

Avaliação da Viabilidade do Uso de Resíduos na Agricultura

Introdução

Conceitualmente, é fundamental que se considere a disposição e não o descarte dos resíduos. Descarte é definido como ato ou efeito de se livrar de alguma coisa que não tem mais serventia ou não se deseja mais ou, ainda, descarte é qualquer coisa que se encontra à parte, por ter sido rejeitada ou posta de lado. Por outro lado, disposição é definida como colocação metódica, arranjo, posição ocupada por vários elementos, forma de emprego, uso. Assim, o descarte é realizado de maneira aleatória, sem maiores cuidados, sendo que o maior interesse é se livrar do resíduo. Já no caso da disposição, a ação é realizada de maneira ordenada e o objetivo é utilizar o resíduo e não apenas eliminá-lo.

Dentro das opções de disposição, a reutilização de resíduos é, sem dúvida, a opção mais interessante sob o ponto de vista econômico, ambiental, e, muitas vezes, social. A reciclagem de resíduos representa um benefício inquestionável: a minimização do problema ambiental que representa seu descarte inadequado.

Entretanto, no Brasil, a principal destinação de resíduos ainda são os aterros, que na maioria das vezes não atendem aos padrões ambientais de qualidade. Mesmo os aterros sanitários controlados, ambientalmente corretos, podem não representar a melhor solução. A longevidade desses aterros, sejam urbanos e/ou industriais, é bastante limitada, principalmente devido à grande quantidade de resíduos gerada. Além disso, a manutenção de um aterro dentro dos padrões de qualidade é onerosa, exigindo grande investimento por parte do poder público ou do setor privado.

Neste contexto, destaca-se a reciclagem de resíduos em solos agrícolas, que é uma alternativa muito utilizada em vários países, como Estados Unidos, Holanda, Austrália, entre outros. Por exemplo, é mundialmente difundido o uso de resíduos orgânicos urbanos como fertilizantes e/ou condicionadores do solo, destacando-se o composto de lixo e o lodo de esgoto. Entre os resíduos orgânicos também merecem destaque os oriundos da agroindústria, pois, em função da sua origem, a probabilidade destes apresentarem contaminantes em sua composição é pequena. Um bom exemplo para essa classe são os resíduos gerados pela indústria de açúcar e álcool, torta de filtro, fuligem e vinhaça, que são reciclados nas áreas agrícolas da própria usina.

Sob o ponto de vista agrícola, a principal vantagem do uso de resíduos relaciona-se com o fornecimento de nutrientes neles contidos e/ou com benefícios ligados ao seu conteúdo orgânico, que pode manter, ou mesmo elevar, o teor de matéria orgânica do solo. Entretanto, na mesma proporção com que são enfatizadas as vantagens agrícolas, não se pode esquecer que, geralmente: (i) os nutrientes presentes nos resíduos estão em proporções desbalanceadas para a nutrição vegetal, (ii) não se conhece a eficiência do resíduo no fornecimento desses nutrientes e (iii) não se conhece qual a composição e quais as características do material orgânico contido no resíduo. Além disso, existe, ainda, a possibilidade de elementos e/ou substâncias potencialmente tóxicas, orgânicas ou inorgânicas, estarem presentes nos resíduos.

Jaguariúna, SP
Novembro, 2008

Autores

Adriana M. Moreno Pires
Engenheira Agrônoma,
Doutora em Solos e
Nutrição de Plantas,
Embrapa Meio Ambiente
Rod. SP 340, km 127,5
13.820-000
Jaguariúna/SP
adriana@cnpma.embrapa.br

Maria Emília Mattiazzo
Engenheira Agrônoma,
Doutora em Química
Ambiental,
Biossolo Ltda., Rua Edu
Chaves, 822, 13416-020,
Piracicaba-SP
mariaemilia@biossolo.com.br

Quando se pretende viabilizar o uso de resíduos, vários aspectos devem ser observados, desde aqueles relacionados à legislação pertinente, como aqueles que serão base para a avaliação e para a tomada de decisão sobre a viabilidade de se realizar a sua reciclagem agrícola do resíduo.

