

# Reciclagem do Lixo Urbano para fins Industriais e Agrícolas



05.00550

Anais...

2000

PC-2005.00550



31709-1

Belém, PA  
2000

# **RECICLAGEM DO LIXO URBANO PARA FINS INDUSTRIAIS E AGRÍCOLAS**

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

**Presidente**

Fernando Henrique Cardoso

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO

**Ministro**

Marcos Vinícios Pratini de Moraes

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA

**Presidente**

Alberto Duque Portugal

**Diretores**

Dante Daniel Giacomelli Scolari  
Elza Ângela Battaglia Brito da Cunha  
José Roberto Rodrigues Peres

**Chefia da Embrapa Amazônia Oriental**

Emanuel Adilson Souza Serrão - Chefe Geral  
Jorge Alberto Gazel Yared - Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento  
Antônio Carlos Paula Neves da Rocha - Chefe Adjunto de Apoio Técnico  
Antônio Ronaldo Teixeira Jatene - Chefe Adjunto Administrativo

# RECICLAGEM DO LIXO URBANO PARA FINS INDUSTRIAIS E AGRÍCOLAS

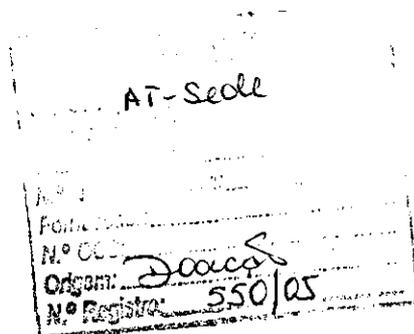
Belém, PA, 27-29 de maio de 1998

## ANAIS



Belém, PA  
2000

Embrapa-CPATU. Documentos, 30  
Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:  
Embrapa Amazônia Oriental  
Trav. Enéas Pinheiro, s/n  
Telefones: (91) 276-6653, 276-6333  
Telex: (91) 1210  
Fax: (91) 276-9845  
e-mail: cpatu@cpatu.embrapa.br  
Caixa Postal, 48  
66095-100 Belém, PA



Tiragem: 500 exemplares

### **Comissão de Organização dos Anais**

Alfredo Homma - Editor  
Célio Armando Palheta Ferreira  
Rui de Amorim Carvalho  
Sandra Maria Neiva Sampaio

### **Expediente:**

Coordenador Editorial: Alfredo Homma  
Normalização: Célia Maria Lopes Pereira  
Revisão Gramatical: Maria de Nazaré Magalhães dos Santos  
Composição: Euclides Pereira dos Santos Filho  
Capa / Diagramação: Israel Gutemberg  
Foto da Capa: Unidade de Reciclagem e Compostagem do Lixo Urbano, na Vila dos Cabanos, Município de Barcarena, PA.  
Fotos de Hélio Santos, gentileza de Leopoldo Brito Teixeira

**NOTA:** Todos os conceitos e opiniões emitidos nestes anais são de inteira responsabilidade dos autores.

---

RECICLAGEM DO LIXO URBANO PARA FINS INDUSTRIAIS E AGRÍCOLAS, 1998, Belém, PA. **Anais.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental/SECTAM/ Prefeitura Municipal de Belém, 2000. 217p. (Embrapa-CPATU. Documentos, 30).

ISSN 1517-2201

1. Resíduo urbano - Problema - Congresso - Brasil - Pará. 2. Resíduo urbano - Reciclagem - Congresso - Brasil - Pará. I. Embrapa. Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental (Belém, PA). II. Título. IV. Série.

CDD: 663.7282

© Embrapa - 2000

# **RECICLAGEM DO LIXO URBANO PARA FINS INDUSTRIAIS E AGRÍCOLAS**

Belém, PA, 27-29 de maio de 1998

PROMOÇÃO E ORGANIZAÇÃO: Embrapa Amazônia Oriental

PATROCÍNIO: Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente – SECTAM

APOIO: Prefeitura Municipal de Belém

## **COMISSÃO ORGANIZADORA**

### ***Embrapa Amazônia Oriental***

Alfredo Homma - Coordenador Geral  
Rui de Amorim Carvalho  
Célio Armando Palheta Ferreira  
Ruth Rendeiro  
Célia Maria Lopes Pereira  
Waldemar de Almeida Ferreira

### ***Prefeitura Municipal de Belém***

Luciana Almeida Costa - PMB  
Rodrigo Peixoto – MPEG/PMB  
Larissa Chermont – UFPa/PMB

## **EQUIPE DE APOIO**

### ***Organização***

Victor Guilherme de Souza  
Bartira Franco Aires  
Heliana Maria Costa e Souza  
Francisco Bezerra de Lima  
Humberto Mesquita Cunha  
Antônio Pedro Alves de Moraes  
Francisco de Assis F. de Moraes

### ***Assessoria de Imprensa***

Vânia Maria Torres Costa  
Edison Gillet Brasil  
José Luis Laguna Melazzini  
Kátia Simone Pimenta de Oliveira  
Maria Lúcia Sabaa Srur Moraes

### ***Cerimonial***

Maria Luzia Seiffert

### ***Apoio Administrativo***

Josué Pereira da Silva  
Ana Helena Filipe Ribeiro  
João Baía Brito  
Altevir de Matos Lopes – COOMINAGRI



# RECICLAGEM DO LIXO URBANO PARA FINS INDUSTRIAIS E AGRÍCOLAS

Belém, PA, 27-29 de maio de 1998

## PROGRAMA

### *Dia 27/05/1998 - Quarta-feira*

08:00 h: Recepção e entrega de material

08:30 h: Abertura

Deputado Estadual Adenauer Goés – Assembléia Legislativa

Dr. Edmilson Brito Rodrigues – Prefeito Municipal de Belém

Dr. Emanuel Adilson Souza Serrão – Chefe Geral da Embrapa Amazônia Oriental

Prof. Paulo Luiz Contente de Barros – Diretor da Faculdade de Ciências Agrárias do  
Pará

Dr. Cândido Araújo – Secretaria Municipal de Saneamento

Prof. Luiz Sérgio Guimarães Cancela – Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e  
Meio Ambiente

Dr. Alfredo Kingo Oyama Homma – Coordenação Simpósio

Apresentação do vídeo “Nos Caminhos do Lixo”

Jornalistas Vânia Maria Torres Costa, José Luís Laguna Melazzini, Edson Gillet Brasil

Coordenador: Dr. Walter Cassiano Ferreira – BASA

10:00 h: Palestra “O serviço de coleta de resíduos sólidos pela Prefeitura Municipal de Belém”

Palestrante: Dr. Cândido Araújo e Dr. Henrique Nazaré – SESAN

Debatedor: Dr. José Maria Costa Mendonça – COPALA

Relatora: Profa. Larissa Chermont – UFPa/PMB

11:00 - 11:15 h: - Coffee break

11:15 - 12:15 h: Palestra “A viabilidade econômica da reciclagem do lixo – o caso da cidade de  
São Paulo e do Brasil”

Palestrante: Profa. Maria Lúcia Barciotte – SMA - SP

Debatedor: Dr. Douglas Dinelli – SECTAM

Relatora: Jornalista Luciana Miranda Costa – SECAP/PMB

12:15 - 14:30 h: Almoço

Coordenador: Prof. Norbert Fenzl – NUMA/UFPa

14:30 - 15:30 h: Palestra “Políticas públicas e aplicação de instrumentos econômicos para gestão  
de resíduos sólidos”

Palestrante: Profa. Larissa Chermont – UFPa/PMB

Debatedor: Prof. Manoel José de Miranda Neto – IHGP

Relator: Prof. Mário Miguel Amin Garcia Herreros – UFPa

15:30 - 16:30 h: Palestra “Viabilidade de composto de lixo urbano na agricultura”

Palestrante: Prof. Emílio Gomide Loures – UFV

Debatedor: Prof. Rosivaldo Batista – UNAMA

Relator: Prof. Marcelo Bentes Diniz – UFPa

16:30 - 17:30 h: Palestra “Produção de composto orgânico a partir do lixo urbano”

Palestrante Prof. João Tinoco Pereira Neto – UFV

Debatedor: Dr. Manoel Malheiros Tourinho – FCAP

Relator: Jornalista Edson Gillet Brasil

17:30 - 17:45 h: - Coffee break

17:45 - 18:45 h: Palestra “Lixo pode também ser um bom negócio para a iniciativa privada”

Palestrante: Dr. Júlio Alexandre V. Gurgel do Amaral - Boa Hora Central de Tratamento de Resíduos – Mauá, São Paulo.

Debatedor: Prof. Dr. Norberto Fenzl – Coordenador NUMA

Relator: Prof. Antonio Cordeiro Santana – FCAP

18:45 - 19:45 h: Palestrante: Prof. Juan L. Bardalez Hoyos – SECTAM

Debatedor: Elias Paes Barreto – Prefeitura Municipal de Ananindeua

Relator: Fernando Mendes – CEPLAC

### **Dia 28/05/1998 - Quinta-feira**

Coordenador: Dr. Edgar de Medeiros – FIEPA

08:30 - 09:30 h: Palestra: “Proposta para a gestão integrada dos resíduos sólidos em Belém”

Palestrante: Prof. Luiz Otávio Mota Pereira – UFPa

Debatedor: Profa. Maria Lúcia Barciotte – SMA - SP

Relator: Dr. Edmilson Bechara e Silva – SEPLAN

09:30 - 10:30 h: Palestra: “Aproveitamento de resíduos agrícolas para produção de etanol empregando bactérias geneticamente modificadas”

Palestrante: Prof. Flávio Alterthum – USP

Debatedor: Prof. Emílio Gomide Loures – UFV

Relator: Dr. Sinval Vilhena Paiva – POEMA/UFPa

10:30 - 10:45 h: Coffee break:

Coordenador: Prof. Carlos Costa – FCAP

10:45 - 11:45 h: - Palestra: “Abordagem interdisciplinar para estudo da relação resíduos sólidos, saúde e ambiente”

Palestrante: Dr. Marcelo Firpo de Souza Porto – Fundação Instituto Oswaldo Cruz

Debatedor: Prof. Carlos Costa – FCAP

Relator: Dr. Douglas Dinelli – SECTAM

11:45 - 14:00 h: Almoço

Coordenador: Dr. Edgard de Medeiros – FIEPA

14:00 - 14:45 h: Palestra: “O financiamento de projetos de coleta e destinação final de resíduos sólidos”

Palestrante: Dra. Nadja Limeira Cardoso – Secretaria de Política Urbana, Ministério do Planejamento e Orçamento

Debatedor: Dr. Edgard de Medeiros – FIEPA

Relator: Dr. Célio Palheta – Embrapa Amazônia Oriental

14:45 - 15:00 h: Coffee break

15:00 - 16:30 h:

Mesa Redonda sobre Experiências de Reciclagem no Estado do Pará

Coordenador: Dr. Edgard de Medeiros – FIEPA

Relatora: Dra. Sandra Lerda – IPEA

Participantes:

Sr. Drauz Cândido dos Reis- Ecoway Indústria e Comércio Ltda. – Paragominas.

Sra. Benedita de Souza Almeida – Recicla Pará

Dr. José Maria Costa Mendonça – Diretor - Presidente COPALA - Belém

Dr. Carlos George Farah – FACEPA

Dr. Ernesto K. Susuki – TecPlanta

Sr. Paulo Mardock – Projeto Latinha

16:30 - 18:00 h:

Mesa Redonda sobre Pesquisas e Experiências de Reciclagem no Estado do Pará

Coordenador: Prof. Manoel Malheiros Tourinho – FCAP

Relator: Sociólogo Raimundo Valdomiro de Souza – Cáritas Brasileira

Participantes:

Dr. Rafael Nascimento – MPEG

Dra. Agnès Serre – NAEA

Prof. Marcelo Bentes Diniz – UFPa

Dra. Iara Weissberg – MPEG

Dr. Edmilson Bechara e Silva – SEPLAN

Dr. José Sinval Vilhena Paiva – POEMA

Dr. Wagner Bettiol – Embrapa Meio Ambiente

### **Dia 29/05/1998 - Sexta-feira**

Coordenador: Prof. Emílio Gomide Loures – UFV

08:30 - 09:30 h: Palestra “Novas tecnologias para remediação de lixões”

Palestrante: Prof. Luiz Mário Queiroz Lima – LM Tratamento de Resíduos Ltda.

Debatedora: Dra. Iara Weissberg – MPEG

Relator: Dra. Sandra Lerda – IPEA

09:30 - 9:45 h: Coffee break

09:45 – 11:30 h: - Educação Ambiental e Fontes de Financiamento.

