

EFLUENTES DA INDÚSTRIA PROCESSADORA DE BATATA
X
PRESERVAÇÃO DO MEIO AMBEINTE
ÊNFASE NO USO AGRÍCOLA DE RESÍDUOS

ADRIANA M. M. PIRES ¹ & MARIA EMÍLIA MATTIAZZO²

RESUMO

Atualmente a questão "Que destino ambientalmente correto deve ser dado aos resíduos produzidos pelas atividades industriais ou urbanas?" tem sido amplamente discutida em função da ocorrência de sérios danos ambientais causados pelo descarte inadequado destes resíduos. Uma opção interessante tanto sob o ponto de vista ambiental, como econômico, é a reciclagem desses. A escolha do meio de disposição de um resíduo deve ser feita com base em um estudo de caso, ou seja, a avaliação deve ser feita no local onde o resíduo é gerado. Isso se deve principalmente ao fato de que a destinação, reutilização do resíduo não está ligada apenas à caracterização do mesmo, mas também a um estudo de viabilidade econômica, incluindo demanda na região, custo com pré-tratamento, transporte, entre outros. Com isso, nem sempre a melhor opção para um resíduo em uma região é a melhor em outra localidade. No texto são discutidos os passos que devem ser seguidos para se definir a melhor opção de disposição. Além disso, são citados exemplos de meios de disposição dos resíduos oriundos do processamento de batata: água de lavagem, óleo e casca.

¹ Eng^a. Agr. D. Sc. Pesq. Embrapa Meio Ambiente, Caixa Postal 69, CEP 13820-000, Jaguariúna-SP. Correio Eletrônico: adriana@cnpma.embrapa.br ² Eng^a. Agr. D. Sc. Biossolo Ltda., Rua Edu Chaves, 822, CEP 13416-020, Piracicaba-SP. Correio Eletrônico: mariaemilia@biossolidos.com.br

INTRODUÇÃO

A palavra efluente significa o que eflui, o que emana de certos corpos. Sob o ponto de vista ecológico, pode-se denominar efluente como qualquer produto, tratado ou não, resultante da atividade industrial ou urbana, que é lançado no meio ambiente. A palavra resíduos significa o que resta, material descartável sem valor econômico ou de pouco valor econômico. Usualmente, o que resta da atividade industrial ou urbana é lançado de volta ao meio ambiente, podendo ser de maneira adequada ou não. Com isso, efluentes e resíduos muitas vezes podem ser considerados sinônimos.

Atualmente a questão *"Que destino ambientalmente correto deve ser dado aos resíduos produzidos pelas atividades industriais ou urbanas?"* tem sido amplamente discutida em função da ocorrência de sérios danos ambientais causados pelo descarte inadequado destes resíduos. O problema é reflexo da maneira como ocorreu o crescimento populacional e o desenvolvimento urbano e industrial do país nas últimas décadas.

A parcela urbana da população brasileira cresceu de 36 % para 75 % entre as décadas de 50 e 90. O processo de urbanização e industrialização ocorreu de maneira desorganizada e uma série de regras de proteção ao meio ambiente e ao cidadão foi desrespeitada. O resultado foi a formação de cidades sem infra-estrutura e sem disponibilidade de serviços urbanos capazes de comportar a população. Da mesma maneira, a instalação e o desenvolvimento de indústrias ocorreu sem planejamento prévio e, na maioria dos casos, não foram considerados aspectos de conservação do meio ambiente. Portanto, os grandes centros urbanos e industriais concentram, também, os maiores problemas ambientais, cuja complexidade exige tratamento especial e interdisciplinar. A degradação do meio ambiente não é um problema exclusivamente brasileiro, vários países passaram por problemas semelhantes e buscaram soluções que garantiram a qualidade de vida dos cidadãos sem prejudicar o desenvolvimento econômico. O Brasil começa a despertar para a necessidade de conservação do meio ambiente, implementando instrumentos legais para resolvê-los e incentivando atividades que resultem em ganhos ambientais.

Entre estas atividades, a reutilização de resíduos merece destaque, podendo ser considerada a opção mais interessante tanto sob o ponto de vista econômico como ambiental. É interessante destacar a diferença entre descarte e disposição de resíduos, uma vez que ainda existe muita confusão entre estes dois conceitos que, muitas vezes, são utilizados erroneamente. 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 encontre 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. Portanto o descarte de resíduos não é desejável, pois este é feito de maneira aleatória, cujo 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.

