

III-115 - ROTAS TECNOLÓGICAS – TRATAMENTO/DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO JAPÃO

Larissa Diniz Cavalcante⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária – Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia do Ceará – IFCE Campus Maracanaú.

Francisco Humberto de Carvalho Junior⁽²⁾

Engenheiro Civil pela Universidade de Fortaleza (1983), Especialista em Engenharia Urbana pela Universidade de Fortaleza (1997), Mestre em Engenharia Civil (Saneamento Ambiental) pela Universidade Federal do Ceará (2002). Doutor em Engenharia Civil - Saneamento Ambiental (2013) pela Universidade Federal do Ceará. Professor titular do Instituto Federal em Educação, Tecnologia e Ciência do Estado do Ceará - IFCE do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental- campus de Maracanaú.

Endereço⁽¹⁾: Av. Godofredo Maciel, 2440 AP. 101 BL. J - Maraponga - Fortaleza - Ceará - CEP: 60710-684 - Brasil - Tel: +55 (85) 3013-6889 - e-mail: ldinizcavalcante@gmail.com

RESUMO

O Japão é um dos países líderes no mundo nas práticas de gestão e nas tecnologias empregadas no tratamento dos resíduos sólidos. O objetivo deste trabalho é analisar as principais tecnologias de tratamento e rotas tecnológicas para destinação dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), empregadas nesse país. A metodologia foi baseada na pesquisa bibliográfica, descritiva e quantitativa dos dados disponíveis no Relatório do BNDES nº 02/2010.

PALAVRAS-CHAVE: Rotas tecnológicas, Resíduos sólidos, Tratamento, Disposição Final, Japão.

INTRODUÇÃO

Através de coletas diferenciadas é preciso adoção de determinadas formas de tratamento que implica na separação prévia dos resíduos, sem a qual não haverá resultados efetivos do tratamento ou do sistema. Outro aspecto importante é a necessidade de ter uma análise dos resíduos sólidos urbanos, considerando sua geração (quantidade e composição), acondicionamento e coleta.

Neste trabalho foram avaliadas diferentes tecnologias de tratamento e disposição final dos resíduos sólidos urbanos (RSU), foram analisadas as políticas públicas, os perfis institucionais e o quadro legal adotado no Japão e um levantamento sobre as principais tecnologias de tratamento e rotas tecnológicas para destinação dos RSU.

POLÍTICAS PÚBLICAS

As Políticas Públicas têm em seu conceito basicamente três elementos: utilização de meios ou de instrumentos legais; busca por metas, objetivos ou fins, e temporalidade. Para resumir Políticas Públicas são as ações que o governo pratica ou não e os efeitos que tais atos (ou a sua ausência) causam na sociedade.

As políticas públicas voltadas para o tratamento e disposição final dos RSU foram significativas na solução dos problemas e na condução de uma gestão mais adequada dos resíduos no Japão. A legislação federal sobre os RSU no Japão, aplica uma regra a todos os municípios. Institucionalmente baseia-se na implantação de estímulos que inibem tanto a capacidade de geração (promovendo a redução), quanto o mau gerenciamento do volume gerado dos resíduos sólidos.

O JAPÃO

O Japão é um dos países líderes no mundo nas práticas de gestão e nas tecnologias empregadas no tratamento dos resíduos sólidos.

O primeiro exercício legislativo na área de gestão de resíduos foi instituir a Lei da Limpeza Pública, em 1954, que tinha por objetivo a proteção e melhoria da saúde pública pela eliminação de resíduos e pela limpeza do ambiente. Tal lei foi alterada em 1970, sendo revogada e o estabelecendo a Lei de Gestão de Resíduos (hoje chamada de Gestão de Resíduos e da Limpeza Pública), sendo o primeiro passo na formação da atual política sobre Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos no Japão.

Dois aspectos para formular a política e diretrizes para a gestão de resíduos no país são: o elevado contingente populacional e o intensivo uso do solo (SMA, 1998b).

O Japão é referência mundial por escolher a tecnologia adequada de tratamento. Ele apresenta hoje elevados índices de reciclagem de variados tipos de materiais e utiliza fortemente o processo de incineração para a redução do volume de resíduos sólidos.