Viabilidade de Usar um Resíduo na Agricultura

Para se optar pela disposição de um resíduo na agricultura, vários aspectos tanto do resíduo, como da atividade agrícola, da região onde se pretende utilizá-lo e da legislação pertinente, deverão ser analisados. Para esquematizar essas avaliações, propõe-se o fluxograma apresentado na Fig. 1.

No esquema proposto, a viabilidade do uso agrícola de um resíduo é avaliada em diferentes etapas, detalhando-se a origem do resíduo, o plano de amostragem e as características do resíduo, aspectos legais, sua eficiência agrônômica, viabilidade econômica da disposição agrícola, demanda de mercado pelo resíduo e o planejamento da aplicação. Cada etapa do fluxograma será discutida separadamente.

Origem do Resíduo: avaliação do processo gerador

A origem do resíduo é um indicativo das características que este poderá apresentar. Portanto, é fundamental conhecer detalhes do processo gerador para que se possa avaliar a melhor opção de disposição.

- Classificação dos resíduos quanto à sua origem

a) Resíduos da atividade agrícola

Nesta classe estão os resíduos de origem estritamente agrícola, como restos de culturas e esterco. Neste caso, a possibilidade de termos uma alta concentração de contaminantes é pequena. Tendo em vista a composição e a localização onde o resíduo é gerado, a tendência é de que o melhor meio de disposição seja a reciclagem na agricultura local. Entretanto, mesmo considerando que a origem e o destino são os mesmos, algumas precauções devem ser tomadas. Por exemplo, esterco de suínos podem conter quantidades elevadas de Cu e Zn em função do sistema de manejo dos animais, de maneira que seu uso continuado no solo pode causar desbalanço

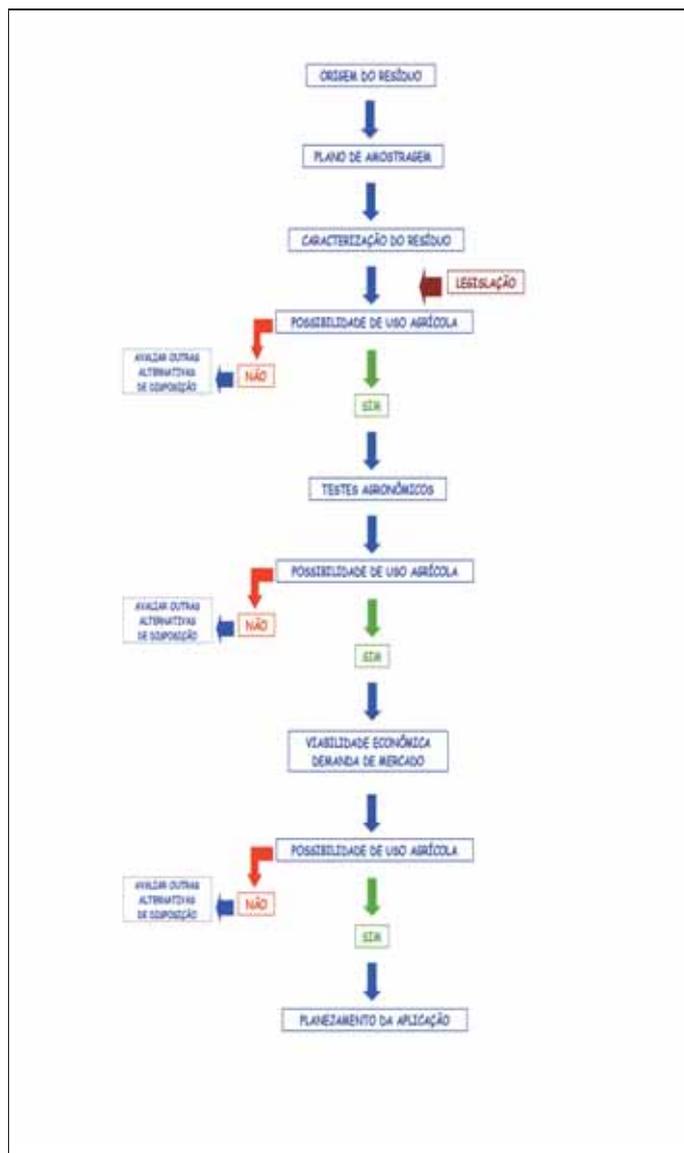


Fig. 1. Fluxograma da avaliação da viabilidade de disposição de um resíduo em solo agrícola (Adaptado de Glória, 1992 e Pires; Mattiazzi, 2005).