A disposição de resíduos em solos agrícolas é uma alternativa muito utilizada em vários países. É mundialmente difundido o uso de resíduos orgânicos urbanos como 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 menor. Neste sentido, a indústria de açúcar e álcool é um importante exemplo, pois praticamente todo resíduo gerado (vinhaça, torta de filtro, bagaço de cana, etc.) é reaproveitado na agricultura ou para geração de energia (Glória, 1994).

Sob o ponto de vista agrícola, a principal vantagem do uso de resíduos relaciona-se com o fornecimento de nutrientes contidos neste 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, 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 características do material orgânico contido no resíduo. Além disso, existe, ainda, a possibilidade de elementos e/ou substâncias potencialmente tóxicos, orgânicos ou inorgânicos estarem presentes nos resíduos.

Não se pode deixar de destacar que o benefício inquestionável da reciclagem de resíduos é a minimização do problema ambiental que representa o descarte inadequado destes. Além disso, a longevidade de aterros urbanos e/ou industriais é bastante limitada, principalmente devido à grande quantidade de resíduos gerada. A manutenção de um aterro que atenda às exigências para que não ocorram danos ambientais é onerosa, exigindo grande investimento por parte do poder público ou setor privado. Seguindo o mesmo raciocínio, fica claro que as indústrias precisam utilizar parte de seus recursos para financiar a disposição dos resíduos, principalmente para atender as novas exigências impostas pela legislação ambiental. Esta é a principal justificativa para a afirmação de que o reuso dos resíduos é interessante tanto sob o ponto de vista ambiental, como sob o ponto de vista econômico.

Quando se pretende viabilizar o uso de resíduos, tanto na agricultura como em qualquer outra atividade, vários aspectos devem ser observados, sendo que inicialmente deve-se conhecer a legislação existente sobre o assunto. Neste contexto, pode-se destacar a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas sobre resíduos sólidos (ABNT-NBR-10004), que classifica os resíduos de acordo com algumas de suas propriedades, e alguns aspectos das legislações federal e estaduais ligadas ao uso agrícola de resíduos.

1. CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS SEGUNDO A ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT -NBR 10.004)

De uma maneira geral, resíduos podem ser definidos como materiais descartáveis sem valor econômico, ou de pouco valor econômico. De acordo com a ABNT (NBR 10.004) os resíduos sólidos, líquidos e semi-sólidos, orgânicos, organo-minerais ou minerais gerados pela nossa sociedade podem ser classificados em Classe I (perigosos), Classe II (não inertes) e Classe III (inertes). A classificação da ABNT, que leva em conta a potencialidade do resíduo em prejudicar o ambiente ou a saúde do homem e animais, foi feita em função das propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas que o resíduo pode apresentar. Para cada propriedade considerada foram estabelecidos

limites e, a partir da comparação das propriedades do resíduos com estes limites, é feita sua classificação.

1.1 Resíduos perigosos (Classe I)

a) Inflamabilidade

Um resíduo sólido pode ser classificado como perigoso quanto à sua inflamabilidade quando, submetido a uma temperatura de 25°C e 1 atmosfera de pressão (1 kPa), produzir fogo por fricção, absorção de umidade ou alterações químicas espontâneas e, quando inflamado, queimar vigorosa e persistentemente, dificultando a extinção do fogo. Nessa classificação podem ser enquadrados os resíduos produzidos por fábricas de solventes.

b) Corrosividade

Um resíduo pode ser classificado como corrosivo quando apresentar pH menor ou igual a 2, ou maior ou igual a 12,5. Nesta categoria pode-se citar a borra ácida originada pelo re-refino de óleos usados.

c) Reatividade

Resíduos que possuem em sua constituição íons CN^- ou S^{2-} e que, por reação, liberarem gases ou vapores tóxicos em quantidades suficientes para por em risco a saúde humana, são classificados como perigosos em função da reatividade. Os resíduos produzidos por feculárias podem ser classificados como perigosos em função da concentração de cianeto.

d) Toxicidade

Um resíduo pode ser classificado como perigoso em função da toxicidade quando uma amostra representativa dele, obtida segundo a NBR 10007, estiver incluída em algum dos casos abaixo:

- O extrato obtido da amostra contiver metais pesados em níveis superiores aos previstos para os testes de solubilização (ABNT NBR-10006) e de lixiviação (ABNT NBR-10005), que são determinações realizadas em laboratório, nas quais uma amostra representativa do resíduo é colocada para ser solubilizada em água deionizada (teste de solubilização) ou em

solução de ácido acético pH 5,0 (teste de lixiviação). Por exemplo, o limite máximo do metal pesado Cd no lixiviado é de $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ e para o teste de solubilização esse limite é de $0,005 \text{ mg L}^{-1}$.