Coordenação: Profa. Larissa Chermont – UFPa/PMB

Profª Dyrce Maria Koury Wagner

Representante da CEF: Dr. Raimundo Bento Belém Brandão Filho

Representante da SUDAM: Dr. Everaldo Martins

Representante do BASA: Dr. Walter Cassiano Ferreira

Relator: Dra. Arimar Leal Vieira – SECTAM

Coordenador: Dr. Edmilson Bechara e Silva – SEPLAN

14:30 - 15:30 h:

Palestra: “A experiência de coleta de resíduos sólidos em Curitiba”

Palestrante: Dra. Gisele Martins dos Anjos- Secretaria Municipal do Meio Ambiente  
Prefeitura de Curitiba

Relatora: Dra. Ruth Granhem Tavares – Presidente FUNVERDE

15:30 - 16:30 h:

Coordenadora: Dra. Ruth Granhem Tavares – Presidente FUNVERDE

Apresentação dos Relatórios das Palestras e Mesas Redondas

Apresentação do Documento Preliminar

17:00 h: Encerramento

Dr. Emanuel Adilson Souza Serrão - Chefe Geral Embrapa Amazônia Oriental

Dr. Alfredo Kingo Oyama Homma - Coordenação Simpósio

Dr. Douglas Dinelli - Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente

Dra. Nadjá Limeira Cardoso - Ministério de Planejamento e Orçamento

Dr. Edmilson Brito Rodrigues - Prefeito Municipal de Belém

# SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>PALESTRAS</b> .....	17
<b>O LIXO E AS POLÍTICAS PÚBLICAS</b> Manoel José de Miranda Neto .....	19
<b>O SERVIÇO DE COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS PELA PREFEITURA MUNICIPAL DE BELÉM</b> Cândido Araújo .....	23
<b>LIXO TAMBÉM PODE SER UM GRANDE NEGÓCIO PARA A INICIATIVA PRIVADA</b> Júlio Alexandre Vasconcelos Gurgel do Amaral .....	27
<b>PROPOSTA PARA A GESTÃO INTEGRADA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS EM BELÉM</b> Luiz Otávio Mota Pereira e Antônio Noronha Tavares .....	31
<b>O DESTINO DO LIXO NA METRÓPOLE DE BELÉM</b> Edmilson Bechara e Silva .....	43
<b>COMPOSTAGEM DE LIXO NA AMAZÔNIA: INSUMOS PARA A PRODUÇÃO DE ALIMENTOS</b> Edmilson Bechara e Silva .....	57
<b>ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR PARA O ESTUDO DA RELAÇÃO RESÍDUOS SÓLIDOS, SAÚDE E AMBIENTE: UM ESTUDO DE CASO NO RIO DE JANEIRO</b> Marcelo Firpo de Souza Porto e Cristina Sisinnno .....	65
<b>UMA ALTERNATIVA DE GERAR PREVISÕES DA QUANTIDADE DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS NÃO-COLETADOS</b> Marcelo Bentes Diniz .....	77
<b>MEIO AMBIENTE E POLUIÇÃO EM BELÉM, PARÁ: CONTRASTES E DIVERSIDADE ENTRE OS BAIRROS</b> Agnès Serre .....	83
<b>BIORREMEDIAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS POR RESÍDUOS SÓLIDOS: A EXPERIÊNCIA DO BRASIL</b> Luiz Mário Queiroz Lima .....	97
<b>ASPECTOS A SEREM ESTUDADOS EM UM PROJETO SOBRE IMPACTO AMBIENTAL DO LODO DE ESGOTO NA AGRICULTURA</b> Wagner Bettiol .....	121
<b>CRIANDO UM PREÇO POSITIVO PARA O LIXO URBANO: A RECICLAGEM E A COLETA INFORMAL</b> Alfredo Kingo Oyama Homma .....	137
<b>COLETA E DESTINAÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE CURITIBA</b> Gisele Martins dos Anjos .....	149
<b>EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA O CIDADÃO</b> Dyrce Maria Koury Wagner .....	157

<b>RESUMO DAS PALESTRAS PELOS RELATORES .....</b>	<b>165</b>
<b>PROPOSTA PARA A GESTÃO INTEGRADA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS EM BELÉM</b> Edmilson Bechara e Silva .....	167
<b>ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR PARA ESTUDO DA RELAÇÃO RESÍDUOS SÓLIDOS, SAÚDE E AMBIENTE</b> Douglas Dinelli .....	169
<b>POLÍTICAS PÚBLICAS E APLICAÇÃO DE INSTRUMENTOS ECONÔMICOS PARA A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS</b> Mário Miguel Amin Garcia Herreros .....	171
<b>A VIABILIDADE ECONÔMICA DA RECICLAGEM DO LIXO - O CASO DA CIDADE DE SÃO PAULO</b> Luciana Miranda Costa .....	175
<b>LIXO, SOCIEDADE E MEIO AMBIENTE</b> Fernando Antonio Teixeira Mendes .....	179
<b>PRODUÇÃO DE COMPOSTO ORGÂNICO A PARTIR DO LIXO URBANO</b> Edson Gillet Brasil .....	181
<b>LIXO PODE TAMBÉM SER UM BOM NEGÓCIO PARA A INICIATIVA PRIVADA</b> Antônio Cordeiro de Santana .....	183
<b>NOVAS TECNOLOGIAS PARA REMEDIAÇÃO DE LIXÕES</b> Sandra Lerda .....	189
<b>APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS PARA PRODUÇÃO DE ETANOL EMPREGANDO BACTÉRIAS GENETICAMENTE MODIFICADAS</b> Sinval Vilhena Paiva .....	193
<b>PRODUÇÃO DE COMPOSTO ORGÂNICO A PARTIR DE LIXO URBANO</b> Marcelo Bentes Diniz .....	195
<b>O FINANCIAMENTO DE PROJETOS DE COLETA E DESTINAÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS</b> Célio Armando Palheta Ferreira .....	197
<b>EDUCAÇÃO AMBIENTAL E FONTES DE FINANCIAMENTO</b> Arimar Leal Vieira .....	201
<b>EXPERIÊNCIAS DE RECICLAGEM NO ESTADO DO PARÁ</b> Sandra Lerda .....	203
<b>PESQUISAS E EXPERIÊNCIAS DE RECICLAGEM NO ESTADO DO PARÁ</b> Raimundo Valdomiro de Sousa .....	207
<b>LISTA DE PALESTRANTES, DEBATEDORES, RELATORES E COORDENADORES DO SIMPÓSIO SOBRE A RECICLAGEM DE LIXO URBANO .....</b>	<b>211</b>

## INTRODUÇÃO

Realizado em Belém do Pará, o Simpósio promovido pela Embrapa Amazônia Oriental reuniu técnicos, cientistas, professores, educadores, especialistas, estudiosos, estudantes e membros de organizações comunitárias e colocou em discussão uma questão crucial nos dias de hoje: os resíduos sólidos (lixo) produzidos pela população, unidades produtivas como hospitais, casas comerciais, de prestação de serviços, indústrias e outras fontes através de seus atores e agentes sociais. A ênfase maior dada às discussões sobre o lixo diz respeito às suas consequências ecológicas e implicações na saúde humana e ambiental nas sociedades urbanas e rurais do País. O evento singular na Amazônia propiciou novos conhecimentos técnicos e científicos, troca de experiências, de informações e uma análise profunda sobre as causas e os efeitos do lixo urbano na saúde do homem e do meio ambiente. Apontou soluções tecnológicas a curto, médio e longo prazos, envolvendo populações, governos estaduais e municipais, empresários e Organizações Não-Governamentais. Toda a teia do espaço construído nos debates, palestras e mesas redondas envolveram segmentos representativos das universidades, técnicos, cientistas, empresários e organizações comunitárias da sociedade civil organizada.

O problema ecológico causado pela produção diária de lixo nos centros urbanos e as formas de coleta, tratamento e destinação dos resíduos sólidos em aterros sanitários foram analisados por especialistas e estudiosos através de palestras, painéis, debates, mesas redondas, onde foram expostas e debatidas experiências como reciclagem, coleta, tratamento e destinação do lixo urbano e alternativas tecnológicas e

econômicas na geração de emprego e renda em algumas metrópoles brasileiras como: Belém, Belo Horizonte, Curitiba e São Paulo.

A discussão sobre as políticas públicas implementadas pelos governos nos estados e municípios trouxe novas informações no que tange ao acesso aos recursos financeiros disponíveis para saneamento básico aos municípios brasileiros através dos agentes econômicos do governo federal, como: Basa, Caixa Econômica Federal, BNDES e Banco do Brasil.

Foi questionada por debatedores e participantes na plenária sobre a qualificação profissional e a formação de recursos humanos especializados na área de resíduos sólidos nas universidades brasileiras e no exterior, no sentido de dotar as prefeituras municipais e setores empresariais, de técnicos e cientistas, para a elaboração de projetos sociais para implementar soluções na questão do lixo urbano.

A participação de organizações populares foi importante no evento, pois trouxeram experiências concretas do que vêm fazendo, principalmente na área da reciclagem de resíduos sólidos na região metropolitana de Belém.

O Simpósio contou com a presença de 249 participantes, sem os das cerimônias de abertura e de encerramento. A participação nos meios de comunicação foi intensa, tendo os palestrantes participado de entrevistas no Liberal Comunidade (1), Belém Urgente (1), Sem Censura (2), Bom Dia Pará (1), bem como de reportagens e notícias sobre o evento no Jornal O Liberal, A Província do Pará, Diário do Pará e Gazeta Mercantil. Além da intensa participação dos órgãos vinculados à Prefeitura Municipal de Belém, houve a presença de 21 prefeituras do interior do Estado do Pará, a saber: Ananindeua, Benevides, Marituba, Santa

Bárbara, Santa Izabel do Pará, Castanhal, São Francisco do Pará, Maracanã, Marapanim, Capanema, Viseu, São João da Ponta, Nova Esperança do Piriá, Paragominas, Cametá, Monte Alegre, Curuá, Parauapebas, Marabá, Barcarena, Altamira. A presença de outras instituições foi bastante ativa, destacando-se a UFPa, a FCAP, a Escola Técnica Federal do Pará, a Escola Agrotécnica de Castanhal, dentre outras. Na cerimônia de abertura, usaram da palavra o Dr. Emanuel Adilson Souza Serrão (Embrapa Amazônia Oriental), o Deputado Estadual, Dr. Adenauer Goés (Assembléia Legislativa), o Prof. Luiz Sérgio Guimarães Cancela (SECTAM) e o Prefeito Municipal de Belém, Dr. Edmilson Brito Rodrigues.

A presença da autoridade máxima do município, o senhor Prefeito Municipal de Belém, Dr. Edmilson Brito Rodrigues, tanto na abertura como no encerramento do evento, demonstrou o interesse do poder público em discutir o problema e encontrar soluções para esta questão angustiante nas metrópoles brasileiras, que é o lixo urbano.

O ponto principal do evento é que o assunto foi debatido de forma exaustiva e apontadas soluções tecnológicas para tratar o lixo orgânico, que se constitui em cerca de 70% dos resíduos sólidos gerados nas áreas urbana e rural. O objetivo de discutir e encontrar alternativas para o reaproveitamento dessa matéria-prima para gerar compostos orgânicos para fins agrícolas e industriais foi alcançado, bem como o papel da iniciativa privada neste processo também atingiu os objetivos.

## A QUESTÃO TÉCNICA

A programação científica do Simpósio foi bem organizada e apresentou uma sistemática produtiva quanto ao enca-

deamento dos temas e assuntos propostos, rendendo um excelente nível técnico dos palestrantes e debatedores.

O Prof. João Tinoco Pereira Neto, mestre titular da UFV, com doutorado em reciclagem e compostagem de resíduos sólidos, pela Leeds University, Inglaterra, e consultor de órgãos como a ONU, OMS, FAO, UNEP e do LENCEC, em Portugal, através da palestra "Produção de composto orgânico a partir do lixo urbano", acredita que o grande vilão do lixo seja justamente a matéria orgânica e que o grande vetor de doenças para os seres humanos, como diarreia em crianças, associada à presença de animais domésticos, e restos de carne humana e material hospitalar em aterros sanitários tornam o quadro preocupante sob o ponto de vista da saúde pública.