de nutrientes, prejudicando o desenvolvimento das plantas. Além disso, a adequação da dose de resíduos agrícolas a ser utilizada é fundamental para se evitar a contaminação de mananciais devido à lixiviação de nitratos, uma vez que geralmente este tipo de resíduo é rico em nitrogênio.

b) Resíduos da atividade industrial que utiliza matéria prima agrícola e na qual não é introduzido nenhum elemento estranho à atividade agrícola no processo industrial

A própria denominação da classe já é explicativa quanto ao tipo de resíduo considerado. Neste grupo podem ser enquadrados, por exemplo, os resíduos da indústria sucroalcooleira (torta de filtro, fuligem e vinhaça). Essa atividade usa matéria prima de origem agrícola (cana-de-

açúcar) e seu processo industrial, tanto para a produção de açúcar como de álcool, utiliza apenas materiais usuais à atividade agrícola (cal, enxofre e polifosfatos). Como já dito anteriormente, a indústria de açúcar e álcool é um ótimo exemplo de atividade agroindustrial que utiliza racionalmente os resíduos por ela produzidos.

c) Resíduos da atividade industrial que utiliza matéria prima agrícola e na qual são introduzidos elementos estranhos à atividade agrícola no processamento industrial

Os resíduos gerados por indústrias alimentícias geralmente enquadram-se nesta classe, pois, na maioria dos casos, são adicionados produtos estranhos à atividade agrícola como conservantes, aromatizantes, entre outros. Por exemplo, em resíduos de indústrias que processam óleos e gorduras é comum a presença de níquel, que tem função de catalisar reações inerentes ao processo.

É interessante ressaltar que não só as substâncias adicionadas ao produto alimentício devem ser consideradas. Muitas vezes, produtos de limpeza e de manutenção dos equipamentos utilizados no processo industrial acabam fazendo parte do resíduo final gerado. Como exemplo, tem-se a presença de sódio devido ao uso de NaOH (soda) tanto como parte do processo industrial ou como agente para limpeza de máquinas e equipamentos. Um caso particular é o da indústria de papel e celulose, na qual o NaOH tem como função separar as fibras de celulose. O cátion sódio não é um elemento tóxico, entretanto quando adicionado em grandes quantidades ao solo pode provocar a dispersão de argilas, comprometendo a qualidade do mesmo. Portanto, a dose de resíduo a ser aplicada para se evitar a ocorrência de algum dano ambiental é definida a partir de informações relativas ao teor total e trocável de sódio no resíduo.

d) Resíduos da atividade industrial que não utiliza matéria prima agrícola

A disposição dos resíduos pertencentes a esta classe geralmente é mais complicada, pois é comum o uso de substâncias orgânicas e/ou inorgânicas potencialmente tóxicas em processos de industrialização cujo produto final não é direcionado à alimentação humana e/ou animal. Como exemplo, pode-se citar pó de aciarias e lodo de galvanoplastia.

e) Resíduos urbanos

Esta classe é formada por resíduos originários das atividades urbanas, sendo que os principais são os lixos e os esgotos. A parte orgânica do lixo, devidamente separada, pode ser compostada e originar o composto de lixo, com possibilidade para uso na agricultura como fertilizante orgânico composto. A principal preocupação quanto ao uso de composto de lixo na agricultura está relacionada com a utilização de lixo que não é proveniente de coleta seletiva, gerando problemas de contaminação do solo com metais pesados, poluentes orgânicos persistentes e materiais inertes incompatíveis com o solo agrícola (vidros, plásticos não degradáveis, entre outros). Além disso, o lixo não oriundo de coleta seletiva pode apresentar patógenos em sua composição, devido ao descarte de papéis sanitários junto a materiais orgânicos degradáveis. Um processo de compostagem bem conduzido, em que a temperatura necessária para eliminar os patógenos seja atingida, pode ser eficiente para adequar o composto para uso agrícola e evitar que o agricultor seja contaminado por doenças transmitidas por este material.

