ser adsorvido à partícula do solo erodido ou em solução, contaminando as águas superficiais.

Confrontando os princípios ativos em relação aos dois meios de transporte (dissolvido em água e associado ao sedimento), é possível identificar o Benalaxil e o Sulfato de cobre são os agrotóxicos que apresentam maiores chances de serem transportados. Conseqüentemente, estes compostos terão mais probabilidade de contaminar águas superficiais, por estarem susceptíveis aos dois meios de transportes e tendo em vista que as características dos solos estudados favorecem esta condição, por serem de textura arenosa (Boeira e Souza, 2004).

Quadro 5. Classificação dos agrotóxicos utilizados pelos produtores de uva do Vale do São Francisco quanto ao potencial de transporte associado à sedimento e dissolvido em água.

| COMPOSTOS | Potencial de transporte em água | |
|--|---------------------------------|--------------------|
| | Associado a sedimento | Dissolvido em água |
| Benalaxil/ Sufato de cobre | Alto | Alto |
| Ácido Giberélico/ Bifentrina /Boscalida/ Cialotrina/ Ciproconazol/ Carbendazim/ Cresoxim-metilico/ Difeconazol/ Dimetomorfe/ Fosetil/Imidaclopride/ Metconazol/ Oxido cúprico/ Paraquate/ Propinebe/ Tebuconazole/ Tetraconazol. | Alto | Baixo |
| Acetamiprido / Captana/ Cianamida/ Famoxadone/ Glufosinate-ammonium/ Tiamexotam/ | Baixo | Alto |
| Etefom/ Hidroxido de cobre/ Trifumizole | Alto | ND |
| Folpete | Baixo | ND |
| Azoxistrobina/ Diuron/ Glifosate/ Imibenconazol/ Iprodione /Mancozebe/Piraclostrobina | ND | Alto |
| Abamectina/ Carbosulfano/ Cimoxanil/ Deltametrina ² / Fenamidona/ Formetanate/ Fenarimol/ Hexitiazox/ Indoxacarbe/ Lambda-cialotrina/ Miclobutanil/Metil/ Metalaxil/ Pirimetanil/ Piriproximifem/ Tiofanato-Metilico | ND | Baixo |
| Clorotalonil/ Ditianon/ Metomil/ Triclorfom/ Zoxamide | ND | ND |

ND - não determinado

CONCLUSÕES

Os agrotóxicos utilizados nas áreas de cultivo de videira oferecem baixo potencial de contaminação das águas subterrâneas e médio a alto potencial de contaminação das águas superficiais.

O índice de GUS indicou compostos com potencial risco de transporte para contaminação de água subterrânea, sendo identificado como de potencial contaminação (PL) os princípios ativos: Abamectina, Ciproconazol, Miclobutanil, Imidaclopride.

Em relação ao potencial risco de contaminação de águas superficiais, por transporte de princípio ativo dissolvido em água ou sedimento, 22 dos compostos apresentaram alto risco de contaminação de águas superficiais pelo transporte associado ao sedimento e 15 dos compostos apresentam alto potencial de transporte dissolvido em água.

Os compostos difeconazol, formentante, paraquate e piriproxifem, não apresentam potencial de lixiviação nem de escoamento superficial, no entanto oferecem altos riscos ambientais e a saúde do homem, por apresentarem elevada toxicidade ao homem e estarem classificados como toxicologicamente muito perigoso ao meio ambiente.

Seria interessante a substituição daqueles compostos que apresentam alta toxicidade ao homem e ao meio ambiente, como: difeconazol, formetanato, miclobutanil, metalaxil, paraquate, piriproxifem, tebuconazole e tiofanato metílico, por compostos menos tóxicos, mesmo que estes não apresentem potencial de lixiviar e escoar. Deste modo, evita-se a degradação das águas e dos demais recursos ambientais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGENCIA NACIONAL DE VIGILANCIA SANITARIA – ANVISA. Agência (Publicação –2012). Disponível em: <<http://s.anvisa.gov.br/wps/s/r/7PA>>. Acesso em 07 de agosto de 2012.
2. ANJUM. R. et al. Molecular characterization of conjugative plasmids in pesticide tolerant and multi-resistant bacterial isolates from contaminated alluvial soil. **Chemosphere**. Available at Science Direct. 2011.
3. ARIAS-ESTEVEZ, M. The mobility and degradation of pesticides in soils and the pollution of groundwater resources. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. 123, 247–260. 2008.
4. BOEIRA, R. C.; SOUZA, M. D. **Sorção de Diuran em solos com diferentes texturas. Jaguariúna-SP**: Embrapa Meio Ambiente. (Embrapa Meio Ambiente. Circular Técnico, 9.), 2004.
5. CABRERA. L.; COSTA, F. P. e PRIMEL.; E. G. Estimativa de risco de contaminação das águas por agrotóxicos na região sul do estado do RS. **Quim. Nova**, Vol. 31, No. 8, 1982-1986, 2008.
6. COHEN, S. Z.; WAUCHOPE, R. D.; KLEIN, A. W.; EADSFORTH, C. V.; GRANEY, R.; **Pure Appl. Chem**. 1995.
7. CORREIA, F. V.; et. al. Adsorção de atrazina em solo tropical sob plantio direto e convencional. **Pesticidas: r. ecotoxicol. e meio ambiente, Curitiba**, v. 17, p. 37-46 jan./dez. 2007.
8. FILIZOLA, H. et al. Monitoramento e avaliação do risco de contaminação por agrotóxicos em água superficial e subterrânea na região de Guaíba. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n. 5, p. 659-667. 2002.
9. GOSS, D.W. Screening Procedure for Soils and Pesticides for Potential Water Quality Impacts. **Weed Technology**, v.6, p.701-708, 1992.
10. GUSTAFSON, D.I. **Groundwater ubiquity score**: a simple method for assessing pesticide leachability. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 8, pp. 339-357. 1989.
11. LAVORENTI A.; PRATA F.; REGITANO, J. B. Comportamento de pesticidas em solos: fundamentos. In: CURTI, N. et al. **Tópicos ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.3, p. 335-400, 2003.
12. OLIVEIRA, E. S. DE. **Indicadores geoambientais de qualidade das águas na bacia do Córrego Sujo, médio vale do Rio Paraíba do Sul**. Tese (Doutorado em Saúde Pública e Meio Ambiente) – Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2007.
13. SILVA, C. M. M. S.; FAY, E. F.; **Agrotóxicos Aspectos Gerais**: Agrotóxicos e Ambiente, Embrapa: Brasília, 2004.
14. SPADOTTO, C. A., et. al.,. **Monitoramento do risco ambiental de agrotóxicos**: princípios e recomendações -- Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. -- (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 42). 2004.