A exposição do Professor Tinoco, da Universidade de Viçosa levantou polêmicas e enriqueceu os debates com os participantes na mesa e a plenária de modo geral, pela forma profunda que discorreu sobre o tema, desmistificando teses sobre o destino e o tratamento do lixo. Argumentou que nem aterros sanitários, incineração, compostagem se constituem soluções para o lixo urbano. O que é preciso, na sua concepção, é redefinir os modelos existentes e estabelecer novos processos onde evidentemente se incluem as novas tecnologias para o setor. Segundo ele, qualquer projeto nesta área de saneamento básico tem que ter sustentabilidade para sobreviver a grupo, pessoas, políticos e governos.

Temas como o do professor Flávio Althertum, da USP, que abordou sobre "Aproveitamento de resíduos agrícolas para produção de etanol empregando bactérias geneticamente modificadas" e do professor Emilio Gomide Loures, da UFV, que expôs

sobre “A viabilidade de composto de lixo urbano na agricultura”, deram contribuições importantes sob os pontos de vista técnico e científico, pois apresentaram dados novos sobre o assunto que gerou interesse de estudantes, pesquisadores, professores, empresários e representantes de prefeituras e ONGs presentes no simpósio. O trabalho do Professor Alterthum sobre a produção de etanol por **Escherichia coli** modificada foi inclusive motivo de patente especial, 5.000.000, concedido pela *United States Patent*, no dia 19 de março de 1991. Segundo o professor e pesquisador Alfredo Homma, da Embrapa Amazônia Oriental, organizador do evento, hoje existe uma tendência em nível mundial sobre a privatização da coleta do lixo. Por isso, a iniciativa privada teve participação ativa através de várias empresas e empresários como a Boa Hora Central de Tratamento de Resíduos, do município de Mauá, em São Paulo. A experiência de Mauá, apresentada pelo empresário Julio Alexandre Gurgel do Amaral, debateu sobre “Lixo pode também ser um bom negócio para a iniciativa privada”. Outro exemplo foi o do Facepa - Fábrica de Papel e Celulose, em Belém, que utiliza com matéria-prima básica o papel coletado basicamente por catadores de rua e posteriormente reciclado pela empresa para obtenção do produto final como papel higiênico, guardanapos e toalhas de papel.

Experiências sobre o tratamento do lixo, que se tornaram políticas públicas e hoje são viabilizadas por governos municipais, como é o caso da cidade de Curitiba, foram expostas no evento. A experiência positiva sobre o tratamento do lixo na região metropolitana de Curitiba foi apresentada pela engenheira civil Gisele Martins dos Anjos, Gerente de Limpeza, da Secretaria Municipal do Meio Ambiente, de Curitiba, que fez um relato minucioso sobre

como é feita a “coleta e destinação final dos resíduos sólidos urbanos no município de Curitiba”, que serve de referencial para muitas prefeituras municipais. A limpeza aliada a uma coleta bem executada garante cinco pontos fundamentais com resultados positivos: 1) aparece logo na saúde pública, com a diminuição de doenças; 2) estabelece um ânimo na população; 3) demonstra a eficácia da administração; 4) evita que o meio ambiente fique degradado; e 5) torna a qualidade de vida saudável, local e globalmente. A apresentação do programa Câmbio Verde, na exposição da técnica Gisele dos Anjos é uma excelente idéia que pode ser aproveitada pelos municípios, e consiste na troca de material reciclável por produtos hortifrutigranjeiros.

A palestra “Novas Tecnologias para remediação de lixões”, do professor Luiz Mário Queiroz Lima, da LM-Tratamento de Resíduos Ltda., de Minas Gerais, levantou questões polêmicas e importantes debatidas com a plenária. Ele argumentou que simpósios internacionais realizados nos Estados Unidos demonstraram o sucesso da biorremediação e explicou que as barreiras para a biorremediação encontram-se em fatores como: síndrome de Pasteur (ninguém vê o microorganismo); desinformação da população; contra-informação; competitividade mercadológica (baixo preço em comparação com outras tecnologias e oportunismo de empresas que vendem o que não têm). A geofísica e pesquisadora Iara Weissberg, do Museu Paraense Emílio Goeldi, compôs a mesa dos debates. A Dra. Weissberg defende a polêmica tese de contaminação dos mananciais hídricos do Bolonha e Água Preta que abastecem Belém através do “chorume”, proveniente do lixão a céu aberto do Aurá, em Belém. E levanta a tese de que o lençol freático de águas subterrâneas também está contaminado e

questiona: "A biorremediação vai resolver isso?" A palestra da pesquisadora Iara Weissberg foi importante para esclarecer alguns pontos de seu trabalho científico que tem gerado controvérsia nos meios de comunicação, entre pesquisadores e cientistas e uma queda de braço com o poder municipal através de suas secretarias especializadas na área de resíduos sólidos e saneamento público municipal.

A questão reciclagem, no evento, mereceu considerações importantes na palestra "A viabilidade econômica da reciclagem do Lixo - o caso da cidade de São Paulo, da Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo, Dra. Maria Lúcia Barciotte, doutora em saúde pública e ambiental.

Na concepção da pesquisadora, a coleta seletiva e reciclagem do lixo (materiais industrializados presentes no lixo domiciliar) é uma das opções para minimizar o problema do lixo. Entretanto, nessa discussão, é necessário considerar o item econômico, que está sempre presente no processo de encaminhamento junto ao poder público. Barciotte, no entanto, faz uma observação: os números produzidos pela reciclagem em São Paulo denotam prejuízos para os cofres públicos, mas os resultados como o controle ambiental decorrente da reciclagem, a economia hídrica e energética e ainda a economia relacionada à matéria-prima primária não são levados em consideração na análise global da reciclagem.

A importância do aproveitamento do lixo urbano para a fabricação de compostos orgânicos está relacionada à sua viabilização em áreas desmatadas na Amazônia, explica o professor Alfredo Homma, da Embrapa, por isso, o objetivo do simpósio foi estabelecer um processo de discussão, onde a Embrapa, por trabalhar nas áreas de

estudos florestais e agrícolas, no sentido de buscar parcerias junto às 143 prefeituras municipais, empresas privadas, órgãos de desenvolvimento regional, ONGs, pesquisadores, sindicatos e movimentos populares no Estado do Pará, busca soluções de aproveitamento do lixo domiciliar e de resíduos agrícolas para a produção de composto orgânico para agricultura adaptáveis às condições amazônicas.

A mesa redonda sobre Educação Ambiental e Fontes de Financiamento contribuiu de forma positiva para esclarecer como se ter acesso a recursos para implementação de projetos específicos na área de educação ambiental. E deixou bem claro a importância da educação ambiental hoje trabalhada em nível governamental e da iniciativa privada como instrumento, se bem colocado em prática, eficiente de mudança comportamental da população, na disseminação de informações e na multiplicação de educadores ambientais.

Neste particular, como foi colocado nos debates e exposições de estudiosos, educadores, professores e pesquisadores, o alvo principal deve ser a população, escolas e órgãos públicos, envolvidos em campanhas educativas sobre coleta seletiva e reciclagem de resíduos sólidos em centros urbanos e em áreas de lazer e de apelo turístico.

O simpósio promovido pela Embrapa Amazônia Oriental construiu, sem dúvida, uma nova abordagem, inclusive metodológica, sobre as perspectivas do aproveitamento do lixo urbano para fins industriais e agrícolas na Amazônia e plantou raízes no que tange à busca de soluções alternativas envolvendo, principalmente, os municípios paraenses.

**Edson Gillet Brasil**

Palestras



# O LIXO E AS POLÍTICAS PÚBLICAS

Manoel José de Miranda Neto<sup>1</sup>

O povo se conhece pela quantidade e qualidade do seu lixo, pelo modo como é tratado. Chamar de lixo todo resíduo é um indicativo de ignorância, de desprezo e rejeição. Paga-se até para se ver livre dele. Ainda há pessoas que consideram recomendável transportar o lixo para longe, o mais distante de suas vistas. Ocorre que toda produção resulta em resíduos, mais cedo ou mais tarde.

Hoje já se sabe que fica mais barato produzir a partir da reciclagem de resíduos do que de matérias-primas virgens, pois o reaproveitamento sempre utiliza menos energia, menos água, menos controle ambiental e menos disposição final do lixo (ele se reduz drasticamente). Mas muitos ainda desconhecem esta verdade.

Além de serem inevitáveis, os rejeitos podem aumentar ou diminuir simplesmente, mudando-se a ótica e a mentalidade do indivíduo, alheio ao ritmo frenético e insano do consumismo. Desde que se veja o resíduo como o início de um novo ciclo produtivo, outros produtos vão absorvendo o que antes era considerado lixo. A partir do momento que se deixe de produzir quinquilharias desnecessárias, e até nocivas ao organismo humano, menos recursos serão desperdiçados. Quem

fomenta a indústria da inutilidade irá fatalmente sucumbir sob seus escombros.

Todos sofrem hoje as conseqüências do descaso e da irresponsabilidade. Daí que urgentes decisões de Política Pública são imprescindíveis de serem tomadas, a fim de, pelo menos, tentar-se administrar um problema que, ao longo dos anos, só está se agravando, e pior, sem grandes perspectivas de solução a curto prazo. Sobretudo porque os interesses são, às vezes, conflitantes. Penoso é constatar como se permitiu chegar a este ponto já que teria sido muito melhor **prevenir** com medidas simples do que **remediar** com providências amargas. E tudo porque as autoridades cultivam um receio paranóico de impor limites desde o começo às ações ilegais que conduzem à poluição e à agressão ambiental.

Tem-se a impressão, no Brasil, de que quem predomina, sem sofrer nenhum constrangimento, são os sonegadores, depredadores, poluidores. Curiosa e infelizmente, a 'maioria silenciosa' não se manifesta e se acomoda. E as leis ambientais não são cumpridas. Compactuar com o descumprimento às leis vigentes é abrir caminho à perda total de autoridade.

---

<sup>1</sup> Economista, Membro do Instituto Histórico e Geográfico do Pará e da Academia Paraense de Letras.

Precisamos explicitar com clareza o futuro que desejamos para nós e nossos filhos. E lutar juntos, nos esforçando em tudo fazer, para alcançá-lo.

Quando se comenta que tal ou qual método de tratar o lixo é anti-econômico, resta perguntar: para quem? Para as firmas que produzem os vasilhames? Ou para a sociedade como um todo que sofre com a poluição, a degradação ambiental e a contaminação da natureza? Diminuir o número de resíduos, não é vantagem?

Só de latas e garrafas de plástico o País desperdiça quase R\$ 5 bilhões por ano (mais do que foi pago pelo controle da Companhia Vale do Rio Doce), por simples falta de separação do lixo na origem, evitando a mistura do material orgânico com os resíduos industriais. A reciclagem só pode ser feita quando a coleta é seletiva.

O potencial de reciclagem pressupõe que a venda de plásticos, vidros, metais, madeiras e papéis utilizados em embalagens podem gerar lucro e reduzir gastos com aterros sanitários e consumo de água e energia. Fibras têxteis já estão sendo produzidas no Sul a partir de PET usado.

Não falta demanda para a sucata, pois as indústrias recicladoras brasileiras importam descartáveis da Alemanha e Argentina, que operam com 40% de capacidade ociosa, por absoluta incompetência das políticas públicas no Brasil acerca do estímulo à coleta seletiva.

O Brasil chega ao ponto de reciclar lixo importado porque não o consegue coletar adequadamente, separando o material orgânico dos resíduos industriais a custos competitivos: o frete do produto importado e subsidiado pela Alemanha, onde a coleta já é seletiva desde as residências. Como no Brasil não há tradição nem cultura de reciclagem do lixo, esta coleta

torna-se difícil e cara, no início. Ocorre que os aparentes “altos custos” não levam em conta a economia ambiental, os problemas sanitários e sociais evitados que, se contabilizados, diminuiriam esses valores.

Se não for revisado desde já o modelo de desenvolvimento tecnológico, algum dia, chegarão todos a viver num imenso depósito de lixo. A redefinição da tecnologia conduzirá fatalmente a paradigmas mais objetivos simples, diretos, ágeis e menos dispendiosos. Com a elevação do índice de reaproveitamento dos resíduos sólidos garante-se, de imediato, a preservação da saúde, o equilíbrio ecológico e a drástica redução do desperdício de recursos.

A coleta tradicional é menos dispendiosa, mas traz outros custos como o de controle ambiental, de água e de energia, economizados quando se realiza a reciclagem. A coleta de lixo nas periferias urbanas, não atingidas pelos serviços municipais, poderá ser solucionada com a aquisição dos detritos pela prefeitura diretamente dos moradores que seriam estimulados a entregá-los nos pontos de coleta, motivando, através de concursos e sorteios, as crianças, ávidas por prêmios e brindes, a separá-los desde a origem. O que terá formidável efeito multiplicador pedagógico.

