



BASES ECOSSUSTENTÁVEIS PARA O DESENVOLVIMENTO URBANO: POTENCIAL ENERGÉTICO A PARTIR DE LODO DE ESGOTO E RESÍDUOS SÓLIDOS:

Rogério Carlos Traballi – doutorado, rogerio@traballi.com
Universidade Paulista - UNIP

Ieda Kanashiro Makiya – doutorado, iedakm@hotmail.com
Universidade Paulista – UNIP

Carlos César Breda – doutorado, breda@ufmt.br
UFMT

Resumo: Este trabalho apresenta algumas soluções ecossustentáveis para o desenvolvimento urbano, através da energia gerada a partir do processamento de resíduos sólidos e lodo de esgoto. Um exemplo de utilização de resíduos sólidos é a Central elétrica do aterro sanitário Bandeirantes, considerada a maior central de biogás do mundo. Outro modelo é a utilização do potencial energético proposto pela UNESP – Campus de Guaratinguetá, baseado na utilização do lodo de esgoto.

Palavras-chave: lodo de esgoto, fonte de energia alternativa, biogás.

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos tempos, a humanidade intensificou o processo de urbanização e o desenvolvimento industrial, sem se preocupar, entretanto, com o uso racional dos recursos naturais. Considerando que não se pode falar em lixo urbano abordando apenas a fase de tratamento, merecem destaque os aspectos sobre a gestão socialmente integrada para os resíduos sólidos urbanos, principalmente a geração. No modelo de desenvolvimento econômico não sustentável, há uma excessiva produção de lixo. Além da quantidade, há também a variedade de materiais e substâncias químicas estranhas ao ambiente. O uso de tecnologias para o tratamento térmico de resíduos sólidos urbanos (RSU), com ou sem aproveitamento energético, como solução aos problemas do lixo urbano, ainda é incipiente no Brasil. (CAIXETA, 2005)

De acordo com o censo de 1996 do IBGE apud Gomes et al (2001), 76% dos resíduos sólidos urbanos gerados eram descartados a céu aberto, 13% dos resíduos eram

colocados em aterros controlados, 10%, em aterros sanitários, 0,9% ia para usinas de reciclagem e compostagem e 0,1% era incinerado.

Algumas questões relacionadas aos resíduos de saneamento são contempladas na Agenda 21, na qual as alternativas de minimização da geração, bem como sua disposição segura e ambientalmente aceitável, devem ser buscadas e adotadas. (ANDREOLI, 2001)

Ainda segundo o autor, com relação ao lodo, atualmente, a sua produção no Brasil está estimada entre 150 mil e 220 mil toneladas de matéria seca por ano. Devido aos baixos índices de coleta e tratamento de esgoto ainda existentes no país e à pressão da sociedade por melhores condições ambientais, há uma potencial tendência de ocorrer um incremento substancial na quantidade de lodo a ser disposto na próxima década. A população urbana brasileira está estimada em 116 milhões de habitantes, porém apenas 32 milhões têm seu esgoto coletado, o qual, se fosse integralmente tratado, acarretaria uma produção de 325 mil a 473 mil toneladas por ano de lodo.

Mais de 90% do lodo produzido no mundo tem sua disposição final por meio de três processos: incineração, disposição em aterros e uso agrícola. A forma predominante de disposição final desses resíduos é o chamado uso benéfico, predominantemente por intermédio do uso agrícola, adotado para aproximadamente 55,5% do lodo produzido nos Estados Unidos, devendo alcançar 61,5% até 2010 (EPA, 1999). Na Europa, a reciclagem e a disposição em aterros sanitários são as alternativas predominantes, onde são direcionados, para cada uma delas, cerca de 40% do lodo produzido (Davis & Hall, 1997)

Dessa forma, esse trabalho se preocupou em pesquisar o aproveitamento desses dois resíduos, abordando suas aplicações para geração de energia alternativa e melhores perspectivas para o desenvolvimento urbano mais sustentável.

2. Lodo de esgoto

A pesquisa brasileira com uso de lodo de esgoto na agricultura foi iniciada na década de 1980. Muitos pesquisadores, dentre eles Breda (2003), publicaram artigos sobre a utilização de lodo de esgoto.

Já as pesquisas com utilização de lodo na área florestal são mais recentes. Em 1998, um grupo de pesquisadores da ESALQ/USP iniciou as primeiras pesquisas de campo com a aplicação de lodo de esgoto em espécies florestais no Brasil. O trabalho de Poggiani e Bennedeti (1999) resume o programa de pesquisa desse grupo e mostra os vários subprojetos que foram desenvolvidos para verificar a viabilidade ecológica, silvicultural e econômica da utilização do lodo de esgoto na cultura de eucalipto (GUEDES et al., 2006).