O saneamento básico no Brasil ainda é precário, poucas cidades têm rede de coleta e tratamento de esgoto. Quando o esgoto é tratado, o processo de tratamento gera um resíduo, predominantemente orgânico, denominado lodo de esgoto. Este resíduo apresenta características que favorecem sua aplicação aos solos agrícolas, como altos teores de matéria orgânica, de macro e de micronutrientes. Entretanto, assim como no composto de lixo oriundo de coleta não seletiva, o lodo de esgoto pode apresentar em sua composição patógenos, metais pesados, compostos orgânicos persistentes, entre outros. Portanto, seu uso também está condicionado à qualidade do resíduo, cuja concentração de contaminantes deve estar de acordo com o estabelecido nas regulamentações sobre o tema.

O lodo de esgoto tem recebido especial atenção por parte da pesquisa, em função do grande problema ambiental que seu descarte inadequado apresenta. Uma discussão ampla sobre o uso agrícola de lodo de esgoto pode ser encontrada em Bettiol; Camargo (2000), Tsutiya et al. (2001) e Bettiol; Camargo (2006). Entre os resíduos urbanos também estão os resíduos hospitalares, que, devido ao risco de contaminação, devem atender a uma legislação federal específica (Portaria nº 53 de 01/03/1979). Nesta legislação é exigida a incineração destes resíduos, seguida de disposição das cinzas em aterros sanitários.

- O processo gerador do resíduo

Conhecer detalhadamente o processo gerador é essencial para se definir as alternativas de disposição viáveis. Esta parte da avaliação pode ser iniciada a partir da elaboração de uma base de dados contendo informações sobre as matérias-primas utilizadas e as substâncias adicionadas durante o processamento (inclusive as que não estão diretamente ligadas ao produto final, como substâncias utilizadas na lavagem de equipamentos). É importante, ainda, descrever a função de cada substância no processo, bem como a quantidade e etapa em que esta é adicionada. A partir destas informações, se necessário, será possível elaborar um plano de adequação do resíduo, por exemplo, alterando-se uma substância utilizada ou coletando-se o resíduo antes da adição de determinada substância.

Outras informações como regime de produção (contínuo, sazonal), quantidade de resíduo produzida e frequência em que este é produzido são essenciais para a escolha do meio de disposição, principalmente no que diz respeito à avaliação da demanda pelo resíduo e a viabilidade econômica da alternativa de disposição escolhida.

- Plano de Amostragem

Para se realizar a caracterização do resíduo adequadamente, é fundamental a elaboração de um plano de amostragem, garantindo que as amostras coletadas realmente representem o resíduo a ser avaliado. As normas ABNT NBR-9897 e ABNT NBR-9898 podem ser utilizadas como base para a elaboração do plano de amostragem.

No plano deve-se considerar a possibilidade de ocorrência de: (i) variação temporal da composição do resíduo (adições temporais dos contaminantes, alterações de matéria prima no decorrer do ano, tempo de armazenamento, etc.); (ii) variação espacial na composição do resíduo (por exemplo, se este é armazenado em pilhas, a composição é, provavelmente, diferente na base em comparação com o topo).

O plano de amostragem deve indicar os locais e a frequência de amostragem, o volume de amostra a ser coletado, o tipo e o número de amostras (simples, composta) e a descrição do método de amostragem (tipo de amostrador, quarteramento, profundidade, entre outros).

- Caracterização do resíduo

A caracterização de resíduos é realizada com base na avaliação da composição do resíduo, obtida a partir de várias determinações nas amostras coletadas. Particularmente para a avaliação da viabilidade de uso do resíduo em solo agrícola, já existe um conjunto de atributos que comumente é determinado, consistindo em um indicativo do potencial agrônomo e dos riscos ambientais da adição do resíduo ao solo. Entre esses atributos podem-se destacar:

- umidade: uso na avaliação da necessidade de secagem, do tipo de aplicação e do provável custo com transporte;

- pH: uso na avaliação da disponibilidade de nutrientes, primeiro indicativo do potencial do resíduo em ser utilizado como condicionador do solo e indicação da presença de organismos patogênicos;

- condutividade elétrica, salinidade e sodicidade: uso na avaliação do risco de salinização e sodificação do solo devido à adição do resíduo;

- teor de carbono orgânico: uso como um primeiro indicativo do potencial do resíduo ser utilizado como fertilizante orgânico;

- teores de macro e de micronutrientes: uso na avaliação do potencial do resíduo ser utilizado como fonte de um ou mais nutrientes;

- teores de elementos potencialmente tóxicos, classificados como metais pesados (Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Pb, Zn) ou não (B, Mo e Se): uso na avaliação do potencial de entrada desses contaminantes na cadeia alimentar e da ocorrência de impactos ambientais negativos como contaminação do solo e de coleções hídricas.