Deve-se sensibilizar a população, mostrando os prejuízos causados pelos resíduos sólidos (plástico, alumínio e outros metais pesados) no ambiente, pois eles demoram para serem decompostos pela natureza, além de representarem sérios perigos à sobrevivência humana. Os materiais como pilhas e baterias de telefones celulares, em contacto com o solo e com agentes corrosivos, se deterioram, emitindo radioatividade, que pode contaminar lençóis freáticos e se espalhar pela área circunvizinha ao depósito de lixo, prejudicando toda a cadeia alimentar, culminando por envenenar o próprio homem, principal agente

poluidor, e seus descendentes através da cadeia genética.

Pior é quando o trabalhador entra em contacto direto com materiais contaminados, caso dos catadores de lixo que manuseiam detritos sem proteção alguma (máscaras e luvas) em busca de restos de comida e objetos valiosos.

Desde a coleta até ao armazenamento próximo aos reservatórios de abastecimento d'água, o problema é preocupante pois, a falta de estudos mais rigorosos, os resíduos e sobretudo o **chorume**, líquido fétido que se escoam dos depósitos de lixo após determinado tempo de fermentação e putrefação, acaba atingindo os mananciais, as águas subterrâneas, o lençol freático, as fontes de água que abastecem as cidades, podendo causar gravíssimas doenças às populações vizinhas. Estas, desconhecendo o perigo e totalmente desinformadas, fixam-se às margens de cursos d'água que logo transformam em esgoto ao depositarem todos os tipos de detritos, em qualquer lugar, a céu aberto, a qualquer hora do dia e da noite, sem respeitar os horários de coleta. E mais grave: o lixo hospitalar é, na maioria das vezes, misturado aos demais resíduos, transformando-os numa potencial "bomba" de efeito retardado. O que revolta é que, apesar de um razoável volume de informações sobre os perigos deste descaso, o grau de conscientização da própria classe dirigente tanto em nível federal, estadual ou municipal é ínfimo. A omissão torna-se mais grave quando evidencia quanto ela é egoísta, míope e sem visão de futuro pois, mesmo sabendo dos malefícios que está causando, continua a adotar o mesmo comportamento consumista, depredador, medíocre, ao permitir que se misturem resíduos agrotóxicos, material radioativo e lixo hospitalar aos detritos diários comuns.

O incentivo monetário e a educação ambiental poderão revolucionar todo o processo de coleta, seleção e reciclagem dos resíduos sólidos. A solução mais viável a curto prazo é através do trabalho de grupos - nas universidades, escolas, condomínios, shopping centers, grandes empresas. Em Campinas, o Departamento de Limpeza Urbana consegue reciclar 24 toneladas de lixo por dia, com a ajuda de presidiários que recebem um salário mínimo e reduzem a pena com o trabalho. A renda obtida é aplicada em cestas básicas e medicamentos. No Rio de Janeiro, a Comlurb estimula a criação de cooperativas de catadores que recebem uniformes, esteiras e prensas.

Os resíduos sólidos podem ser reaproveitados pelo sistema de compostagem. A compostagem constitui uma das formas mais eficientes de se reaproveitar a matéria orgânica que é picada, fermentada e peneirada. O produto final é rico em macro e micronutrientes e representa um excelente condicionador da estrutura física do solo, preferido aos adubos químicos, cujos prejuízos são conhecidos.

Até há relativamente pouco tempo, os aterros sanitários eram considerados áreas para compactar o lixo doméstico, os resíduos industriais e os restos de construção (entulho). À medida que a conscientização ambiental se difundia e os problemas ecológicos se agravavam, os extravasamentos nos veios e nas fendas desses aterros tornavam-se cada vez mais impopulares pela poluição e contaminação que causavam.

"Reciclar ao invés de jogar fora" é agora a palavra de ordem. Tudo que puder ser reciclado obrigatoriamente terá de ser separado para posterior reutilização. A prioridade número um ficou sendo: evitar ao máximo jogar fora o que quer que seja, mas uma considerável parcela do lixo precisa ter destinação certa, já que grande parte pode ser transformada, pois

é **lixo que não é lixo**, sobra sempre um resíduo que precisa ser cremado ou continuará a se acumular nos aterros e depósitos sanitários. Esses só poderão receber resíduos que, comprovadamente, não causem contaminações ao ambiente e ao homem. Um dos maiores problemas hoje é o destino a ser dado aos resíduos de agrotóxicos, de material radioativo e ao lixo hospitalar. O uso incorreto e o aproveitamento de substâncias tóxicas são contra-indicados: os responsáveis deverão ser severamente penalizados.

Para que medidas urgentes sejam tomadas, fica implícita uma radical mudança de mentalidade, concepção e comportamento, sobretudo das elites. Todos devem ser responsabilizados pelas suas ações. Prêmios e incentivos devem ser concedidos aos que mais contribuírem para o equilíbrio ecológico e penalidades severas, inclusive com a cobrança de ações de reparação pelos danos causados, devem ser imputadas aos que agredirem, poluírem e contaminarem o ambiente.

O que se pode esperar de populações cujas classes dirigentes chegam a concluir que há uma “cultura da sujeira” impossível de ser mudada? Óbvio que, se não se envidar nenhum esforço para a ruptura das atuais condições, a maioria da população, acostumada ao dia-a-dia da desordem, imundície e confusão (o que, sem dúvida alguma, propicia vultosos lucros para determinados grupos, parasitas da corrupção) passará a considerar o caos normal, identificando-o com a modernidade e o progresso.

Hoje já se sabe que o lixo pode dar lucro e ainda financiar o próprio serviço de limpeza urbana, propiciar cursos de educação ambiental e desenvolver obras sociais nas áreas mais carentes. Na verdade, é inadmissível como o Brasil joga fora cerca de 30 % do PIB (Produto

Interno Bruto). Os resíduos descartados pelos brasileiros poderiam ter destino mais inteligente, rentável e sobretudo saudável. O aproveitamento daquilo considerado lixo é ainda ínfimo: apenas 10% do total depositado em aterros sanitários controlados.

Por que não substituir os sacos de plástico por sacolas de material biodegradável? Por que não orientar consumidores e estimular os fabricantes à recompra dos vasilhames, para diminuir o volume dos rejeitos sólidos? O que poderá se viabilizar com um desconto percentual no preço final do produto acondicionado naquela embalagem. Para efetivar medidas simples e objetivas deve haver coragem, vontade e decisão política. Não devemos nos tornar reféns da minoria medíocre que viceja na desordem e na corrupção, somente voltada para seus lucros e interesses egoístas e imediatistas. Os custos sociais e ambientais poderão tornar-se elevados demais - para todos! Uma região e um setor econômico tornam-se atrasados devido ao acúmulo de pequenos atos malfeitos, improvisados, impensados. A elite brasileira desgraçadamente tolera a corrupção, a sujeira, a péssima educação. Utiliza-as até como pretexto para melhor poder explorar a miséria. Aliás, só se poderá ajudar efetivamente os desassistidos quando conseguirmos combater com eficácia todo tipo de demagogia, assistencialismo e malandragem. Pior do que a miséria é a sua perpetuação e exploração por inescrupulosos com soberba intelectual e arrogância academicista.

A diferença fundamental entre os países ricos e os países pobres não está nos investimentos grandiosos, nas construções suntuosas, mas no comportamento cotidiano de todos nós, cujas condições precisam propiciar radicais mudança.

# O SERVIÇO DE COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS PELA PREFEITURA MUNICIPAL DE BELÉM

Cândido Araújo<sup>1</sup>

O gerenciamento de resíduos sólidos no município de Belém vem passando por intenso processo de reestruturação e mudança de concepção.

O modelo de gestão atual não traduz a linearidade entre manuseio de resíduos e saúde pública. A atual gestão do Governo do Povo começa gradativamente a reverter esse processo herdado da negligência com que vinha sendo tratada a questão por governos anteriores.

Profundas reflexões e debates com a sociedade marcaram o ano de 1997, trazendo à tona o estreito laço entre a gestão de resíduos e gestão ambiental como requisito básico para a elevação da qualidade de vida da população e resgate da cidadania.

As quantidades coletadas em 1997 refletem o intenso trabalho realizado por este serviço, o que pode ser claramente constatado na comparação com quantitativos de resíduos coletados em 1996.

TABELA 1. Coleta de lixo domiciliar, em tonelada, no município de Belém, Departamento de Resíduos Sólidos.

Meses	Ano	
	1996	1997
<i>Janeiro *</i>	15.527	48.569
<i>Fevereiro *</i>	13.881	32.967
<i>Março</i>	14.492	20.310
<i>Abril</i>	14.425	19.917
<i>Mai</i>	14.873	24.491
<i>Junho</i>	13.249	22.579
<i>Julho</i>	14.051	22.575
<i>Agosto</i>	15.662	20.130
<i>Setembro</i>	15.161	19.890
<i>Outubro</i>	16.521	21.220
<i>Novembro</i>	16.521	22.077
<i>Dezembro</i>	16.521	24.129
<i>Total</i>	180.884	298.854

\* Os meses de janeiro e fevereiro foram considerados atípicos, visto que foi realizado um mutirão para limpeza da cidade, em função da situação emergencial de lixo acumulado.

Considerando que a população estimada para 1998 seja de 1.225.000 habitantes (Dados da SEGEP/96), com uma produção per capita média de 0,7 kg por habitante/dia, estima-se em 25.000 toneladas/mês a produção total de lixo domiciliar em Belém.

<sup>1</sup> Secretário Municipal de Saneamento, Prefeitura Municipal de Belém.

O Governo do Povo elevou a coleta domiciliar de 15 mil t/mês para 22 mil t/mês (média mensal), representando um acréscimo de 25% na quantidade de lixo domiciliar coletado, passando de 60%, em 1996, para 85%, em 1998, da produção estimada.

Ananindeua é outro município da região metropolitana que utiliza os serviços de tratamento e disposição do Aterro do Aurá - calcula-se que a média mensal de sua disposição seja de 7.800 t/mês (23 % do total de lixo ali depositado). Este município, apesar de sua substancial utilização dos serviços do aterro, não contribui com recursos financeiros para o tratamento de seus resíduos, e não se dispõe de qualquer qualificação ou informação sobre sua produção.

Vale ressaltar que houve uma substancial elevação do nível de resíduos coletados no início da atual gestão. Os dados da Tabela 1 evidenciam tal fato, quando se verifica que foi coletada uma grande quantidade de lixo nos meses de janeiro e fevereiro de 1997, comprovando o acúmulo de resíduos no final da gestão passada (outubro, novembro e dezembro de 1996, nos municípios de Belém, Ananindeua e Benevides), quando o sistema de coleta ficou praticamente abandonado, gerando, com isso, um acentuado aumento de doenças relacionados com a disposição irregular do lixo.

Pode-se evidenciar tal fato, comparando os índices de casos da doença leptospirose: em 1996 ocorreram 366 casos e, em 1997, 302 casos, com um decréscimo de 17,48%.

De acordo com o estudo de diagnóstico realizado na Secretaria Municipal de Saneamento (SESAN) para o Projeto de Biorremediação do Aterro do Aurá em 1997, a composição física do lixo gerado no município de Belém, apresentado na Tabela 2, mostra que o teor de matéria orgânica varia em torno de

58%, enquanto que o teor de recicláveis, incluindo papel e papelões, plásticos, metais e vidros, é da ordem de 36%, revelando, assim, o alto nível de desperdício desses materiais.

TABELA 2. Composição do lixo no município de Belém.

Componentes	% em peso (base úmida)
Matéria orgânica	58,00
Papel e papelão	14,00
Plásticos finos e grossos	18,00
Metais	2,00
Têxteis, couro e borracha	4,00
Vidro, terra e pedra	2,00
Madeira	1,00
Outros	1,00
Total	100,00

TABELA 3. Outras características do lixo de Belém.

Umidade do lixo	63 %
Umidade da matéria orgânica	61 %
Resíduos secos	37 %
Sólidos voláteis c/umidade	70 %
Sólidos fixos	45 %
pH	8.11

Pode-se ainda citar diversas irregularidades encontradas que contribuíram para a baixa qualidade dos serviços prestados na coleta e no tratamento dos resíduos:

- falta de recobrimento dos resíduos dispostos no aterro sanitário ao longo dos anos de 1994, 1995 e 1996, transformando-o em vazadouro (lixão);
- frota de coleta gerenciada pelo monopólio da empresa responsável totalmente sucateada;

- falta de monitoramento de análises ambientais sobre os impactos provocados pela disposição dos resíduos no aterro;
- desativação da usina de tratamento de resíduos perigosos desde o ano de 1994;
- a presença de catadores, inclusive menores, na área do aterro;
- falta de investimentos na qualificação de recursos humanos e gerenciais.