O lodo de esgoto está se tornando cada vez mais um grande problema para as municipalidades ao redor do mundo, pois as quantidades produzidas continuam crescendo com o aumento da densidade populacional das cidades. Uma alternativa para sua disposição é a utilização na agricultura e em áreas florestais como fertilizante orgânico.

O lodo de esgoto é utilizado em vários países nos cultivos florestais, principalmente em regiões de clima temperado. Em países tropicais seu uso ainda é restrito e pouco estudado. No estado de São Paulo, vastas áreas destinadas a florestas poderiam absorver grande parte do lodo de esgoto produzido nas Estações de Tratamento de Esgoto (ROCHA et al., 2004).

A dificuldade para realizar a disposição final adequada do lodo de esgoto produzido nas estações de tratamento é um problema para os gerentes da área de saneamento no Brasil. As pesquisas demonstram que esse resíduo pode ser utilizado para fins agrícolas e/ou florestais, evitando sua deposição em aterros e lixões, geralmente localizados na periferia das grandes cidades. Assim, esse resíduo, hoje problemático, no futuro poderá ser

considerado um insumo, gerando um estímulo para que mais esgotos urbanos sejam tratados antes de promoverem a eutrofização e poluição dos rios (LIRA et al., 2008).

No exterior, as pesquisas sobre o uso do lodo de esgoto como fertilizante em áreas agrícolas e florestais estão bastante desenvolvidas, principalmente em alguns países da América do Norte e Europa. Na Alemanha, por exemplo, grande parte ou todo o lodo gerado nas ETEs é utilizado em escala operacional nas plantações florestais.

É importante frisar que, mesmo em caráter experimental, pouco se conhece sobre os efeitos da aplicação de lodo de esgoto na ciclagem do C e do N, bem como na imobilização desses elementos nos compartimentos do ecossistema (LIRA et al., 2008).

A utilização de lodo de esgoto e o aproveitamento do seu potencial fertilizante e condicionador de solos, bem como da sua influência positiva no crescimento de plantas, representam possibilidades de associar ganhos para o produtor, por meio do aumento da produtividade das culturas e redução do uso de fertilizantes minerais, com ganhos para os geradores de lodo, pela efetivação de métodos adequados e mais econômicos de disposição final desse resíduo (GUEDES et al., 2006).

Uma das utilizações potenciais do lodo de esgoto é o seu aproveitamento como recondicionador físico e químico de solos usados em cultivos agrícolas e florestais (ROCHA et al., 2004)

3. Limitações da utilização do lodo de esgoto como fertilizante agrícola

Oliveira (2000) e Breda (2003) afirmam que as principais limitações do uso dos lodos de esgoto seriam gerar doenças prejudiciais ao homem e a possível presença de metais pesados, que podem ocasionar toxicidade nas culturas e/ou contaminação dos solos e das águas subterrâneas.

No entanto, estudos conduzidos no Brasil como, por exemplo, Bettiol e Camargo (2000) e Corrêa et al. (2008a) mostraram que os lodos de esgoto não acarretam problemas de contaminação de solo com metais pesados. Também a resolução no 375 do CONAMA (2006) impõe limitações aos metais pesados poluentes. Tsutiya et al. (2001) ressaltam que quantidades superiores aos limites estabelecidos não são aceitáveis para aplicação do lodo de esgoto em solos agrícolas.

Os critérios para taxa de aplicação de lodos de esgoto na área agrícola são definidos em função do nitrogênio disponível, que não poderá ultrapassar o quociente entre a quantidade de nitrogênio recomendado pela cultura agrícola e o teor de nitrogênio disponível no lodo de esgoto, sendo que para a cultura do milho é de 6 t/ha. Pode também ser baseada na capacidade de neutralização da acidez do solo, não ultrapassando o valor de pH 7,0 em CaCl_2 (TSUTIYA et al., 2001; MELO et al., 2001).

4. Lodo de esgoto como potencial energético: aplicação do biodigestor pela UNESP Campus Guaratinguetá

A miniETERA (miniestação de tratamento de efluente e reuso de água) é composta por processo integrado anaeróbio (sem a presença de ar), aeróbio (na presença de ar) e anóxico (sem a presença de ar, porém na presença de nitrato), associada a um sistema compacto de cogeração de energia acionado a biogás, ambos desenvolvidos por integrantes do Grupo de Pesquisa.

O biogás aproveitado é convertido em energia elétrica, para acionar o sistema aeróbio, e em água quente, para aquecer o sistema biodigestor anaeróbio. O efluente tratado é utilizado para ferti-irrigação de áreas verdes.