- A amostra apresentar, quando testada, DL_{50} (oral, ratos) menor que 50 mg Kg^{-1} ou CL_{50} (inalação, ratos) menor que 2 mg kg^{-1} ou uma DL_{50} (dérmica, coelhos) menor que 200 mg kg^{-1} ; onde DL_{50} (oral, ratos) é a dose letal, administrada via oral, para 50% da população dos ratos testados, CL_{50} (inalação, ratos) é a concentração de uma substância que, quando administrada por via respiratória, acarreta a morte de 50% da população exposta e DL_{50} (dérmica, coelhos) que se refere à dose letal para 50% da população de coelhos testados quando em contato com a pele.
- A amostra ser constituída de restos de embalagens contaminadas com substâncias como aldrin, azida de sódio, chumbo tetraetila, dieldrin, epinefrina, nicotina e sais, paration, entre outros.

e) Patogenicidade

Um resíduo pode ser classificado como perigoso quanto à patogenicidade, quando uma amostra representativa do mesmo contiver microrganismos ou se suas toxinas forem capazes de produzir doenças.

O fato de um resíduo ser considerado perigoso não exclui a possibilidade de reciclá-lo. Dependendo da propriedade que conferiu ao resíduo esta classificação, pode-se avaliar a possibilidade de realizar pré-tratamento do resíduo, adequando-o para o uso desejado.

1.2 Resíduos não inertes (Classe II)

Nesta categoria se encontram os resíduos que não são classificados como inertes e que também não se enquadram na categoria de perigosos. A classificação de um resíduo em Classe II não inviabiliza o seu uso agrícola, podendo-se dar como exemplo a vinhaça (classificada como classe II), que tem seu uso equacionado nas lavouras de cana-de-açúcar.

1.3 Resíduos inertes (Classe III)

Qualquer resíduo que quando em contato com água não tiver nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água é classificado como inerte (Classe III). Não são considerados nessa classificação os padrões relativos a aspecto, cor, turbidez e sabor. Como exemplos desse tipo de resíduo podem ser citados: tijolos, vidros, certos plásticos e borrachas que não se degradam prontamente.

2. LEGISLAÇÃO FEDERAL QUE TRATA DA POLÍTICA DO MEIO AMBIENTE

A Lei Federal n. 6938 de 31 de agosto de 1981 (Brasil, 1992) trata da política nacional do meio ambiente e define, no seu artigo 3º: meio ambiente, degradação da qualidade ambiental, poluição, poluidor e recursos ambientais.

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.

3. PROCEDIMENTO PARA O USO DE RESÍDUOS

Para o uso racional de resíduos deve-se seguir uma série de etapas que são apresentadas resumidamente no exemplo da Figura 1, que simula a avaliação da alternativa de disposição em solo agrícola de um resíduo.