O sistema de limpeza pública de Belém atinge atualmente um custo mensal com despesas correntes de R\$ 1.882.223,78. Tal valor encontra-se dividido dentre os seguintes serviços, referentes a março de 1998:

Atividades	Valor (R\$ 1,00)
Varrição e coleta de entulho	435.718,52
Capinação e raspagem de vias	114.814,40
Lavagem de feiras	71.015,28
Coleta de resíduos domiciliares, feiras e resíduos especiais	972.592,78
Manutenção do aterro sanitário	246.482,80
Manutenção das áreas de bota-fora	41.600,00
<b>Total</b>	<b>1.882.223,78</b>

A rotina do sistema de gestão da limpeza pública foi bastante prejudicada no início da atual gestão, uma vez que a empresa prestadora do serviço encontrava-se em fase de término de contrato. Tal fato contribuiu para que as mudanças de concepção e reformas do sistema ficassem prejudicadas.

Considerando tal fato, e na perspectiva de uma reestruturação das especificações técnicas que garantissem a implementação de uma nova política de gestão de resíduos sólidos, iniciou-se a confecção do processo de licitação em março de 1997.

Devido à inexistência de legislação que regulamentasse os serviços de coleta e transporte de resíduos sólidos no município de

Belém, parte do corpo de edital foi elaborado com o intuito de preencher esta lacuna, o que veio suscitar maior quantidade de dúvidas durante o processo de licitação (normalmente conturbado mesmo em municípios que detêm tal regulamentação), prejudicando o cumprimento dos prazos previstos para a conclusão do processo licitatório.

Tais motivos levaram à dispensa do processo licitatório para um contrato emergencial, contando com a intermediação do Ministério Público Estadual.

Sob a égide deste contrato emergencial, duas empresas prestam serviços de coleta atualmente: Terraplena e Bauruense, cobrindo 61 roteiros em toda a cidade.

A Terraplena é responsável por 30 destes roteiros (49,18%), referentes à área situada entre o centro comercial e as áreas de expansão, contando com 17 carros coletores.

A Bauruense foi contratada para cobrir 31 roteiros da cidade (50,82%), compreendendo à área do centro comercial de Belém e as áreas de expansão, e hoje dispõe de 15 carros coletores em atividade.

As empresas contratadas, em suas áreas de abrangências ficam responsáveis pela totalidade da coleta de resíduos nos roteiros designados, compreendendo: pontos de feiras e mercados municipais; pontos de casas comerciais; pontos críticos (acúmulo de lixo por falta de coleta alternativa em áreas de difícil acesso); ruas de grandes produção; e a coleta domiciliar nas casas de saúde.

O custo mensal orçamentário previsto para o contrato de emergência perfaz R\$ 972.592,78, dividido da seguinte maneira:

Empresa	Valor (R\$ 1,00)
Terraplena	547.800,00
Bauruense	365.200,00
C.C.E.	59.592,78 (Coleta de entulho)
<b>Total</b>	<b>972.592,78</b>

Com o novo contrato emergencial obteve-se uma redução do preço por tonelada do lixo domiciliar coletado de R\$ 33,96 (vigente até dezembro/97) para R\$ 33,20 (a partir de janeiro de 1998), propiciando uma economia média mensal para o município, de 16.700 reais.

O lixo hospitalar vem sendo adequadamente coletado por três novos furgões adquiridos, de acordo com as especificações técnicas para tal serviço. Este resíduo vem apresentado uma média mensal de 200 toneladas em 1997.

Dentre os desafios planejados pela marca de governo "Sanear Belém", constam o tratamento adequado de resíduos sólidos e a limpeza da cidade.

No que diz respeito ao tratamento de resíduos sólidos, estão previstos para financiamentos os projetos:

Biorremediação do Aterro do Aurá (solicitado empréstimo à CEF no valor de 6 milhões e 400 mil reais), com uma Usina de Compostagem de capacidade de 20 t/dia, para os catadores deste aterro;

Implantação da Usinas de Compostagem (Estações de Transbordo) com capacidade de 3 t/dia em Mosqueiro e Icoaraci, com programas de coleta seletiva nas praias e praças destas ilhas;

Reativação da Usina de Incineração do lixo infectante (também com recursos do FGTS solicitados à CEF no valor de 500 mil reais), com capacidade de 21 t/dia, possibilitando a ampliação da coleta de ambulatórios, animais, portos e aeroportos. A simples mudança de tipo de combustível utilizado para incineração dos resíduos (óleo diesel para GLP), reduz em 1/3 o custo de operação, além da redução do nível de poluição (convênio com a SECTAM para o monitoramento dos efluentes).

A marca "Sanear Belém" decidiu ainda priorizar a implantação de um sistema integrado de reciclagem de resíduos sólidos que vise a geração de ocupação e renda, prioritariamente, aos catadores do Aterro do Aurá. Tal sistema já conta com um projeto em discussão, que prevê

a implantação de centros de triagem e reciclagem de materiais distribuídos nos vários distritos administrativos.

O desafio priorizado de manter limpa Belém, requer a reestruturação do sistema de limpeza pública, bem como a elaboração de um Plano Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos, que se encontra em fase de elaboração de diagnóstico, tendo sido acordado que sua realização ocorrerá em parceria com a Universidade Federal do Pará, através de suas unidades de pesquisa – Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Núcleo de Meio Ambiente e Centro Tecnológico.

Ressalta-se a necessidade premente apontada por tal marca do governo, de implementação de projetos de educação ambiental para resíduos sólidos, voltados à reciclagem de materiais e resgate da cidadania. Tais projetos deverão conter, em sua essência, o duplo desafio de, por um lado, estimular o resgate da cidadania, e por outro, a preservação do meio, contribuindo para a elevação de qualidade de vida.

O projeto "Sementes do Amanhã" é um exemplo de iniciativa neste sentido, que vem atuando desde o segundo semestre de 1997. Proporcionando outras perspectivas para as crianças e adolescentes catadores de lixo do Aterro Sanitário do Aurá, este projeto já viabilizou 51 Bolsas Escola às famílias catadoras do Aurá, onde estão incluídas as crianças do projeto. Constatou-se que o número de dependentes menores de idade que direta ou indiretamente serão beneficiados pelo projeto somam 225.

Outro projeto também elaborado por técnicos das secretarias municipais: SESAN, FUNVERDE, SEMEC, FUNBOSQUE, SECAP e SECON, no ano de 1997, intitulado "Educação Ambiental para Resíduos Sólidos", já encaminhado para órgãos financiadores, deverá ser implantado ainda em 1998, trabalhando o resgate da cidadania em bairros, centros comunitários e escolas de Belém.

# LIXO TAMBÉM PODE SER UM GRANDE NEGÓCIO PARA A INICIATIVA PRIVADA

Júlio Alexandre Vasconcelos Gurgel do Amaral<sup>1</sup>

## INTRODUÇÃO

Lixo também pode ser um grande negócio para a iniciativa privada, é um conceito, que depende sempre do momento, da coragem, dos relacionamentos das disponibilidades, da competência e das oportunidades.

O objetivo deste trabalho é apresentar a própria experiência com o meio ambiente, onde pôde-se observar que, se tiverem perseverança, com certeza terão retorno em todos os sentidos, mas principalmente, a satisfação de poder estar ajudando de alguma forma a natureza, a indústria e a família a terem uma qualidade melhor de vida.

## INÍCIO DO PROCESSO

Em 1988, a extração de Areia Boa Hora, encerrou suas atividades como porto de areia e tendo como resultado do desmantelamento hidráulico, a área degradada formada por bolsões de argila e silte.

Estudaram-se possibilidades de recuperação da área e devido às circunstâncias locais, tais como zona industrial, baixa densidade

demográfica, lixão da prefeitura próximo ao local, optou-se em viabilizar um aterro industrial.

Executou-se um estudo de impacto ambiental, onde se constatou que primeiramente o resíduo a ser depositado no futuro aterro, deveria ser um resíduo que não oferecesse ao meio ambiente periculosidade devido à problemática de implantação. Logo os resíduos classe dois e três foram considerados ideais, pois, as exigências da época para esses resíduos, eram mais compatíveis com os custos estimados à implantação.

Com a aprovação do estudo de impacto ambiental (EIA), foi elaborado um parecer técnico pela Secretaria do Meio Ambiente, que balizou a execução do projeto do aterro industrial.

Em 1989, o projeto do aterro industrial foi totalmente concluído, e encaminhado à Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), solicitando a Licença de Implantação do aterro.

Uma vez apresentada a solicitação da licença, iniciou-se a discussão, pois existia a

---

<sup>1</sup> Boa Hora Central de Tratamento de Resíduos Ltda, Mauá, São Paulo.

possibilidade de implantação de um negócio, que aparentemente seria lucrativo, conclusão esta devido ao grande número de procura das indústrias pelos nossos serviços.

Mas como viabilizar um empreendimento com este porte?

As estimativas de custo indicaram que para a primeira fase de implantação do aterro, toda a infra-estrutura inicial chegaria a um custo de aproximadamente 1 milhão de dólares.

Em entendimentos com a CETESB, concluiu-se que a primeira fase deveria ser implantada em três etapas, e que seriam reduzidos os tipos de resíduos a receber, com isso diminuiriam os custos da implantação, pois não seria construída, a princípio, a estação de tratamento, mas sim a lagoa de acúmulo dos percolados, chegando a um custo de implantação de aproximadamente 350 mil dólares.

O problema continuava, pois foi diminuído o custo, mas ainda não existia recursos para a implantação. A Companhia Fabricadora de Peças (COFAP), uma das mais conceituadas empresas de autopeças do Brasil, na época gerava 2 mil toneladas de areia de fundição por mês, acumulando um passivo residual no pátio interno de aproximadamente 150 mil toneladas de areia ao longo de seis anos, pois todas as alternativas de reaproveitar, reprocessar, foram esgotadas.

Os profissionais da COFAP, extremamente competentes, entraram em contato com os proprietários do Boa Hora, e a aproximação das empresas foi inevitável, viabilizando a implantação da primeira etapa e consolidando a parceria entre as empresas.

Conseguida a Licença de Funcionamento, depois de muitas reuniões com a CETESB, e após a implantação, O Boa Hora era a segunda indústria no Estado de São Paulo de destinação final de resíduos sólidos.

## EXPERIÊNCIA DE FUNCIONAMENTO

Em 1991, o Aterro Industrial Boa Hora entrou no mercado, que por sua vez, mostrou-se muito promissor, em função do número de consultas. Pois antes do Boa Hora ser implantado, as indústrias solicitavam que fosse feita uma lista de espera, com medo de não sobrar espaço para usarem o aterro Boa Hora como destinação final. Mas a verdade é que, em se tratando de meio ambiente, o empresário quando analisa o custo, não leva em consideração o benefício, ou seja, quando tem que por a mão no bolso a coisa muda de figura.

Começou-se a visualizar o mercado e quais os caminhos que deveriam ser seguidos, pois as regras não eram muito bem definidas, nem pela CETESB, nem por qualquer órgão governamental.

### Mercado do lixo

O que é o lixo?

São restos de atividades humanas, consideradas pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis.

Normalmente se apresentam de forma sólida, semi-sólida e líquida.

Embora o lixo e resíduo sólido sejam a mesma coisa, será usado o termo lixo.

### Como classificar o lixo

Para poder racionalizar, é bom saber quais os tipos de lixo são gerados e quem são os responsáveis pelo seu gerenciamento (Tabela 1).

## O que se deve saber sobre o lixo industrial

- Geração - Fonte de geração
- Armazenamento, manuseio e transporte
- Tratamento

Baseado no tipo de lixo, quantidade gerada, manuseio, transporte e tratamento, o Boa Hora implementou um plano de ação, dirigindo todos os trabalhos para o Lixo industrial classe I, II, III e resíduos de serviço de saúde.

Dentro das decisões tomadas, o mercado apresentou-se muito promissor, pois faltam profissionais nesta área e dentro da própria indústria, em sua maioria médias, pequenas e algumas grandes. Não existiam profissionais que conhecessem o assunto.

O Boa Hora desenvolveu as seguintes prestações de serviços:

### a) Gerenciamento integrado (ISO 14000)

É o conjunto articulado de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento, que uma empresa desenvolve, baseada em critérios sanitários, ambientais e econômicos, para gerar, minimizar, armazenar, manusear, transportar, tratar e dispor o resíduo industrial.