A miniETERA é modular, compacta, auto-suficiente energeticamente e composta pelos seguintes sistemas: a) o anaeróbio, constituído por 3 biodigestores anaeróbios de fluxo ascendente em manto de lodo, dispostos em série, formando cascata e com sistema separador de fases em formato helicoidal; b) o aeróbio e anóxico, compostos por um biodigestor aeróbio e anóxico tubular vertical com aeração do tipo bolha fina; c) o cogenerador de energia compacto, convertido a biogás, capaz de produzir, simultaneamente, energia elétrica e água quente; d) o sistema de re-uso de águas para ferti-irrigação, composto por uma rede de distribuição e de gotejamento do efluente tratado. O processo visa promover, simultaneamente, saneamento ambiental do esgoto, aproveitamento energético do biogás produzido e re-uso do efluente tratado, mitigando, assim, o impacto ambiental causado pelo descarte *in natura* de esgoto nos corpos d'água e de biogás na atmosfera.



Figura 1 – Fotos da miniETERA instalada na UNESP – Campus de Guaratinguetá



Figura 2 – Aplicação do biogás na cantina da UNESP – Campus de Guaratinguetá

Biodigestor anaeróbico é um equipamento usado para a produção de biogás, uma mistura de gases – principalmente metano - produzida por bactérias que digerem matéria orgânica em condições anaeróbicas (isto é, em ausência de oxigênio). Um biodigestor nada mais é que um reator químico em que as reações químicas têm origem biológica.

4.1. Biogás

O biogás pode ser usado como combustível em substituição do gás natural ou do Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), ambos extraídos de reservas minerais. O biogás pode ser utilizado para cozinhar em residências rurais próximas ao local de produção (economizando outras fontes de energia, como principalmente lenha ou GLP). Pode também ser utilizado na produção rural como, por exemplo, no aquecimento de instalações para animais muito sensíveis ao frio (leitões até 15 dias de idade, por exemplo) ou no aquecimento de estufas de produção vegetal. Pode ser usado também na geração de energia elétrica, através de geradores elétricos acoplados a motores de explosão adaptados ao consumo de gás.

Um metro cúbico (1 m³) de biogás equivale energeticamente a :

- * 1,5 m³ de gás de cozinha;
- * 0,52 a 0,6 litro de gasolina;
- * 0,9 litro de álcool;
- * 1,43 KWh de eletricidade;
- * 2,7 Kg de lenha (madeira queimada).

O efluente (o líquido que sai do biodigestor após o período de tempo necessário à digestão da matéria orgânica pelas bactérias) possui propriedades fertilizantes. Além de água, o líquido efluente, conhecido como biofertilizante, apresenta elementos químicos como nitrogênio, fósforo e potássio em quantidades e formas químicas tais que podem ser usados diretamente na adubação de espécies vegetais através de fertirrigação.

O biofertilizante possui entre 90 a 95 % de água (isto é, 5 a 10% de fração seca do líquido). Nessa base seca, o teor de nitrogênio - dependendo do material que lhe deu origem - fica entre 1,5 a 4% de nitrogênio (N), 1 a 5% de fosfato (P₂O₅) e 0,5 a 3% de potássio (K₂O).

O mesmo biodigestor que trata os dejetos vindos do estábulo ou da pocilga ou do confinamento de bovinos pode ser ligado ao esgoto doméstico das residências. Embora sejam usados primordialmente como fonte de energia e de fertilizantes orgânicos para produtores rurais, o biodigestor também pode ser enfocado como um sistema de tratamento de esgotos humanos para pequenas comunidades urbanas.

5. Resíduos sólidos

Uma solução sustentável sob a forma de produção de energia limpa pode ser observada a partir do aproveitamento adequado do gás metano gerado pelo lixo, evitando a queima sem controle lançando toneladas de poluentes para a atmosfera e contribuindo para o efeito estufa.

No caso do aterro municipal Bandeirante, localizado na Rodovia dos Bandeirantes km 26, em Perus, os gases produzidos, originários da decomposição de matéria orgânica, eram - e ainda são em parte - queimados em drenos verticais e lançados para a atmosfera. Segundo Sanaga (2004), com a inauguração da termelétrica, em janeiro de 2004, 12 mil m³ por hora de gases com pelo menos 50% de metano, captados em 126 poços conectados a redes de tubos numa extensão de 43 km, são encaminhados para queima gerando energia calorífica que é transformada em energia elétrica.

Central Térmica a Gás do Aterro Sanitário Municipal Bandeirantes tem capacidade para produzir 170 mil megawatts-hora de energia elétrica, suficiente para abastecer uma cidade de 400 mil habitantes. Os representantes da Biogás, uma empresa sediada em São Paulo, detentora de tecnologia em projetos de desgaseificação de aterros, que concebeu a termelétrica do Bandeirantes, afirmam que a utilização correta dos gases gerados nesse aterro reduzirá a emissão equivalente a 8 milhões de toneladas de gás carbônico no período de 15 anos, contribuindo assim para a mitigação do efeito estufa.