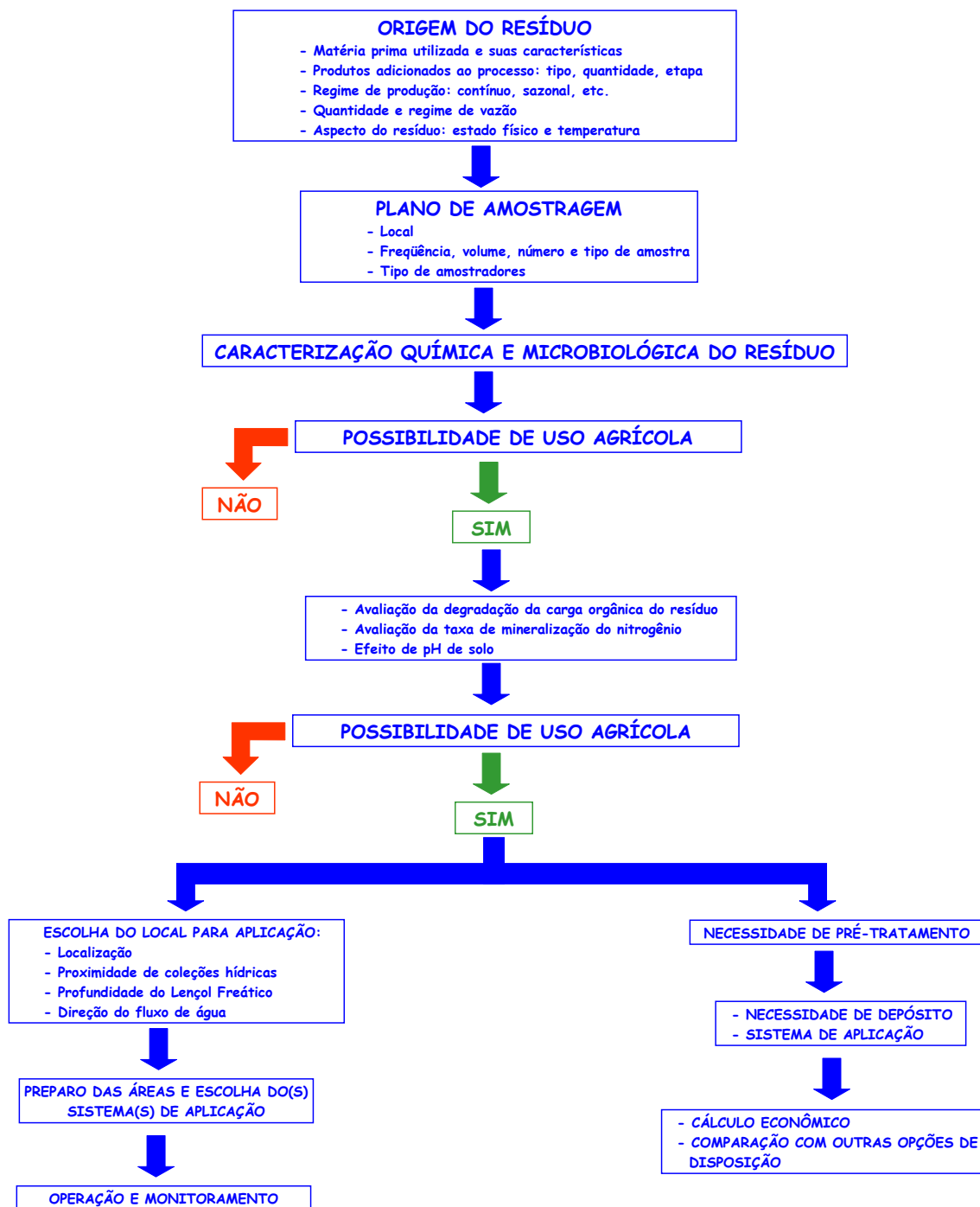


Figura 1. Fluxograma da avaliação da disposição de um resíduo em solo agrícola.

Na Figura 1, observa-se que o estudo da viabilidade de uso de um resíduo é composto por diferentes etapas: (i) avaliação do processo gerador do resíduo; (ii) caracterização do resíduo; (iii) escolha do tipo de disposição; (iv) avaliação da viabilidade econômica da opção de uso escolhida em comparação com outras opções.

3.1 Avaliação do processo gerador do resíduo

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

3.1.1 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 menor, restringindo-se praticamente à presença de agrotóxicos. Visto a composição e a própria localização onde o resíduo é gerado, a tendência é de que o melhor meio de disposição seja a reutilização na própria agricultura. 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 de nutrientes, prejudicando o desenvolvimento das plantas. Além disso, a adequação da dose de resíduos agrícolas a ser utilizada é fundamental para se evitar o problema que representa a 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 onde não é anexado 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 agrícola (cana-de-açúcar) e o processamento industrial do caldo da cana, 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 industrial que utiliza racionalmente os resíduos por ela produzidos. Levando-se em conta que, no processo de produção de açúcar, 1 tonelada de cana-de-açúcar produz, em média, 30 kg de torta de filtro e 126 L de vinhaça, observa-se a importância ambiental e econômica do uso agrícola destes resíduos (Mattiazzi et al., 1993).

c) Resíduos da atividade industrial que utiliza matéria prima agrícola e onde são anexados 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. 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. Por exemplo, a presença de sódio é comum em resíduos da indústria alimentícia, pois a lavagem de equipamentos é usualmente feita com NaOH; em resíduos de indústrias que processam óleos e gorduras é comum a presença do metal pesado Ni, que tem função de catalisar reações inerentes ao processo.

Um bom exemplo de reutilização de resíduos desta classe é a indústria de papel e celulose, que aplica parte de seus resíduos no solo. Assim como para

indústrias alimentícias, o NaOH também faz parte do processo industrial de produção de papel, tendo como função separar as fibras de celulose. O cátion sódio não é um elemento tóxico, mas quando adicionado em grandes quantidades ao solo pode provocar a dispersão de argilas, comprometendo a qualidade do solo. A partir de informações relativas ao teor total e trocável de sódio no resíduo, definiu-se a dose de resíduo a ser aplicada para se evitar a ocorrência de algum dano ambiental.