### b) Diagnósticos - como anda o paciente;

### c) Prognósticos - O que fazer;

### d) Tratamento de resíduos

- Secagem e desidratação de lodos

- Estabilização

### e) Destinação final

- aterro industrial

### d) Incineração de serviços de saúde

(Apresentação dos slides)

## Parcerias consolidadas

- Aterro classe I
- Incineração de lodos, borras de tinta
- Co-processamento energético
- Reprocessamento por beneficiamento

## Projetos futuros

- Tratamento de esgoto
- Tratamento de óleos solúveis
- Tratamento de pneus – 1ª fase

## CUSTOS

O investimento na Central de Tratamento até os dias de hoje foi da ordem de aproximadamente, 4 milhões de dólares divididos da seguinte forma:

- Primeira fase, implantação do aterro, infra-estrutura básica e projeto da segunda fase - ..... U\$ 850.000,00
- Laboratório de análises - ... U\$ 350.000,00
- Estação de tratamento de efluente - ..... U\$ 500.000,00
- Galpões de manutenção - .. U\$ 150.000,00
- Máquinas e utilitários - ..... U\$ 520.000,00
- Incinerador - ..... U\$ 1.200.000,00

O Projeto Boa Hora é muito vasto, pois o trabalho com o meio ambiente está muito recente, há muito que ser desenvolvido ainda, tornando este mercado bastante promissor para as pessoas que encaram com seriedade, responsabilidade e coragem, pois é sempre bom lembrar que a natureza é viva.



# PROPOSTA PARA A GESTÃO INTEGRADA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS EM BELÉM

Luiz Otávio Mota Pereira<sup>1</sup>  
Antônio Noronha Tavares<sup>2</sup>

**Resumo:** O trabalho tem por objetivo propor diretrizes e bases, inclusive institucionais, para a Gestão Integrada dos resíduos sólidos em Belém, a partir de princípios básicos e sistêmicos, da minimização nas várias origens, descentralização, segregação, reciclagem e compostagem. Torna-se necessário caracterizar a cidade de Belém, em face das suas dificuldades estruturais, para melhor entendimento das dificuldades atuais, e das propostas inovadoras e alternativas que precisam ser adotadas. A análise da limpeza urbana no município mostra um quadro de dificuldades, que precisa ser revertido, considerando os impactos já causados pelas 1.800 toneladas/dia de resíduos, gerados em Belém, com algumas providências, que são propostas, como medidas a curto prazo, como a recuperação imediata do atual destino final Metropolitano do Aurá, hoje com características de lixão a céu aberto. O Sistema de Gestão proposto dá ênfase a um modelo tecnológico moderno, com base na integração, entre as várias fases, principalmente na coleta diferenciada, com as várias formas de tratamento/destino final, sendo imprescindível a mobilização popular permanente. O modelo proposto requer fortalecimento institucional do setor de limpeza urbana no município, bem como atualização/formação de recursos humanos. A Prefeitura de Belém deve analisar fontes de recursos orçamentários ou não, bem como parcerias com outros setores da sociedade, inclusive as empresas privadas, para viabilizar solução duradoura e sustentável para Belém.

**Palavras-chave:** gestão integrada, resíduos em Belém, limpeza urbana em Belém.

## INTRODUÇÃO - DADOS GERAIS

A coleta, o transporte e o tratamento/destino final do lixo são atividades tipicamente municipais, constituindo, no conjunto, um ramo importante do saneamento ambiental, devendo ser tratado de forma integrada e como parte de um Plano Diretor Municipal de Saneamento e Meio Ambiente.

As administrações municipais do País vêm encontrando dificuldades para soluções sustentáveis de tão grave problema urbano, com implicações na saúde e na qualidade de vida da população. O percentual de domicílios urbanos, com coleta domiciliar, regular no Brasil, é em torno de 78%, e do total coletado, 72% é lançado sem nenhuma técnica em lixões a céu aberto.

---

<sup>1</sup> Engenheiro Civil e Sanitarista, graduado pela Universidade Federal do Pará (UFPA) e pós-graduado pela Universidade de São Paulo (USP). Av. Nazaré n° 568/150 - Bairro de Nazaré - Belém-Pará - CEP 66.034-170, Brasil-Tel/Fax-(091) 241-7038.

<sup>2</sup> Engenheiro Sanitarista, formado pela Universidade Federal do Pará (UFPA), em 1985. Professor do Departamento de Hidráulica e Saneamento (UFPA).

Estima-se que o sistema de limpeza urbana de Belém colete menos de 70% do lixo doméstico produzido, abaixo portanto da média nacional, sendo quase todo encaminhado para o hoje Lixão do Aurá.

### **Características da cidade de Belém**

A cidade de Belém, com 1.142.258 habitantes, é a principal cidade do Estado do Pará e integra a Região Metropolitana de Belém, com mais quatro municípios, concentrando cerca de 28% da população total do Estado.

O crescimento populacional, em 1995, foi de 4,1% ao ano (superior à média brasileira, de 1,93%), ocorreu basicamente, nas áreas periféricas e em invasões desordenadas, contribuindo para o aumento da pobreza e das desigualdades sociais.

O sítio urbano, onde ocorrem precipitações anuais de chuvas, na ordem de 3.750 mm, possui cerca de 40% de terras baixas ou "baixadas", que são áreas abaixo da cota 4,00 m, alagadas permanentemente ou alagáveis, conforme o ciclo de marés e chuvas. Nestas áreas vive cerca de 1/3 da população da cidade.

Só com a recuperação efetiva das baixadas será possível a implantação definitiva da infra-estrutura social nestas áreas, inclusive a coleta regular de lixo, na sua forma tradicional. Hoje, só podem ser previstas soluções alternativas.

### **O lixo de Belém - Dados gerais**

A cidade de Belém produz cerca de 1.800 t/dia de resíduos sólidos, que de acordo com o modelo atual, quase todo o lixo doméstico coletado (cerca de 70%) é encaminhado para o complexo destino final do Aurá, hoje um

Lixão situado na localidade Santana do Aurá, distante cerca de 19km do centro de massa da área coletada. Em face da sua concepção metropolitana, o Sistema Aurá, ainda recebe cerca de 300 t/dia de resíduos sólidos do município de Ananindeua.

O sistema de limpeza urbana atual de Belém é inadequado e ultrapassado, ocasionando vários problemas, que angustiam a população, dentre os quais destacam-se: a coleta em áreas de difícil acesso, a remoção de lixo hospitalar, do lixo público (principalmente o entulho da construção), a limpeza de feiras e mercados, a varrição permanente de vias, e os graves problemas com o destino final do Aurá. Inexistem ações efetivas de minimização e descentralização dos resíduos, através de técnicas de manejo e tratamento diferenciado.

É importante ressaltar, que tornam-se necessárias ações imediatas para o destino final/tratamento do Aurá, hoje com a capacidade esgotada e potencialmente impactante ao entorno, inclusive aos mananciais de abastecimento de água de Belém.

O gerenciamento da limpeza urbana é tipicamente municipal. A Secretaria de Saneamento do Município de Belém (SESAN), através do Departamento de Resíduos Sólidos (DRES), é responsável pela operacionalização destas atividades, que deveriam ser tratadas de modo integrado e constituir parte de um Plano Diretor de Saneamento e Meio Ambiente Municipal.

A média diária de resíduos produzidos, estimada em 1.800 toneladas, tem as seguintes origens: lixo doméstico (840 t/dia); lixo público e outros resíduos (860 t/dia); lixo hospitalar (12 t/dia); Feiras e mercados (72 t/dia).

Várias empresas prestam serviços para a SESAN, na área de limpeza urbana, principalmente através da locação de pessoal e equipamento para a execução da varrição, limpeza de valas, raspagem de meio-fio, remoção de entulhos, etc.

Somente a coleta do lixo domiciliar é totalmente terceirizada, através de contrato com empresa especializada.

## A ATUAL COLETA DO LIXO DOMICILIAR

A coleta do lixo domiciliar e de transportes de containers com poliguindastes é contratada com duas empresas. São coletados diariamente, pelas empresas, cerca de 580 toneladas de lixo, com carros coletores, e média mensal de 15 mil toneladas, que representam cerca de 62% do volume gerado pelos domicílios em Belém. São coletadas cerca de 390 toneladas com poliguindastes e caçambas, coletando lixo público e de áreas de difícil acesso. Cerca de 8% do lixo doméstico coletado é feito de maneira inadequada, por pequenas empresas, utilizando caçambas basculantes em áreas urbanizadas.

Para a execução dos serviços de coleta do lixo domiciliar em Belém, são utilizados vários equipamentos, como: caminhões equipados com coletor-compactador, caminhões equipados com caçambas basculantes, caminhões equipados com poliguindastes, caminhão Guincho (socorro), carros destinados à fiscalização, ônibus para transporte auxiliar de funcionários.

As características climáticas, topográficas, geológicas e urbanísticas dificultam a coleta diária e regular do lixo da cidade. Estes conjuntos de fatores e a falta de gestão moderna são responsáveis pela deficiência de coleta de cerca de 30% do lixo gerado. Não é possível a

cobertura total, pelos meios tradicionais, prejudicando, principalmente, as áreas mais carentes (baixadas, invasões e com precariedade do sistema viário), que precisam de tratamento diferenciado e especial.

A frequência da coleta foi prejudicada pela SESAN/DRES, tendo a seguinte configuração:

- Roteiros pares – segunda, quarta e sexta-feira (diurno);
- Roteiros ímpares – terça, quinta-feira e sábado (diurno);
- Roteiros diários (n<sup>os</sup> trezentos) (diurno);
- Roteiros diários (n<sup>o</sup> 501-521) (noturno);
- Roteiros com poliguindastes (containers de 7 metros cúbicos);

Existem algumas dificuldades operacionais que são impeditivas ou restritivas a uma coleta regular otimizada, conforme listagem abaixo:

- Falta de campanhas permanentes de educação ambiental, objetivando o envolvimento e a participação da população na limpeza da cidade.
- Precariedade do sistema viário em áreas de subúrbio ou periférica, resultando em panes constantes dos caminhões coletores compactadores ou no uso inadequado de caçambas basculantes para a coleta de lixo doméstico.
- Condições de difícil trafegabilidade do acesso exclusivo, de 4,5 km, da BR-316 até a entrada do complexo destino final do Aurá.
- O esgotamento da área do antigo aterro sanitário (hoje um lixão) do Aurá.
- A falta de coleta alternativa para as áreas de difícil acesso ou de estivas.
- O formato inadequado, com grande abertura na parte superior, das cestas coletoras

instaladas, levou a população a colocar em qualquer hora os sacos de lixo domésticos, formando permanentes pontos de lixo, e conflitos entre moradores.

- O desordenamento das feiras e mercados, principalmente a do Ver-o-Peso.

- A deficiência da varrição e limpeza de vias e logradouros públicos.

### **PROPOSTAS A CURTO PRAZO PARA MELHORIA DA COLETA DOMICILIAR**

Conforme mencionado, a necessidade da modernização de todo o sistema de limpeza urbana, objeto da presente proposta, com planejamento e gestão adequados dos resíduos, observando princípios sistêmicos de minimização, descentralização e técnicas adequadas para o tratamento/destino final. São providências que demandam estudos, recursos e tempo para implantação gradual.

Objetivando melhorias na atual coleta, e principalmente o bem-estar da população, sugere-se a curto prazo:

- Campanha imediata e permanente de educação ambiental, objetivando a participação popular na limpeza e no embelezamento da cidade. Começar pela reafirmação dos dias e horários de coleta domiciliar regular, inclusive da melhor maneira de armazenamento.

- Reordenar de imediato os roteiros, com a minimização do uso de caçambas basculantes.

- Implantar a coleta alternativa, seja com microtratores em áreas de difícil acesso, ou com os garis comunitários em áreas de baixadas. Em ambos os casos devem ser utilizados containers de 7 m<sup>3</sup>, em pontos estratégicos.

- Promover a limpeza mecanizada das vias não pavimentadas da cidade, possibilitando a trafegabilidade de veículos coletores.

- Substituição das cestinhas coletoras por outras mais adequadas, com abertura menor para receber apenas pequenos resíduos. Campanha de esclarecimento deve orientar quanto ao uso adequado das mesmas.

- Melhoria imediata do acesso exclusivo à área do destino final no Aurá.

- Ação imediata à área do atual aterro, que deve voltar a ser sanitário, com anexação de área degradada contígua, de aproximadamente 12 ha para implantação de aterro celular.

- Reativação imediata da usina de incineração de resíduos perigosos, inclusive hospitalar, com capacidade para 21 toneladas/dia.