Dessa forma, possibilitou que o Aterro Bandeirantes assinasse contrato de crédito de carbono com banco alemão, que prevê a venda de certificados no valor de um milhão de toneladas de carbono para KFW, que de acordo com Canazio (2006), deve render 24 milhões de euros. O projeto foi estruturado pela Econergy, sendo a central elétrica a UTE (usina termelétrica) Bandeirantes, de Perus (SP), implantada pelo consórcio Biogás Energia Ambiental, formado pela Arcadis Logos Engenharia, da área de projetos energéticos do grupo Logos Engenharia, pela Heleno & Fonseca, construtora e operadora do aterro Bandeirantes e pela holandesa Van Der Wiel, especializada em projetos de desgaseificação.

A termelétrica tem capacidade instalada para captar 18 mil metros cúbicos de biogás por hora. Deles, 12 mil metros cúbicos por hora são consumidos para gerar energia e atender ao contrato de fornecimento fechado com o Unibanco, responsável pela gestão energética. Quando atingir sua capacidade plena de captura de gás, a usina terá o equivalente a um milhão de créditos de carbono ao ano. Mas as quantidades de captura inicialmente estimadas para esse resultado acabaram sendo cerca de 50% maiores do que o efetivamente coletado, já que há diferenças no volume extraído em poços mais antigos (400 mil metros cúbicos por hora) e nos mais novos (40 a 60 mil metros cúbicos por hora), em razão das características do lixo.

Além disso, há diferenças também entre a captação de gás em aterros novos e em aterros já encerrados, já que a eficiência da coleta é diretamente afetada pela operação do aterro. Quanto mais cedo ela for iniciada, maior o volume extraído, mas a desgaseificação altera as características do aterro, permitindo que ele receba mais resíduos, como já vem ocorrendo no Bandeirantes. Essa interferência na “vida” do aterro acaba onerando o custo de execução do projeto, o que não acontece num aterro já encerrado, locais onde há possibilidade de inserção de processos de biodegradação para ativar a coleta de gás, dando maior viabilidade econômica ao projeto.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em todo o mundo, segundo Basseto et al (2006), existem 244 projetos aprovados segundo os critérios do Protocolo de Kyoto. Desses projetos, 74 são brasileiros, 54 indianos e 14 chineses. Os 74 projetos brasileiros já aprovados acumulam um total de créditos de 130 milhões de toneladas de CO₂, nos cálculos da Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima (IZIQUE, 2006). O Brasil não tem obrigação de redução das emissões, neste primeiro período de compromisso que compreende os anos de 2008 a 2012, mas tem potencial para implantação de projetos de MDL (Mecanismos de Desenvolvimento Limpo). No entanto, necessita de investimentos que poderão ser oriundos dos países desenvolvidos, signatários ao Protocolo, e que possuem o compromisso com a redução dos GEEs (Gases de Efeito Estufa)

Dessa forma, pode-se perceber que a utilização de resíduos sólidos e/ou lodos de esgotos são alternativas ecossustentáveis para o desenvolvimento urbano, diminuindo o



impacto ambiental desses descartes, com a geração de energia renovável e a possibilidade de geração de renda através da comercialização de créditos de carbono.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREOLI, Cleverson Vitório. Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final Rio de Janeiro : RiMa, ABES, 2001.

BASSETO, L.I.; GUELBERT, T.F.; KOVALESKI, J.L.; LESZCZYNSKI, S.A.C.; LIMA, I. A.. Crédito de carbono: uma moeda ambiental como fator de motivação econômica. XXVI ENEGEP - Fortaleza, CE, Brasil, 9 a 11 de Outubro de 2006

CAIXETA, DALMA MARIA. Geração de energia elétrica a partir da incineração de lixo urbano: O caso de Campo Grande/MS, 86 p. 297 mm, (UnB-CDS, Especialização, Resíduos Sólidos, 2005)

CANAZIO, Alexandre. Agência Canal Energia, seção Negócios, São Paulo, 05/04/2006

CORRÊA, J. C. et al. Correção da acidez e mobilidade de íons pela aplicação superficial de escória de aciaria, lama cal, lodo de esgoto e calcário. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 42, p. 1307-1317, 2007.

CORRÊA, J. C. et al. Disponibilidade de metais pesados em Latossolo com aplicação superficial de escória, lama cal, lodos de esgoto e calcário. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 43, p. 411-419, 2008a.

GOMES, L. P.; COELHO, O.W.; ERBA, D.A.; VERONEZ, M. Critérios de seleção de áreas para disposição final de resíduos sólidos. In: Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final Rio de Janeiro : RiMa, ABES, 2001.

OLIVEIRA, F. et al. Amostragem para avaliação da fertilidade do solo em função do instrumento de coleta das amostras e de tipos de preparo do solo Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 31 p. 973-983, 2007.