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 não é direcionado à alimentação humana e/ou animal. Praticamente todos produtos alimentícios são obtidos utilizando-se matéria prima agrícola e/ou pecuária. Como exemplo, podem ser citados os pós de aciarias e lodos de galvanoplastia.

e) Resíduos urbanos

Esta classe é formada por resíduos originários das atividades urbanas, como lixo e esgoto. A parte orgânica do lixo, devidamente separada, pode ser compostada e originar o composto de lixo, bastante utilizado na agricultura como fertilizante orgânico. 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 estranhos à atividade agrícola (vidros, plásticos não degradáveis, entre outros, que embora não apresentem toxicidade, são inadequados no solo agrícola). 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 vitimado por doenças transmitidas por este material.

O saneamento básico no Brasil ainda é precário, poucas cidades têm rede coleta e tratamento de esgoto. Entretanto, 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 alto teor de matéria orgânica, macro e 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.

Dentre os vários resíduos produzidos, o composto de lixo e o lodo de esgoto têm recebido especial atenção por parte dos pesquisadores, em função do grande problema ambiental que sua disposição apresenta. A situação da pesquisa no tema pode ser verificada em Bettiol & Camargo (2000) e Tsutiya et al. (2001).

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.

3.1.2 Detalhamento do processo gerador

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 pode-se 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.

3.2 Caracterização do resíduo

3.2.1 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 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 diferente na base em comparação com o topo).

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

3.2.2 Análises

Para a caracterização de resíduos devem ser feitas várias determinações em amostras representativas do resíduo (ABNT NBR-9897, ABNT NBR-9898). Geralmente são feitas determinações consideradas como caracterização geral do resíduo, em que estão inclusas: umidade, pH, condutividade elétrica, conteúdo orgânico do resíduo, teor de macro e

micronutrientes, poder de neutralização/acidificação, salinidade e sodicidade, teor de elementos potencialmente tóxicos, classificados como metais pesados (Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Pb, Zn) ou não (B, Mo e Se). Caso a origem do resíduo justifique, deve-se, ainda, determinar o número mais provável (NMP) de coliformes fecais e salmonelas para estimativa do conteúdo de patógenos presentes. A dispersão de compostos orgânicos persistentes no ambiente representa um sério problema ambiental, visto a alta capacidade destes compostos em causarem danos à saúde humana e/ou animal. Portanto, sempre que estes compostos forem utilizados no processo gerador do resíduo, recomenda-se a determinação do composto no resíduo, assim como de seus metabólitos que podem vir a ser ainda mais tóxicos. Atenção especial deve ser dada para os resíduos provenientes de agroindústrias, devido à maior probabilidade destes apresentarem moléculas de agrotóxicos em sua composição.

3.3 Escolha do tipo de disposição

3.3.1 Definição das possíveis alternativas de disposição

A partir da caracterização do resíduo e do processo gerador deste, é possível optar por algumas alternativas de disposição, ordenando-as conforme a aparente viabilidade. 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 a ser adotada apenas quando não existe possibilidade de utilização do resíduo devido a alguma limitação que este apresente. Também deve ser avaliada, neste caso, a possibilidade de realizar

alterações no processo gerador, eliminando-se a limitação, ou ainda de que seja realizado algum condicionamento do resíduo adequando-o.

Para escolher o meio de disposição a ser utilizado entre os previamente selecionados, deve-se ainda, detalhar se existe necessidade de pré-tratamento para adequar o resíduo, o custo e viabilidade deste, além de se realizar um estudo da demanda pelo resíduo. 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 próxima à fonte geradora, deve-se avaliar se é viável transportar o resíduo.

3.4 Avaliação da viabilidade econômica da opção de disposição escolhida em comparação com outras opções

A última etapa de avaliação de meios de disposição de resíduo refere-se à viabilidade econômica. 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. Portanto, a alternativa de disposição deve ser economicamente viável, recomendando-se a escolha de mais de um meio adequado ambientalmente para posterior avaliação econômica. Geralmente, a principal limitação econômica de um meio de disposição são os gastos com transporte do resíduo.

4. INDÚSTRIA PROCESSADORA DE BATATA

No processamento de batata, os principais resíduos produzidos são água utilizada na lavagem das batatas, casca ou pele de batata e o óleo utilizado nas frituras.

Num primeiro momento, pode-se sugerir as seguintes disposições para estes resíduos:

- água: pode ser tratada e reutilizada em sanitários e/ou na irrigação de jardins da empresa;

- óleo: fabricação de biodiesel ou sabão;
- pele ou casca: alimentação animal, matéria prima para compostagem e fabricação de papel reciclado.