Caso a origem do resíduo justifique, deve-se, ainda, determinar o número mais provável (NMP) de coliformes fecais e salmonelas que são indicadores da qualidade do resíduo quanto à presença de agentes patogênicos aos homens e animais.

Os compostos orgânicos persistentes (COPs) ou poluentes orgânicos persistentes (POPs), como bifenilas policloradas e dioxinas, são importantes contaminantes, mas ainda foram pouco estudados em agroecossistemas. A dispersão de COPs no ambiente representa um problema ambiental, visto a alta capaci-

dade destes compostos em causarem danos à saúde humana e/ou animal. Portanto, sempre que estes forem utilizados e/ou produzidos durante o processo gerador do resíduo, recomenda-se a avaliação do teor desses poluentes no resíduo, assim como de seus metabólitos que podem vir a ser ainda mais tóxicos. Outra ressalva consiste na possibilidade de resíduos agrícolas ou agroindustriais apresentarem moléculas de agrotóxicos em sua composição.

- Aspectos legais do uso agrícola de resíduos

Como a destinação de resíduos está diretamente relacionada com a conservação ambiental, em termos legais, é interessante destacar primeiramente a Lei Federal Nº 6938, de 31 de agosto de 1981, que trata da política nacional do meio ambiente e define, no seu artigo 3º:

I - meio ambiente: conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas;

II - degradação da qualidade ambiental: alteração adversa das características do meio ambiente;

III - poluição: a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem estar da população;
- b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- c) afetem desfavoravelmente a biota;
- d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

IV - poluidor: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, responsável direta ou indiretamente por atividade causadora de degradação ambiental;

V - recursos ambientais: atmosfera, águas interiores, superficiais e subterrâneas, estuários, mar territorial, solo e elementos da biosfera.

Outra Lei Federal importante é a Nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. No Artigo 54, é definido como crime ambiental, sujeito à pena de reclusão de 1 a 4 anos e multa: causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos a saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora.

Além disso, ainda é especificado nesse artigo que se o crime ocorrer devido ao lançamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, ou detritos, óleos ou substâncias oleosas, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou regulamentos, a pena será de reclusão de um a cinco anos.

Nesse contexto, constata-se que destinar de forma inadequada os resíduos, acarretando prejuízos ambientais, consiste em uma atividade ilegal sujeita às penalidades impostas por lei.

Além das leis sobre meio ambiente, mais especificamente sobre o uso agrícola de resíduos, podem-se destacar as regulamentações do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Para que resíduos possam ser adicionados aos solos agrícolas, é necessário que esses gerem algum benefício agrônomo, por exemplo, agindo como condicionador ou fertilizante do solo. O MAPA é o responsável pelas normas sobre inspeção e fiscalização da produção e comércio de fertilizantes, corretivos e inoculantes (Decreto 4.954, publicado em 14/01/2004, que regulamenta a Lei 6.894, de 16/12/1980). Portanto, para se adicionar um resíduo ao solo agrícola, esse deve ser registrado ou seu uso deve ser autorizado pelo MAPA. Para tal, uma série de parâmetros de qualidade do resíduo relativos à presença de contaminantes e à garantia de benefícios agrônômicos deve ser respeitada.