O MODELO JAPONÊS

A gestão de RSU no Japão é baseada em três legislações relevantes, advindas da lei maior, a Lei Básica de Meio Ambiente: a Lei de Gestão de Resíduos e Limpeza, revista periodicamente desde 1970; a Lei para a Promoção da Utilização Eficiente de Recursos, aplicada em 1991; e a Lei Fundamental do Ciclo de Vida dos Materiais, aplicada em 2000.

Os planos de gerenciamento de resíduos visam o aumento da reciclagem e da reutilização de materiais, a diminuição do volume de resíduos descartados, o aumento da vida útil dos aterros sanitários e minimização dos custos com o gerenciamento dos resíduos.

Mesmo o modelo japonês sendo considerado como bastante avançado quando comparado à alguns países, a legislação japonesa se ajusta fortemente à questão territorial do país, com tecnologias voltadas à redução do volume de resíduos, o que leva ao uso intensivo da incineração.

QUADRO LEGAL DO JAPÃO

A figura 01 apresenta a legislação sobre resíduos no Japão.

LEGISLAÇÃO	OBJETO
Lei básica do Meio Ambiente.	Protege o meio ambiente, reconhecendo-o como nosso sistema de suporte de vida essencial para ser passado às gerações futuras.
Lei para a utilização eficiente de recursos.	Compõe o quadro legislativo federal no Japão que rege a utilização adequada dos resíduos sólidos e prevê: a reciclagem de recursos reaproveitáveis; a aplicação de estruturas e materiais, etc. que facilitem a reciclagem; a indicação para recuperação selecionada; e a utilização eficaz de subprodutos.
Lei Fundamental para o estabelecimento do "Ciclo de Materiais".	Estabelece a Material Ciclo Society (SMC), fornecendo os princípios sobre como a gestão de resíduos japonesa deve ser conduzida.
Lei de Gestão de Resíduos e Limpeza Pública.	Prevê a redução da produção de resíduos, o tratamento adequado de resíduos (incluindo a reciclagem), o regulamento sobre a instalação de estações de tratamento de resíduos, o regulamento sobre empresas de serviços para resíduos, a criação de normas de tratamento de resíduos, etc.

Quadro 01: - Legislação sobre resíduos sólidos no Japão. Fonte: Relatório BNDES nº02/2010.

ARRANJOS INSTITUCIONAIS

Na figura 02, é exibida uma síntese dos arranjos institucionais, modelos de gestão e sistemas de incentivos adotados na política japonesa.

	JAPÃO
ARRANJO INSTITUCIONAL	A União legisla sobre resíduos sólidos, mas a gestão é municipal.
MODELO DE GESTÃO	O modelo de gestão é estritamente previsto em lei e regulado por agência federal.
SISTEMA DE INCENTIVO	O governo federal tem autonomia e alto grau de intervenção nos municípios e o sistema de incentivos é fortemente voltado à adoção das tecnologias legais.

Figura 02 - Síntese dos arranjos institucionais, modelos de gestão e sistemas de incentivos

Fonte: Relatório BNDES nº02/2010.

INFLUÊNCIA DAS POLÍTICAS PÚBLICAS NA GESTÃO DE RESÍDUOS E TECNOLOGIAS ADOTADAS NO JAPÃO

No Japão, a geração de resíduos urbanos teve aumento entre 1985 e 2000, houve diminuição de 2000 a 2007 e decréscimo de 2007 a 2009. Esta redução da geração de resíduos é resultante do sucesso das leis que associam as estratégias nacionais para os 3Rs (reduzir, reutilizar, reciclar) e estabelecem o “ciclo de materiais”.

A Lei de Gestão de Resíduos e Limpeza Pública implicou de forma direta a redução gradativa da geração dos resíduos, registrando-se a diminuição da quantidade de resíduos em 15,6% (de 2000 a 2009) (MOEJ, 2011). A per capita de geração de resíduos em 2009 diminuiu 16% em relação a 2000 (MOEJ, 2012), melhor dizendo, a geração de resíduos urbanos em 2009 pode se comparar a do ano de 1987.

Há diversas alternativas de tecnologias no Japão, porém é possível perceber um alinhamento nas legislações para definir a tendência para segregação, as escolhas, a existência de coleta seletiva, os arranjos institucionais, e ainda a importância da instalação de incineradores e até aterros sanitários.