É interessante lembrar que a avaliação e escolha do meio de disposição do resíduo deve ser feita caso a caso, e essas opções apenas são as mais utilizadas e não, necessariamente, as mais adequadas. Portanto, os usos descritos abaixo são apenas como informação adicional, uma vez que não é possível pré-determinar o que fazer com um resíduo sem um estudo de caso, ou seja, sem que a avaliação seja feita no local onde o resíduo é gerado.

4.1 Água de Lavagem

O problema de escassez de água, nem sempre pela simples falta física da mesma, mas também devido ao alto nível de contaminação das nossas coleções hídricas, tem levado à busca da minimização do consumo e do reaproveitamento da água. Uma alternativa que compreende tanto a minimização como o reaproveitamento é a substituição de fontes, que consiste no uso selecionado da água: águas de pior qualidade para usos menos restritivos (ex: lavagem de calçadas) e águas de melhor qualidade para usos nobres (ex: abastecimento doméstico) (Ideraldo Hespanhol - http://www.aguabolivia.org/situacionaguaX/IIIEncAguas/contenido/trabajos_verde/TC-158.htm).

Em 1985, o Conselho Econômico e Social das Nações Unidas, estabeleceu uma política de gestão para áreas carentes de recursos hídricos, recomendando que "a não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que toleram águas de qualidade inferior".

Um aspecto interessante é o de que a água, uma vez contaminada, pode ser tratada e reutilizada. O tipo de utilização que será dado vai depender de características da água após o tratamento, que por sua vez é função do grau de contaminação da água antes do tratamento e da eficiência do método de tratamento utilizado. Aspectos econômicos, relacionados com custo de implementação, operação e manutenção do sistema de tratamento para a reutilização da água devem ser considerados. Ou seja, o meio de disposição

ou, no caso específico da água, o meio de reuso a ser adotado deve ser escolhido mediante uma série de fatores que consideram, além da viabilidade ambiental, a viabilidade econômica.

Entre os reusos mais utilizados por indústrias alimentícias, pode-se citar:

- Irrigação de áreas ajardinadas ao redor da área industrial;
- Controle de poeira;
- Fontes e chafarizes, espelhos e quedas d'água (decoração);
- Descarga sanitária;
- Lavagem de equipamentos e veículos;
- Resfriamento;
- Lavagem de pisos e calçadas;
- Outros.

Particularmente para a água residuária do processamento de batata (água de lavagem), pode-se ainda, separar o amido e reaproveitá-lo. Existem muitos processos de separação do amido da água, sendo que a maioria utiliza a centrifugação como método de separação. A escolha do método vai depender do capital disponível para investir na compra do equipamento necessário, assim como para o destino do amido após sua separação. Conforme o tipo de uso do amido escolhido, será necessária a implantação de métodos específicos de separação. Por exemplo, para uso de amido na alimentação animal não é necessária uma alta eficiência do método de separação, necessitando de um menor investimento na implantação do sistema.

Os usos mais comuns do amido separado da água de lavagem são alimentação animal, alimentação humana, cola industrial, papel reciclado, entre outros.

O mais importante ao escolher o tipo de uso a ser dado à água e ao amido é o custo de implantação em relação aos ganhos com a reciclagem. Para isso, é fundamental um estudo de demanda, demonstrando qual uso do resíduo tem mercado garantido, ou se este pode ser reutilizado dentro do próprio estabelecimento processador da batata.

4.2 Óleo

O óleo de fritura geralmente é reutilizado na fabricação de sabão ou de biodiesel. No caso de fabricação de sabão, não é necessário nenhum pré-tratamento, a escolha desse meio de disposição deve ser baseada na viabilidade do local em termos de proximidade com fábricas de produtos de limpeza. Algumas empresas vendem o óleo, outras entregam o resíduo na fábrica e recebem em troca produtos de limpeza, outras, ainda, simplesmente entregam o produto. O tipo de negociação vai depender da demanda pelo resíduo, que definirá se esse pode ser vendido, trocado ou simplesmente doado. Qualquer uma das alternativas significa ganho para o gerador do resíduo (processador de batata), uma vez que o reuso como matéria prima da fabricação de sabão é um meio de disposição adequado.

É interessante citar, ainda, que alguns processadores optam por auxiliar entidades filantrópicas, que utilizam o óleo para produção de sabão caseiro para uso próprio ou para arrecadação de recursos. Nesse caso, além do benefício ambiental, tem-se o benefício social. Veja a seguinte reportagem:

"Enquanto a reciclagem de latas de alumínio e papel movimentam um mercado de R\$ 850 milhões no Brasil e ajuda na renda de milhares de catadores e pessoas de baixa renda, um outro rejeito - o óleo vegetal usado na cozinha - vem dando os primeiros passos na indústria do reaproveitamento e ajudando a pagar as contas de algumas entidades carentes. Prova desse movimento é o projeto Fabriquinha de Sabão, criado pelos funcionários da ABB (Grupo de indústrias de automação) em julho de 2002 e que já reverteu cerca de 200 litros de óleo em produtos de limpeza como detergentes, desinfetantes, entre outros" (ABB - Relatório de Desenvolvimento Sustentável de 2002 - www.abb.com.br/desenvolvimentosustentavel).