Um exemplo interessante refere-se aos fertilizantes orgânicos. Esses são definidos no Decreto 4.954/04 como "produto de natureza fundamentalmente orgânica, obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matérias-primas de origem industrial, urbana ou rural, vegetal ou animal, enriquecido ou não de nutrientes minerais". Na Instrução Normativa SDA nº. 23, de 31/08/2005, os fertilizantes orgânicos são classificados de acordo com suas características, sendo que a Classe C refere-se especificamente aos fertilizantes orgânicos que utilizam

qualquer quantidade de matéria-prima oriunda de lixo domiciliar e a Classe D, aos fertilizantes orgânicos que utilizam qualquer quantidade de matéria-prima oriunda do tratamento de despejos sanitários. Dessa maneira, o uso agrícola de dois importantes resíduos urbanos, composto de lixo urbano e lodo de esgoto, também é regulamentado pelo MAPA. Para serem registrados como fertilizantes orgânicos, esses materiais devem atender a determinadas especificações (garantias) de acordo com sua classificação. Além das garantias, também deve ser observada a Instrução Normativa SDA nº. 27, de 05/06/2006, que apresenta limites para contaminantes.

Os órgãos ambientais estaduais também devem ser consultados, pois muitos apresentam regulamentação própria quanto à disposição de resíduos na agricultura.

· *Testes agronômicos*

Um resíduo pode estar isento ou apresentar concentrações consideradas seguras de elementos ou substâncias contaminantes e mesmo assim não ser adequado para o uso agrícola. A adição de um material ao solo agrícola só se justifica quando este resulta em algum benefício agronômico, como melhorar os atributos relacionados à fertilidade do solo. Assim, são necessários testes que comprovem a eficiência agronômica do resíduo.

Geralmente, a eficiência agronômica é avaliada por meio de um experimento em vasos, em casa de vegetação, onde são cultivadas plantas em solo tratado com o resíduo e em solo tratado com insumos tradicionais, para comparação, sendo que o desenvolvimento e a produtividade das plantas são as principais variáveis observadas. Com base na caracterização do resíduo, pode-se definir se esse apresenta potencial para ser um condicionador do solo e/ou uma fonte de um ou mais nutrientes e, conseqüentemente, os tratamentos que serão utilizados no referido experimento. A partir dos resultados do experimento em vasos, definem-se quais doses serão testadas no campo para validar os resultados obtidos em condições controladas.

Para resíduos predominantemente orgânicos, um teste importante é o de degradabilidade da matéria orgânica. O resíduo pode apresentar diferentes substâncias orgânicas em sua composição, sendo que algumas são decomponíveis no solo e outras podem ser resistentes à ação microbiana. O acúmulo de substâncias não biodegradáveis no solo pode prejudicar a atividade da microbiota do solo, ou, até mesmo contaminar coleções

hídricas, dependendo de sua solubilidade. A CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental), órgão ambiental do estado de São Paulo, na norma P.4230 que dispõe sobre o uso agrícola de lodo de esgoto, estabeleceu que só são passíveis de uso agrícola aqueles lodos que apresentarem uma taxa de degradação maior que 30%, determinada conforme descrito na própria norma (CETESB, 1999).

Ainda para resíduos orgânicos, quando esses forem potenciais fontes de nitrogênio, outro teste interessante, tanto sob o ponto de vista agrônomo como ambiental, é o de determinação da taxa ou fração de mineralização do N. Caso a taxa de mineralização seja muito baixa, o resíduo pode não ser adequado para uso agrícola como fonte de nitrogênio. Por outro lado, e essa é a principal preocupação, se a taxa de mineralização for alta, a quantidade de nitrato formada pode lixiviar e atingir o lençol freático. Dessa maneira, para resíduos orgânicos ricos em nitrogênio, o cálculo da dose de resíduo a ser adicionada também deve ser baseado na fração mineralizável de N e na necessidade desse nutriente pela cultura a ser implantada.

Haja vista a importância do pH como regulador da CTC e da disponibilidade de nutrientes nos solos, outro teste interessante sob o ponto de vista agrônomo é a determinação da curva de neutralização, que avalia o poder do resíduo em acidificar ou alcalinizar o solo.

Detalhes sobre testes de degradabilidade da carga orgânica (respirometria), de determinação da fração mineralizável de nitrogênio e da curva de neutralização podem ser encontrados em Coscione; Andrade (2006).

· *Avaliação da demanda de mercado e da viabilidade econômica do uso agrícola em comparação com outras opções de disposição*

Uma importante etapa de avaliação da viabilidade do uso agrícola do resíduo refere-se ao aspecto econômico. Não adianta escolher o melhor meio de disposição sob o ponto de vista ambiental e não considerar a parte econômica. Por mais que a empresa geradora esteja interessada em preservar o meio ambiente, os custos da disposição devem ser compatíveis com o orçamento da empresa.