Existem diferenças regionais principalmente em termos de desempenho de reciclagem, uso de plantas de combustão de resíduos e geração de energia, e de propriedade (público x privado) das etapas de um sistema de gestão de resíduos sólidos em particular. A incineração é o principal tratamento de resíduos sólidos urbanos no Japão, contudo é o mais caro. Há uma tentativa de promover a redução da geração de resíduos e melhorar a eficiência na separação dos resíduos na fonte, por alguns governantes locais, reduzindo assim as emissões de dióxido de carbono e o custo da incineração. Os aterros sanitários geralmente são utilizados para dispor resíduos não inflamáveis e resíduos após tratamento intermediário, como as cinzas dos incineradores.

TECNOLOGIAS PARA TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DE RSU

Hoje existem diversos tipos de tratamentos para os diferentes resíduos. Houveram evoluções e inovações tecnológicas muito significativas nos países desenvolvidos e que acompanharam as necessidades energéticas, materiais e ambientais em resposta às demandas da população, seu crescimento, suas culturas e economias baseadas em legislações claras e objetivas, implantadas gradativamente ao avanço das tecnologias, sensibilização social e educação de suas sociedades. Desta forma, o Japão desenvolveu várias tecnologias para tratamento de seus resíduos sólidos urbanos.

Existem quatro sistemas básicos de tratamento e disposição de RSU e se baseiam na triagem, tratamentos biológicos, incineração e aterros sanitários.

Para se adotar uma certa forma de tratamento deve haver uma separação prévia dos resíduos, e ocorrendo coleta diferenciada, sem ela não haverá resultados efetivos do tratamento ou do sistema. Outro aspecto importante é analisar os resíduos sólidos urbanos em forma de cadeia produtiva, considerando sua geração (quantidade e composição), acondicionamento e coleta, diferentes tipos de tratamento e disposição final.

A figura 03 mostra as principais formas de tratamento dos RSU, processos e evoluções e principais produtos – matérias-primas e suas inovações tecnológicas.

SISTEMAS BÁSICOS	PROCESSOS	EVOLUÇÃO	PRODUTOS	INOVAÇÃO
TRIAGEM	Físico	Coleta Seletiva, Tratamento Mecânico- Biológico (TMB).	Matéria-Prima para Reciclagem e Energia	Recuperação dos resíduos (Waste to Resources-WTR) Energia derivada dos resíduos (Waste to Energy-WTE)
TRATAMENTO BIOLÓGICO	Biológico	Biodigestores Anaeróbios, Compostagem	Composto Orgânico e Energia	Agricultura e Energia derivada dos resíduos (Waste to Energy-WTE)
INCINERAÇÃO	Físico-químico	Tratamento Térmico	Vapor e Energia Elétrica	Energia derivada dos resíduos (Waste to Energy-WTE)
ATERROS SANITÁRIOS	Físico, Químico e Biológico	Reator Anaeróbio, Tratamento da M. Orgânica	Biogás (Energia) e Lixiviado	Energia derivada dos resíduos (Waste to Energy-WTE) e Fertilizantes

Figura 03 - Evolução dos sistemas de tratamento dos resíduos sólidos urbanos

Fonte: Jucá, 2011.

TRIAGEM

É feita uma coleta diferenciada, logo após o material seco é transportado para unidades ou centros de triagem, é feita uma separação do material específico e limpeza para ser comercializado.

RECICLAGEM

Consiste no aproveitamento e transformação de resíduos quando retornado a indústria para serem comercializados. Vantagens: preservação de recursos naturais; economia de energia; geração de trabalho e renda; e conscientização da população para as questões ambientais. Desvantagens: depende da economia local e do mercado de cada um dos materiais triados; o custo do beneficiamento da maioria dos materiais recicláveis ainda é considerado elevado em relação ao custo de matéria-prima virgem.

TRATAMENTO BIOLÓGICO: COMPOSTAGEM

Processo biológico onde ocorre a decomposição por meio aeróbico da matéria orgânica em resíduos de origem animal ou vegetal. Esse processo gera um produto que pode ser aplicado no solo para melhorar suas características de produtividade, sem ocasionar riscos ao meio ambiente. Vantagens: aumento da vida útil do local de disposição final de resíduos; melhora o aproveitamento agrícola da matéria orgânica pelo uso de composto orgânico no solo; os rejeitos podem ser dispostos nos aterros sanitários, reduzindo problemas relativos à formação de gases e lixiviados; pouca mão de obra especializada; se bem operadas, não causam poluição atmosférica ou hídrica; existindo mercado há geração de renda na comercialização do composto.