As vantagens do uso de óleo de fritura como biodiesel dizem respeito não só aos ganhos ambientais em relação à disposição correta do resíduo, mas também à diminuição da poluição atmosférica causada pela queima dos combustíveis fósseis. Num primeiro momento, pode parecer que o uso de óleo de fritura como biodiesel ainda é uma opção para o futuro. Entretanto, essa é uma alternativa já utilizada em algumas cidades brasileiras, de maneira que recomenda-se ao gerador do resíduo se informar se, em sua região, essa é

uma opção viável. A reportagem abaixo dá uma idéia da possibilidade desse meio de disposição.

"Projeto inicia coleta de óleo de fritura usado

O Projeto Biodiesel na Área de Proteção Ambiental (APA) do Distrito de Sousas teve início, no Dia Mundial do Meio Ambiente, no Condomínio San Conrado, em Sousas, com a coleta de óleo de fritura já usado que será transformado em biodiesel para servir como combustível de veículos da Prefeitura de Campinas. A iniciativa surgiu da parceria entre a Organização Não-governamental (ONG) Jaguatibaia, Cooperativa de Reciclagem Remodela, Departamento de Limpeza Urbana (DLU) da Prefeitura e Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S/A (Sanasa). Vale lembrar que o projeto Biodiesel é realizado em Campinas há oito meses em 20 locais, entre pontos comerciais e residências. O Projeto Biodiesel na APA de Sousas prevê a coleta de garrafas pet de óleo de fritura em toda a região e, com isso, evitar a contaminação do solo e reduzir o enxofre emitido pelos veículos, através do uso do diesel derivado do petróleo, que degrada o meio ambiente e pode causar chuva ácida. Além da coleta de óleo de fritura, os organizadores do projeto distribuíram panfletos à população informando como o projeto vai ser aplicado e convidando a população a participar. Um dos organizadores, José Carlos Perdigão, diretor-presidente da ONG Jaguatibaia, disse que o objetivo é transformar em biocombustível o óleo que é descartado pela rede de esgoto ou diretamente sobre o solo. "O projeto terá início em loteamentos e condomínios fechados. A intenção é expandir para pontos comerciais, como restaurantes, e também para escolas da região da APA", afirmou. Na portaria do Condomínio San Conrado houve uma demonstração do processo de transformação do óleo de fritura em biocombustível. Todas as segundas-feiras, um caminhão da Sanasa vai recolher o produto reciclável em garrafas pet ou de vidro. Os moradores poderão colocar as garrafas na porta de suas casas ou optar pelo Eco-Ponto. "Calcula-se que as cerca de 1,5 mil residências do loteamento produzam mensalmente, em média, 700 mililitros de óleo cada uma e isso já será um bom começo", afirmou Perdigão. Nos locais onde ainda não há rede coletora de esgoto, como é o caso do San Conrado, são utilizadas fossas para captação do esgoto doméstico. "Com isso, o óleo de fritura usado torna-se um grande vilão que impermeabiliza as paredes das fossas, o que resulta em constantes transbordamentos e, conseqüentemente, chamados para os caminhões limpa-fossa. Estes transferem o problema para as estações de tratamento de esgotos", explicou. Além de ajudar na despoluição dos rios da região, o projeto vai minimizar os custos de tratamento de esgoto e reduzir a necessidade de utilização do óleo diesel produzido a partir do petróleo, altamente nocivo ao meio ambiente. "Queremos ampliar a coleta de óleo e de recicláveis na cidade, tendo em vista a

preservação de mananciais e a diminuição do custo da água, bem como gerar empregos e renda para a população”, afirmou o engenheiro sanitário Fábio Gonzaga Cardoso, coordenador da coleta seletiva do DLU. A cooperativa vai reciclar também as garrafas pet e as de vidro. Fonte: Gilson Rei (Agência Anhangüera)
<http://www.reciclaveis.com.br/noticias/00506/0050615fritura.htm>

4.3 Pele ou casca

A pele ou casca da batata pode ser utilizada na alimentação animal e humana, como matéria prima de fertilizantes orgânicos, na fabricação de papel reciclado e, até mesmo, para geração de energia por meio de biodigestores.