Por exemplo, não adianta optar pelo uso agrícola se não existe demanda na região pelo resíduo, ou mesmo, se os agricultores apresentam restrições ao uso do resíduo. No caso da região que demanda o produto não ser próxi-

ma à fonte geradora, deve-se avaliar se é viável transportar o resíduo, uma vez que geralmente o transporte é a principal limitação econômica.

Assim, várias alternativas de disposição devem ser avaliadas e comparadas, optando-se por aquela que traga benefícios ambientais, mas que seja economicamente viável.

- Avaliação da possibilidade de uso agrícola e de outras alternativas de disposição

A partir da caracterização do resíduo e do processo gerador deste, é possível realizar a avaliação inicial da viabilidade de utilização do resíduo na agricultura. Na primeira etapa, a tomada de decisão baseia-se em dois pontos principais: (i) se o resíduo apresenta nutrientes ou condicionadores do solo (como matéria orgânica, por exemplo) em sua composição e (ii) se os teores de contaminantes no resíduo estão dentro dos limites adequados.

Se o resíduo atender a essas condições, serão realizados os testes de eficiência agrônômica. Caso os resultados desses sejam satisfatórios, será possível determinar se tecnicamente o uso agrícola do resíduo é uma opção viável. Entretanto, apenas esse resultado não significa que o uso agrícola seja a melhor opção de disposição. Recomenda-se que outras alternativas de disposição sejam avaliadas, ordenando-as conforme a viabilidade ambiental e econômica.

Atualmente, pode-se considerar como os principais meios de disposição adequados os seguintes:

- a) uso na agricultura,
- b) uso como matéria prima de subprodutos,
- c) uso na fabricação de materiais para construção civil;
- d) aterros sanitários,
- e) incineração,
- f) outros.

É importante lembrar que destinar resíduos para aterros sanitários e/ou incineração é uma medida que representará um alto custo, não sendo ideal sob o ponto de vista sustentável. Portanto, nesse caso, também deve ser avaliada a possibilidade de realizar alterações no processo gerador, eliminando-se a origem da limitação para outros usos ou realizando-se algum tipo de condicionamento do resíduo para adequá-lo (pré-tratamento). Além disso, a comparação dos resultados da avaliação econômica das opções selecionadas para o uso do resí-

duo é essencial para a tomada de decisão. Se o meio de disposição selecionado for o melhor sob o ponto de vista ambiental, mas não for viável economicamente, dificilmente funcionará em longo prazo. Assim, a opção pelo uso agrícola de um resíduo deve ser baseada em critérios técnicos, legais, ambientais e econômicos.

- Planejamento da aplicação

Se após todas as etapas anteriores, a opção de disposição escolhida for o uso agrícola do resíduo, é necessário realizar um planejamento da aplicação, considerando-se os aspectos ambientais, legais e econômicos identificados anteriormente. Nesse devem constar:

- necessidade de pré-tratamento do resíduo para uso agrícola: detalhes da atividade de adequação do resíduo antes de aplicá-lo ao solo, como secagem ou eliminação de patógenos, se for necessário;
- transporte do resíduo: descrição dos cuidados necessários para transportar adequadamente o resíduo até a propriedade agrícola;
- armazenamento do resíduo: descrição dos cuidados necessários para armazenar o resíduo, como características do depósito ou necessidade de cobrir o resíduo, por exemplo;
- dose de resíduo: detalhamento da base de cálculo da dose de resíduo a ser adicionada, inclusive apresentando a caracterização do resíduo utilizado;
- local de aplicação: detalhamento do local, principalmente em relação à topografia, tipo de solo, proximidade de coleções hídricas, profundidade do lençol freático, direção do fluxo de água, entre outros;
- preparo da área e tipo de aplicação: descrição do tipo de preparo que deverá ser realizado na área, assim como do tipo de aplicação adotado;
- cuidados durante a aplicação: detalhamento de todos os cuidados para se aplicar o resíduo, desde uso de equipamentos de proteção individual, até como proceder no caso de acidentes.
- monitoramento da área: descrição de como deverá ser o monitoramento da área em que o resíduo foi aplicado, destacando-se tipo e frequência de amostragem e análises a serem realizadas.