Desvantagens: exige uma separação eficiente de resíduos e um tempo de processamento que pode chegar a seis meses; necessidade de mercado para revender o composto; se mal operada, os líquidos e gases gerados podem contaminar o meio ambiente comprometendo a qualidade de vida; os custos com a coleta diferenciada são altos.

TRATAMENTO BIOLÓGICO: DIGESTÃO ANAERÓBIA

Processo de conversão de matéria orgânica na ausência de oxigênio livre, ocorrendo em três fases: ácida; acetogênica e metanogênica, com a geração de gás carbônico e metano.

As unidades de digestão anaeróbia (DA) têm quatro estágios: pré-tratamento, digestão dos resíduos, recuperação do biogás e tratamento dos resíduos digeridos.

A viabilidade econômica relacionada aos processos de DA pode ser alcançada a partir da redução dos custos de disposição em aterro sanitário; geração de receita derivada da produção e comercialização de energia renovável e ainda a possibilidade de comercialização de créditos de carbono.

As vantagens desse tipo de tratamento são: aumento da vida útil dos aterros sanitários; redução da fração orgânica dos RSU, responsável pelos odores desagradáveis e geração de lixiviados de alta carga poluidora nos aterros sanitários; maior geração de biogás e metano devido às condições controladas de umidade e temperatura dos digestores; permite a coleta de todo o biogás gerado (em aterros o índice de recuperação pode variar de 20 a 40 %), reduzindo assim as emissões de gases de efeito estufa; em seu processamento tem-se a geração de produtos valorizáveis: biogás (energia e calor) e composto orgânico. Desvantagens: a composição dos resíduos pode variar dependendo da localização (zona de geração) e da estação do ano, podendo comprometer o processo de biodigestão anaeróbia e consequentemente a qualidade do biogás e do material digerido gerado; necessidade de etapa posterior (como compostagem) para bioestabilização dos resíduos digeridos; dificuldade na operação do sistema, principalmente em termos de obstruções de canalização, principalmente em sistemas contínuos; necessidade de mão de obra qualificada para o processo de operação e monitoramento da planta.

TRATAMENTO BIOLÓGICO: INCINERAÇÃO

É uma das tecnologias de tratamento mais antigas existente no Japão. Seu principal objetivo é o tratamento térmico e redução do volume dos resíduos e utilização da energia contida. A energia recuperada pode ser utilizada para produzir calor e eletricidade.

Esta tecnologia é indicada para o tratamento térmico de quantidades médias de resíduos sólidos (mais de 160.000 t/ano ou 240 t/dia), sempre se trabalhando com linhas médias de produção de 8 a 10 t/h (Gandolla, 2012) e no mínimo uma linha trabalhando 8.000 h/ano.

A incineração é um tratamento realizado em alta temperatura (acima de 800 °C) a partir da mistura de ar num intervalo de tempo. Os resíduos incinerados submetidos a um ambiente altamente oxidante, são decompostos em três fases: sólida inerte (cinzas ou escórias - após comprovada sua inertização, podem ser dispostas em aterro sanitário); gasosa (os gases gerados devem ser tratados antes da sua emissão para a atmosfera, pois normalmente são compostos por dióxido de carbono (CO₂), oxigênio residual (O₂), óxidos de nitrogênio

(NO₂), óxidos de enxofre (SO₂) e materiais particulados) e uma quantidade mínima líquida (os efluentes líquidos devem ser neutralizados na própria planta e direcionados para as estações de tratamento de efluentes específicas).

A recuperação total energética do incinerador moderno se situa entre 50 e 70% da energia presente nos RSU, sendo de 15 a 25% energia elétrica e a restante energia térmica. O método geralmente aplicado para o tratamento de RSU pela incineração é o do ciclo combinado, onde se tem a geração de energia elétrica e de calor juntamente com a eliminação dos resíduos.

Na Figura 04 são apresentados, de forma ilustrativa, os principais equipamentos e um diagrama esquemático de um incinerador.



Figura 04 - Incinerador de resíduos sólidos.

Fonte: SESWET, European Suppliers of Waste to Energ Suppliers – ABRELPE, 2012.

Os incineradores no Japão operam sobre uma legislação ambiental rigorosa, mesmo havendo um maior custo para atender a mais desenvolvida tecnologia de controle de poluição atmosférica.