Em uma avaliação da eficiência na digestibilidade de diferentes composições de ração bovina (80% milho, 10% alfafa, 5% de concentrado e 5% de suplemento), substituiu-se de 0 a 40% do milho por casca de batata (Radunz et al., 2003). Os resultados demonstraram que a média de ganho de peso diário diminuiu quando a casca de batata foi adicionada até 30%, mas aumentou com a dose de 40%. A principal conclusão dos autores foi que o uso de casca de batata na alimentação bovina é viável, mas dependente dos outros componentes da ração, assim como da quantidade de cada um desses e dos custos com transporte.

No caso de geração de energia, Kaparaju & Rintala, (2005) testaram a co-digestão anaeróbia de batata e de seus resíduos, como a casca, juntamente com esterco suíno em biodigestores, em pequena escala, referente à apenas uma fazenda. Os resultados indicaram que é possível produzir metano, e conseqüentemente, energia renovável, em pequena escala, sendo esse um interessante meio de disposição dos resíduos.

O uso da casca de batata como matéria prima para fertilizantes orgânicos é outra alternativa que merece destaque. A casca de batata geralmente apresenta P e Ca em sua composição, que são nutrientes para as plantas, além do conteúdo orgânico da mesma. Caso um dos meios de disposição viáveis, definido após a caracterização do resíduo, seja o uso agrícola, é necessário avaliar se existem outras fontes de matéria orgânica e nutrientes próximas ao estabelecimento para misturar à casca, resultando em um produto final de qualidade. Outra opção é averiguar se não existe nenhuma

indústria de fertilizante orgânico próxima ao estabelecimento, pois essas geralmente pagam por esse tipo de resíduo.

A principal preocupação, sob o ponto de vista ambiental, no que diz respeito ao reaproveitamento da casca da batata e, até mesmo da água de lavagem, diz respeito à possível presença de moléculas de agrotóxicos ou seus metabólitos (compostos orgânicos persistentes), que podem ser muito prejudiciais à saúde humana e/ou animal. Mesmo não sendo muito difundida a análise dos compostos em resíduos, sugere-se que numa primeira avaliação, sejam incluídas essas análises, assegurando ao processador de batata que o meio de disposição escolhido não resultará em nenhum tipo de dano ambiental. Nesse contexto, é importante destacar que, por lei, o **GERADOR** do resíduo **SEMPRE** é responsável pelo seu resíduo.

LITERATURA CITADA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Fórum Nacional de Normatização NBR-9897 - Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Resíduos Sólidos. 1987. 18p.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Fórum Nacional de Normatização NBR-10004. Resíduos Sólidos. 1987. 63p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Fórum Nacional de Normatização NBR-10005. Lixiviação de resíduos. 1987. 23p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Fórum Nacional de Normatização NBR-10006. Solubilização de resíduos. 1987. 20p.

BETTIOL, W. & CAMARGO O. A. (Ed.) Impacto Ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna: Embrapa, Meio Ambiente, 2000.311p.

BRASIL. Leis, decretos, etc. Legislação federal: controle da poluição ambiental (atualizado até junho, 1992). Brasília, Secretaria do Meio Ambiente. 1992. 260p.

GLÓRIA, N.A. da. Utilização racional dos resíduos da agroindústria sucroalcooleira e seus efeitos na produtividade da cana-de-açúcar. In: Seminário sobre tecnologias de manejo de solo e adubação da cana-de-açúcar. 1994, Anais. Ribeirão Preto, IDEA (Instituto de Desenvolvimento Agroindustrial, 1994.

GLÓRIA, N.A. da; ROSSETTO, R.; MATTIAZZO, M.E. Efeitos da utilização de resíduo da fermentação glutâmica na fertilização da cana planta. Anais, STAB, CONGRESSO NACIONAL, 8. 2002.

KAPARAJU, P.; RINTALA, J. Anaerobic co-digestion of potato tuber and its industrial by-products with pig-manure. Resources, conservation and recycling, v.43, p.175-188, 2005.

MATTIAZZO, M.E.; BARRETTO, M.C.V. & GLÓRIA, N.A. da. Compostagem de resíduos sólidos na indústria açucareira. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 5., Águas de São Pedro, 1993. Anais. Piracicaba, STAB, 1993. p. 91-95.

RANDUZ, A.E.; LARDY, G.P.; BAUER, M.L.; MARCHELLO, J.M.; BERG, P.T. Influence of steam-peeled potato-processing waste inclusion level in beef finishing diets: Effects on digestion, feedlot performance, and meat quality. Journal of Animal Science, v.81, p.2675-2875, 2003.

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.