### **PROPOSTA DE GESTÃO INTEGRADA**

Para a solução sustentável deste grave problema urbano, comprometedor da saúde pública e da beleza da cidade, torna-se necessário mais que investimentos e ações diretas do Poder Público. Propõe-se a modernização da gestão, a adoção de modelo tecnológico moderno e de baixo custo, a educação ambiental permanente e a participação popular em todos os níveis.

Em função do atual estágio sócio-econômico e das condições peculiares do espaço urbano de Belém, propõe-se a formulação de um modelo capaz de solucionar de forma sustentável o problema do lixo, por um horizonte de 20 anos, composto em linhas gerais de unidades ou módulos menores, obedecendo princípios básicos e sistêmicos da minimização, descentralização, segregação, da

reciclagem e compostagem. O sistema proposto permitirá implantação gradativa, em substituição, ao existente, com reais benefícios para a qualidade, racionalidade e ainda preservação/recuperação ambiental, com redução de custos de operação (Anexo 1).

### **Modelo tecnológico**

A formulação do modelo tecnológico tem como base um diagnóstico preliminar, onde foi possível avaliar as condições reais do problema. Além disso, a formulação de modelo para solução dos problemas encontrados, fundamenta-se nas seguintes diretrizes:

- otimizar os recursos materiais e humanos disponíveis e minimizar os custos de manejo e tratamento;
- dar início a um processo de organização da geração de resíduos, partindo de sua origem até o destino final;
- dar início a um processo que possibilite a criação de mecanismos que levem a produção de resíduos tender a zero;
  - estimular a educação ambiental;
  - otimizar as tecnologias existentes;
  - tentar obter a máxima reciclagem (massa energética);
  - procurar causar o menor impacto ambiental;
  - remediar as áreas degradadas.

A solução dos problemas dos resíduos deve partir da origem, ou seja, da fonte geradora. Como se observa nesta proposição, a sistematização do manejo dos resíduos nos domicílios e estabelecimentos comerciais e industriais, tem como fundamento a segregação dos resíduos em três categorias distintas:

biodegradáveis, recicláveis e descartáveis. Com esta sistemática é possível um melhor acondicionamento estético dos resíduos na fonte, eliminando-se os inconvenientes dos sacos de plástico e o tempo de acondicionamento. Além disso, com a segregação é possível aumentar o índice de materiais recicláveis e compostáveis, obtendo-se ao final produtos (composto orgânico, metais, papeis, papelões, vidros, etc.) de melhor qualidade e aceitabilidade no mercado de reciclados. Outra vantagem desta sistemática é a relação ao aumento de vida útil no módulo de destino final.

Com relação aos resíduos do serviço de saúde, a sistemática visa segregá-los em duas categorias: Resíduos sépticos (descartáveis) e Resíduos não sépticos (recicláveis).

Segundo o modelo proposto, a solução dos problemas verificados na geração e no sistema de coleta, passa pela implementação de um plano organizacional objetivando reduzir o grau de heterogeneidade dos resíduos a partir da origem, bem como, a participação efetiva do gerador de resíduos, no caso, os municípios, na gestão dos serviços. Propõe-se, então, que os resíduos gerados no município sejam coletados de forma diferenciada onde o cidadão terá oportunidade de participar do manejo de seus resíduos reduzindo o desperdício.

Na seqüência, serão descritos sucintamente os componentes do sistema organizacional da geração, coleta e destino final proposto:

### **Sistema de coleta diferenciada**

#### **a) Resíduos de Podas**

As podas de árvores e jardins públicos e privados geram uma grande quantidade de resíduos diariamente. Em termos de coleta e

destino final, estes resíduos causam muitos problemas, dentre eles: difícil manejo, em função de grandes volumes; difícil tratamento em sistemas convencionais, pois ocupam muito espaço, sendo de difícil biodegradabilidade. Assim, em virtude de sua especificidade, os resíduos de podas devem ser coletados de forma diferenciada e reaproveitados, após sofrerem beneficiamento e secagem.

### **b) Resíduos de Entulhos**

O destino final do entulho (restos de obras) deverá ser realizado em diversos pontos da cidade, em unidades denominadas “centrais de entulhos”, próximas às áreas geradoras, onde através de atividade manual ou mecanizada poderão ser segregados e aproveitados como aterro de ruas(sub-base), ou em pavimentos alternativos de vias. As áreas poderão ser particulares e utilizadas por comodato em prazo mínimo de dez anos. São previstos inicialmente três centrais: em área institucional, na Av. Perimetral; em área na Rodovia Arthur Bernardes, litorânea da Baía do Guajará; e no Distrito de Icoaraci. Poderá ser prevista uma quarta área, no próprio Aurá, para atender o município vizinho de Ananindeua. Estas centrais, devem ter capacidades de processamento entre 100 a 200 toneladas/dia, sendo implantadas gradualmente. A rede de coleta de entulho será privada, com pequenas empresas licenciadas pelo poder público (Anexo 2).

### **c) Resíduos de Serviço de Saúde**

Antecedendo a coleta, recomenda-se a segregação destes resíduos nas duas classes distintas objetivando a reciclagem e a minimização de resíduos potencialmente perigosos a partir da origem.

Em termos de destino final, os resíduos hospitalares serão incinerados, aproveitando a usina existente de 21 t/dia, hoje paralisada e suas cinzas depositadas no aterro sanitário.

### **d) Resíduos Domésticos**

Por lixo doméstico entende-se os resíduos gerados nos domicílios. No entanto, é comum incluir nesta categoria resíduos de atividades industriais (pequenos estabelecimentos) e comerciais (lojas, lanchonetes, restaurantes, bancos, etc.) Em geral, estes resíduos compreendem uma mistura heterogênea de diversos materiais, podendo ser encontrados: restos de alimentos, invólucros, papéis, papelões, metais, vidros, plásticos, tecidos, etc., onde grande parcela é reciclável e biodegradável, caso seja adequadamente manejado.

Os resíduos recicláveis e biodegradáveis poderão ser tratados na Unidade de Segregação. Os recicláveis devem ser comercializados. Os biodegradáveis devem ser compostados em leiras. Os resíduos descartáveis devem ser dispostos em aterro sanitário celular.

### **e) Coleta Seletiva Voluntária**

Como visto anteriormente, o lixo urbano, principalmente o lixo doméstico, é formado por produtos potencialmente recicláveis (papel, papelão, vidro, plástico e metais).

A solução para um melhor aproveitamento destes resíduos passa pela segregação junto a fonte geradora, seja através da coleta seletiva porta-a-porta, seja através da coleta seletiva concentrada. No primeiro tipo, a população separa o lixo e coloca na porta da residência e, no segundo tipo, a população separa o lixo e coloca em pontos de entrega

voluntária. Nestes pontos são instalados contenedores de cores diferenciadas, onde cada cor representa um tipo de material a ser reciclado.

A proposta de coleta seletiva porta-a-porta tem se mostrado mais eficiente do ponto de vista ambiental, porém possui restrições de custos operacionais. Deve-se programá-la para ser realizada a médio e longo prazos em áreas específicas.

A proposta indicada para Belém é a instalação de pontos de entrega voluntária - PEV.

#### **f) Coleta Seletiva na Área Comercial**

O centro comercial de uma cidade é rico em materiais recicláveis, principalmente papel e papelão. Estes materiais são coletados diariamente por catadores antes da passagem dos coletores compactadores.

Com o objetivo de organizar esta "coleta seletiva informal" a SESAN poderá, junto com a Funpapa e a Câmara de Diretores Lojistas, cadastrar e organizar em cooperativa estes catadores. Será destinado também uma área para enfardamento e estoque do material reciclado, eliminando a figura do atravessador.

#### **g) Coleta Alternativa em Áreas de Baixada e Estivas**

A coleta alternativa em áreas de baixadas e estivas será feita com veículos adequados (microtratores, carrinhos-de-mão ou de tração animal) e utilização do gari comunitário. Poderá, ser geradora de renda, com a contratação de mão-de-obra local.

#### **Tratamento e destino final**

Serão previstas as seguintes unidades ou etapas:

a) *Unidade de Segregação e Reciclagem.*

b) *Aterro Sanitário Celular:* unidade destinada ao tratamento, por processos físicos, químicos e biológicos (lixiviação), de determinados tipos de resíduos domésticos biodegradáveis, inclusive aqueles oriundos do serviço de saúde (após descontaminação), e os não inertes, particularmente os combustíveis.

c) *Biorremediação:* é princípio fundamental do modelo que toda e qualquer área contaminada ou degradada por disposição inadequada de resíduos sólidos, deve ser remediada, independente da solução proposta. Além disso, esta ação de remediação deve ocorrer imediatamente e em paralelo às demais ações.

d) *Unidade de Incineração:* localizada no complexo destino final do Aurá, com capacidade de 21 t/dia, que deve ser reativada.

e) *Unidades Simplificadas de Compostagem:* estas unidades deverão ter capacidade de processamento entre 10 a 20 t/dia. Recomenda-se a instalação inicial nos Distritos de Mosqueiro (distante cerca de 75 km de Belém) e Outeiro (cerca de 30km de Belém), e ainda exclusiva, para resíduos de feiras e mercados, na área da CEASA, nos arredores de Belém (Anexo 2).

f) *Unidades de Reciclagem de Entulhos:* as unidades de reciclagem de entulhos deverão ser instaladas nas regiões da malha urbana que necessitam de aterramento, como forma de evitar grandes distâncias no transporte destes resíduos (Anexos 2 e 3).

Recomenda-se ainda o reforço e aprimoramento institucional da área de limpeza urbana na Administração Municipal, capaz de gerir profissionalmente tão importante programa, atuando no planejamento, na fiscalização e regulação dos serviços. Sugere-se a criação de uma Superintendência Municipal, vinculada a uma Secretaria que coordene as Políticas Públicas afins, no âmbito municipal.

## CONCLUSÕES

– O modelo atual de limpeza urbana de Belém encontra-se desatualizado, não atende às expectativas da população, às características e o porte da cidade, não sendo sustentável.

– O destino final do Aurá, está esgotado, comprometendo o entorno, com risco de contaminação dos mananciais de água da Região Metropolitana. Deverão ser adotadas medidas a curto prazo para recuperar a área, com modelo tecnológico para tratamento/destino final e recuperação por biorremediação. Estas providências e a descentralização proposta irá prolongar a vida útil da unidade.

– Torna-se necessária a adoção de um novo modelo de Gestão, moderno e sustentável, conforme proposto neste trabalho, já conhecido, em linhas gerais, pelas autoridades municipais

e debatido com vários segmentos da sociedade local, inclusive com a comunidade acadêmica.

– O setor de Limpeza Urbana deverá ser reconhecido e fortalecido na Macro Estrutura do município de Belém.

– A Prefeitura de Belém deverá liderar o processo de parcerias com os municípios vizinhos, integrantes da Região Metropolitana de Belém, buscando soluções adequadas e sustentáveis, coletando, transportando e tratando os resíduos, devolvendo recuperado ao meio ambiente.