As principais vantagens desse tratamento são: destruição da maior parte dos componentes do resíduo (a redução de volume é muito relevante em locais de poucas áreas para tratamento e disposição dos resíduos); potencial de recuperação de energia superior aos aterros; necessidade de menor área para instalação e redução na emissão de odores e ruídos. Desvantagens: elevados custos de instalação, operação e manutenção do tratamento dos resíduos e inviabilidade de produção em caso de resíduos com umidade excessiva, pequeno poder calorífico ou colorados.

TRATAMENTO BIOLÓGICO: ATERRO SANITÁRIO

O Aterro Sanitário, além de ser o local de disposição final dos resíduos, também pode ser considerado como uma tecnologia de tratamento de resíduos dada a ocorrência de um conjunto de processos físicos, químicos e

microbiológicos, sob a forma de um reator anaeróbio, que tem como resultado uma massa de resíduos, química e biologicamente, mais estável (Recesa, 2010).

Existem diversos elementos que devem ser projetados e planejados com base em critérios de engenharia, tais como sistema de impermeabilização de base, sistema de drenagem de águas superficiais, drenagem de líquidos e gases gerados na decomposição da massa de resíduos, sistema de cobertura dos resíduos, unidades de tratamento de lixiviados e outros. Todos eles objetivam garantir a segurança do aterro, o controle de efluentes líquidos, a redução das emissões gasosas, a redução de riscos à saúde da população. Cada um desses elementos depende do tipo de aterro, das características dos resíduos, do terreno, entre outros.

A classificação depende da forma como o aterro sanitário é projetado, assim temos:

ATERRO EM VALA: instalação para disposição de RSU no solo, em escavação com profundidade limitada e largura variável, confinada em todos os lados, dando oportunidade a uma operação não mecanizada.

ATERRO EM TRINCHEIRA: instalação para disposição de RSU no solo, em escavação sem limitação de profundidade e largura, que se caracteriza por confinamento em três lados e operação mecanizada.

ATERRO EM ENCOSTA: instalação para disposição de RSU no solo, caracterizada pelo uso de taludes pré-existentes, usualmente implantados em áreas de ondulações ou depressões naturais, encostas de morros ou pedreiras e áreas de mineração desativadas.

ATERRO EM ÁREA: instalação para disposição de RSU no solo, caracterizada pela disposição em áreas planas acima da cota do terreno natural.

O aterro sanitário com geração de energia utiliza a drenagem dos gases gerados nos processos de decomposição anaeróbia dos resíduos e os envia através de tubos coletores, para uma unidade de geração de energia. Nesse caso, houve uma evolução tecnológica e os aterros podem ser considerados digestores anaeróbios (sistema físico, químico e biológico), em que a meta da biodegradação dos resíduos é reduzir o volume aterrado, otimizar áreas e reduzir custos operacionais, e o aproveitar a energia proveniente do biogás. O ganho de eficiência na produção de metano é obtido pelas condições de projeto e operação, composição dos resíduos, composição microbiológica dos nutrientes presentes na massa de resíduos e pela densidade e umidade de sua disposição.

As vantagens desse tratamento são: possibilidade de se utilizar áreas já degradadas por outras atividades (ex: área utilizada como pedreira, etc.); possibilidade de receber e acomodar rapidamente quantidades variáveis de resíduos, sendo bastante flexível; recebimento de resíduos de diversas naturezas (classe IIA e IIB); adaptável a comunidades grandes ou pequenas; apresentação de menores custos de investimento e operação que outras tecnologias; simples operacionalização, não requerendo pessoal altamente especializado; possibilidade de aproveitamento energético do biogás; não causa danos ao meio ambiente se corretamente projetado e executado. Desvantagens: necessidade de grandes áreas para aterro, muitas vezes, longe da área urbana, acarretando despesas adicionais com transporte; possibilidade de desenvolvimento de maus odores; possibilidade de deslocamento de poeiras; alteração da estética da paisagem; diminuição do valor comercial da terra; interferência da meteorologia na produção de lixiviados que requisitam tratamento adequado; período pós-fechamento relativamente longo para a estabilização do aterro, incluindo efluentes líquidos e gasosos; controle dos riscos de impactos ambientais de longo prazo.