Resultados Preliminares

Sérios danos ambientais têm sido causados devido ao descarte inadequado de resíduos, sejam esses de origem rural, industrial e/ou urbana. Assim, discute-se amplamente a destinação adequada desses materiais, sendo que sua reciclagem racional no solo agrícola tem sido considerada como a opção mais interessante, tanto sob o ponto de vista ambiental como econômico. A escolha do meio de disposição mais adequado de um resíduo deve ser feita com base em uma avaliação detalhada,

que considera desde o processo gerador do resíduo até os efeitos de sua disposição em longo prazo. Uma importante opção de reciclagem é o uso de resíduos em solos agrícolas, quando a adição desses resultar em benefícios agrônômicos, como aumento dos teores de matéria orgânica e de nutrientes do solo. Assim como para outras opções de disposição, a avaliação da viabilidade de se reciclar um resíduo na agricultura deve ser cuidadosa e detalhada, evitando-se que uma atividade desejável sob o ponto de vista ambiental torne-se prejudicial ao meio ambiente.

Referências

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Fórum Nacional de Normatização NBR-9897 - **Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 1987. 18p.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Fórum Nacional de Normatização NBR-9898 - **Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores**. Rio de Janeiro, 1987. 34p.

BETTIOL, W.; CAMARGO O. A. (Ed.). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 311p.

BETTIOL, W.; CAMARGO O. A. (Ed.). **Lodo de esgoto: impactos ambientais na agricultura**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. 347p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.23, de 31 de agosto de 2005. Aprova as definições e normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. **Diário Oficial da União**, Brasília, n.173, 08. set. 2005, Seção 1, p.12.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.27, de 05 de junho de 2006. Aprova os limites máximos de agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas admitidos nos fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes destinados à agricultura. **Diário Oficial da União**, Brasília, n.110, 09. jun. 2006, Seção 1, p.15.

CETESB. **Aplicação de biossólido em áreas agrícolas: critérios para projeto e operação**. São Paulo: CETESB, 1999. 35p. (P4.230. Manual Técnico).

COSCIONE, A.R.; ANDRADE, C.A. Protocolos para a avaliação dinâmica de resíduos orgânicos no solo. In: ANDRADE, J.C.; ABREU, M.F. **Análise química de resíduos sólidos para monitoramento e estudos agroambientais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2006. p.159-177.

GLORIA, N.A. Uso agrônomo de resíduos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., 1992, Piracicaba. **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1992. p.195-212.

PIRES, A.M.M.; MATTIAZZO, M. E. Efluentes da indústria processadora de batata x preservação do meio ambiente: ênfase no uso agrícola de resíduos. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE PROCESSAMENTO DE BATATAS, 2005, Pouso Alegre. **Anais...** Itapetininga: Associação Brasileira da Batata, 2005. 22p. Disponível em: < http://www.abbabatatabrasileira.com.br/brasil_eventos_minas2005.htm >

TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J.B.; ALÉM SOBRINHO, P.A.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, P.C.T.; MELFI, A.; MELO, W.J.; MARQUES, M.O. **Biossólidos na agricultura**. São Paulo: SABESP, 2001. 468p.

Circular Técnica, 19

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Meio Ambiente
Endereço: Rodovia SP 340 km 127,5
 Caixa Postal 69, Tanquinho Velho
 13.820-000 Jaguariúna/SP
Fone: (19) 3311-2700
Fax: (19) 3311-2640
E-mail: sac@cnpma.embrapa.br

1ª edição eletrônica (2008)

Comitê de publicações

Presidente: Ariovaldo Luchiarri Júnior.
Secretário-Executivo: Luiz Antônio S. Melo.
Secretário: Sandro Freitas Nunes
Bibliotecária: Maria Amélia de Toledo Leme
Membros: Heloisa Ferreira Filizola, Ladislau Araújo Skorupa, Adriana M. M. Pires, Emília Hamada e Cláudio M. Jonsson

Expediente

Tratamento das ilustrações: Edislene Ap. Bueno Ruza.
Editoração eletrônica: Edislene Ap. Bueno Ruza.