Abaixo temos o gráfico 01, representando a comparação de tratamento de resíduos sólidos urbanos no Japão no período de 2000 a 2008.

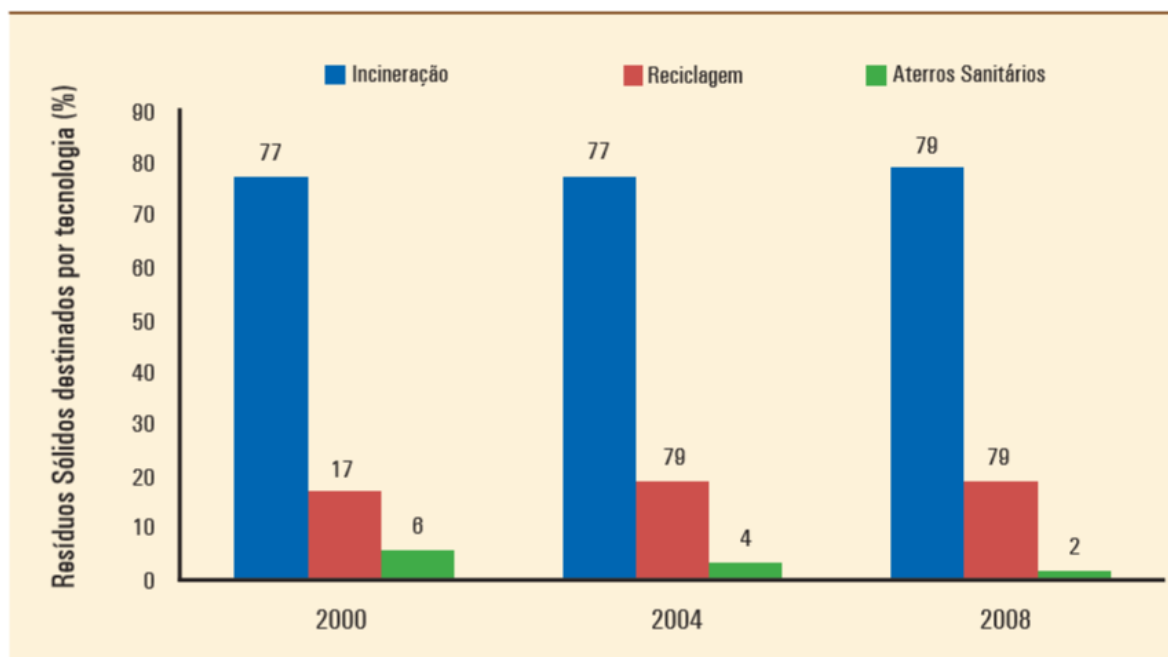


Gráfico 01 – Comparação de tratamento de resíduos sólidos urbanos no Japão durante o ano 2000 a 2008.

Fonte: Modificado a partir MOEJ, 2011.

CONCLUSÃO

Este trabalho possibilitou a pesquisa de tecnologias, políticas públicas e arranjos institucionais existentes no Japão. Nota-se um aumento no emprego de tecnologias que garantam a redução da disposição de resíduos em aterros sanitários, valorizando a recuperação de matérias e energias.

Várias fatores podem causar uma diferença significativa entre desenvolvimento tecnológico e os modelos de gestão, como a consolidação de políticas públicas, os investimentos feitos no setor, os aspectos econômicos, sociais e ambientais do país. Estes aspectos associados a matriz energética do lugar são base para a escolha de determinado sistema de tratamento. Isso impulsiona a recuperação de materiais (reciclagem e compostagem) e energia (biodigestores, biogás de aterros ou tratamentos térmicos).

É válido ressaltar que o equilíbrio e a continuidade da vida útil do sistema implementado é o apoio financeiro. É fundamental também a participação da sociedade por meio de programas que estabeleçam transparência nos serviços prestados, com disposição de dados para controle social. Isso permite o aumento na qualidade de vida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social). Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão. Pernambuco, 2010.
2. Barbosa, E.A, Et al – Uma proposta de gestão ambiental em resíduos sólidos para centrais de abastecimento de produtos agrícolas e agroindustriais. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.10, n.2, p.181-191, 2008
3. Lima, R.; Gomes, Helder; Rangel, Nelson (2005) - O tratamento dos resíduos sólidos urbanos no Japão: caso particular da incineradora de Toshima. Indústria e Ambiente. 37, p.10-17