## RECOMENDAÇÕES

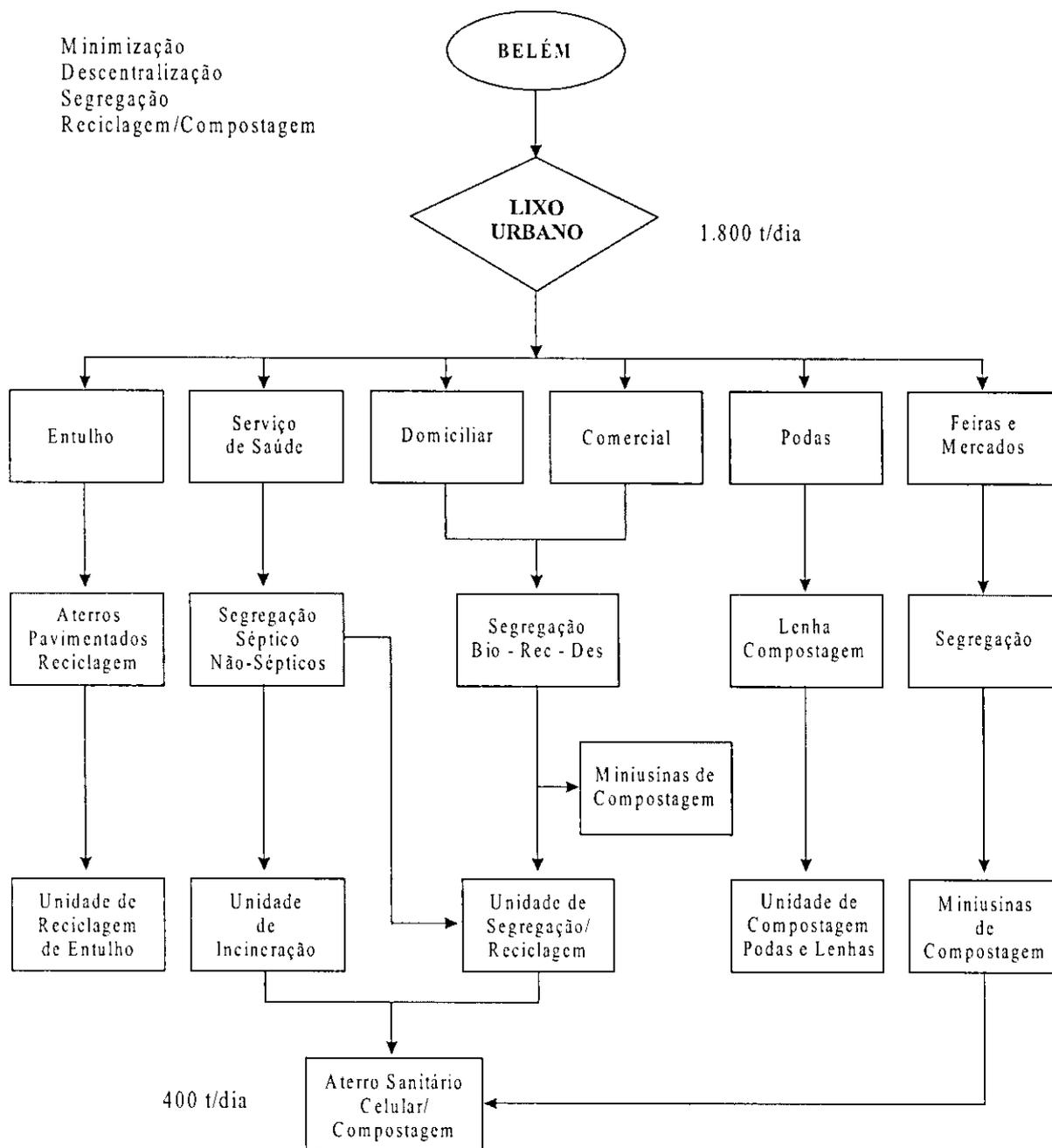
– Que sejam criados Programas Estaduais de Gestão de Resíduos Sólidos, como apoio e Fomento aos municípios, principalmente aos de menor porte, para solução sustentável de seus problemas com a coleta e destino final de resíduos sólidos, com ênfase na variável ambiental e ainda possibilitando a geração de renda.

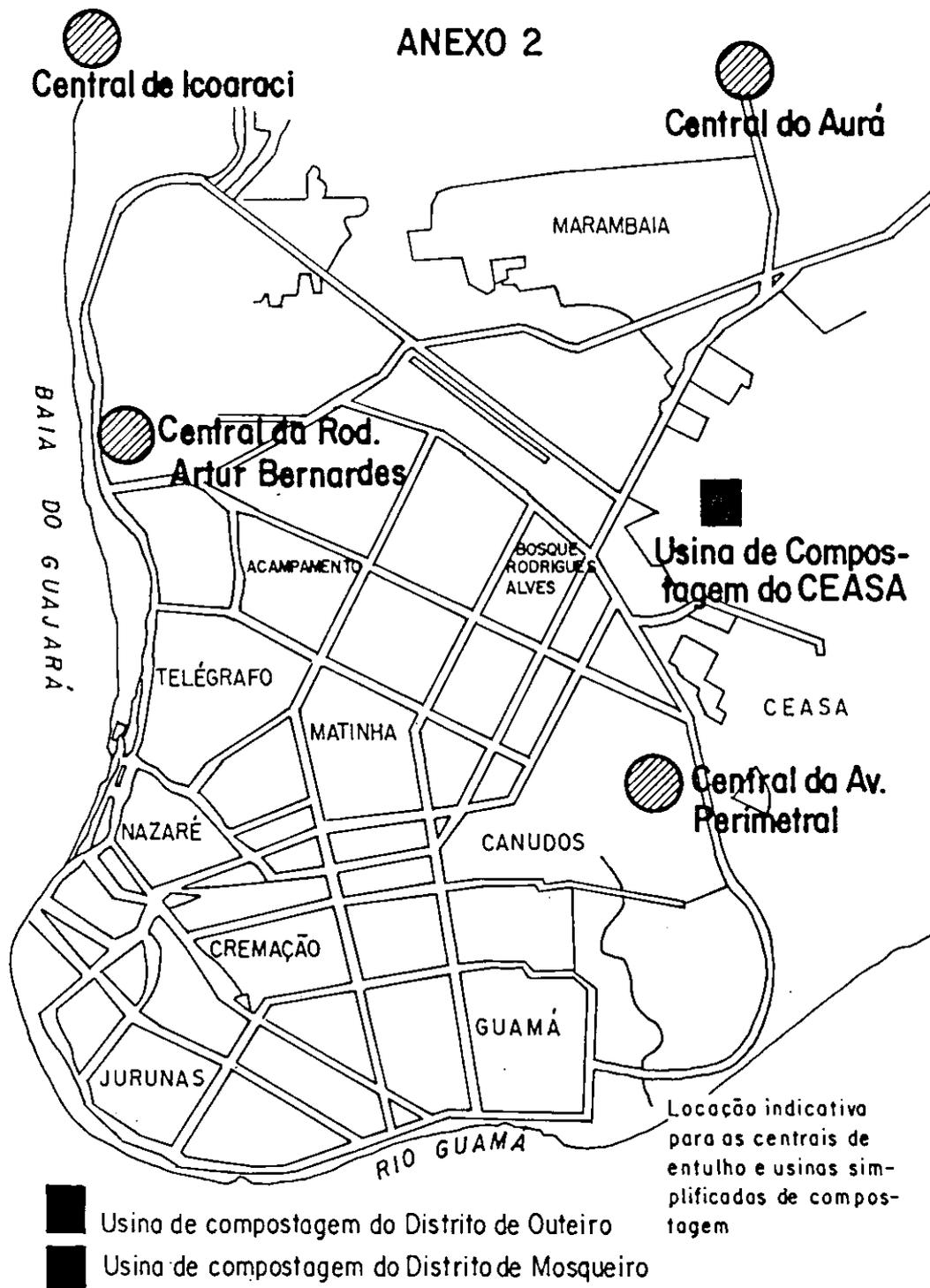
– Que o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico Social (BNDES), divulgue suas linhas de crédito, possibilitando o acesso real dos estados e municípios, a Projetos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.

## ANEXO I

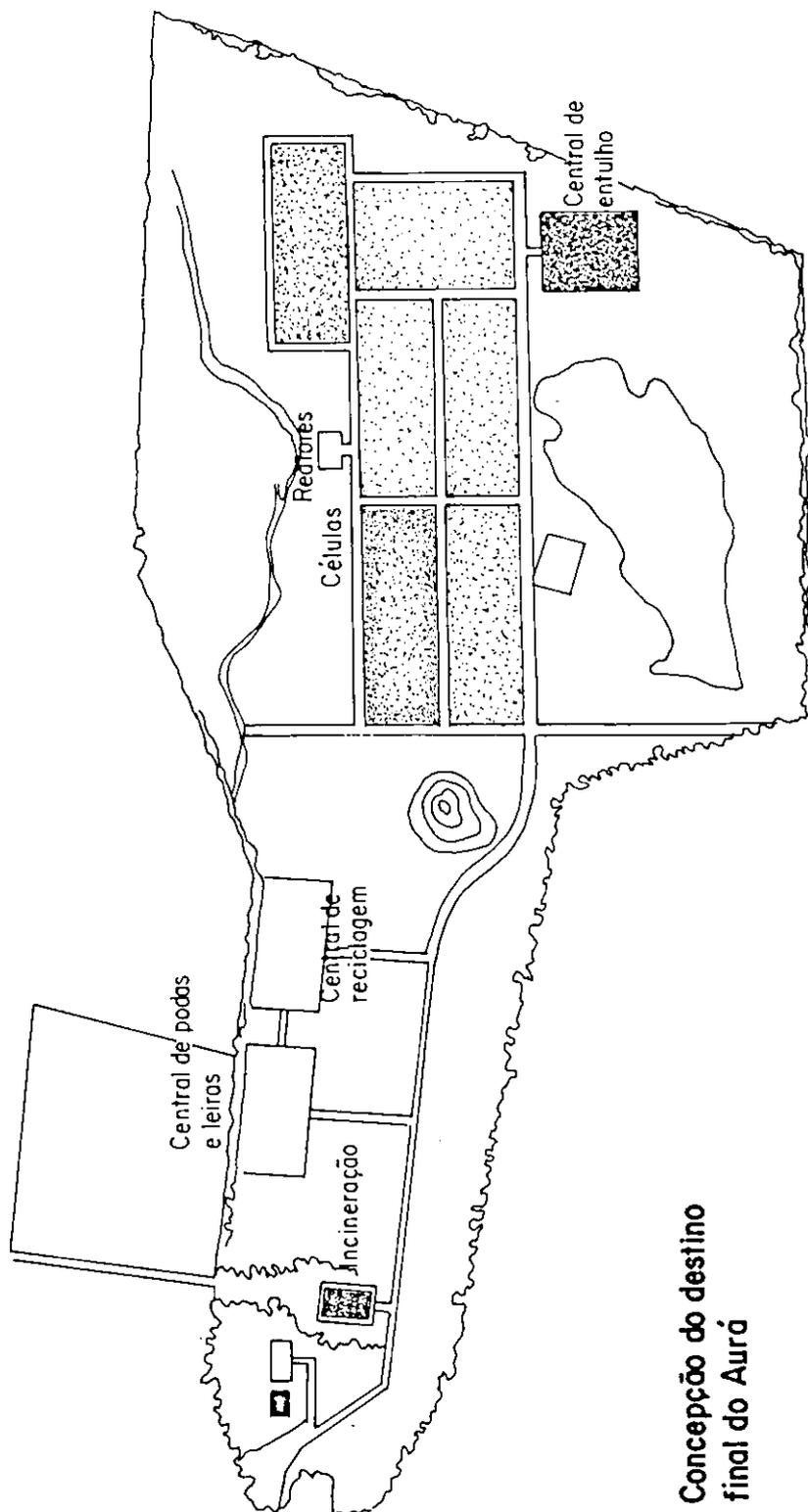
### MODELO PROPOSTO

#### SISTEMA INTEGRADO DE MANEJO E TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS





### ANEXO 3





# O DESTINO DO LIXO NA METRÓPOLE DE BELÉM

Edmilson Bechara e Silva<sup>1</sup>

## INTRODUÇÃO

A destinação final do lixo produzido na área urbana do município de Belém é um dos graves problemas com que se defronta hoje a Administração Pública Municipal. A cidade produz cerca de 1.800 t de lixo por dia.

O acelerado ritmo de produção de resíduos sólidos na metrópole de Belém está relacionado com o intenso crescimento populacional ocorrido nos últimos 18 anos. Em 1978, a produção de lixo domiciliar era de 522 toneladas por dia, para uma população urbana de 869.870 habitantes. Em 1996, a produção de lixo domiciliar estava estimada em 840 toneladas diárias para uma população de 1.365.077 habitantes (Cf. Anuário Estatístico do Município de Belém, 1995).

Esse aumento exagerado na quantidade de resíduos sólidos tem implicado, de um lado, na agudização do processo de degradação ambiental e, de outro, no comprometimento da eficácia dos métodos e técnicas de tratamento de resíduos.

O presente trabalho faz uma análise do problema do destino final do lixo na área metropolitana de Belém, tendo como objeto concreto de investigação o Projeto do Complexo de Destino Final de Resíduos Sólidos e Jazidas de Material Laterítico da Região Metropolitana de Belém.

Especificamente, procura fornecer subsídios para a decisão que Belém terá que tomar no futuro sobre a utilização do “Complexo de Resíduos Sólidos da RMB”, com vistas a sua desativação, substituição ou modificação. Com base nessas informações, procurar-se-á delimitar as ações governamentais mais adequadas à realidade do município, para o enfrentamento dos problemas que envolvem a destinação final dos resíduos sólidos de uma comunidade.

Em síntese, este trabalho deve ser visto como uma contribuição à análise urbana dos problemas de localização, tratamento e disposição final do lixo e sua inserção no contexto do planejamento urbano (Silva, 1993).

---

<sup>1</sup>Arquiteto e Mestre em Planejamento Urbano – SEPLAN.

## CONSIDERAÇÕES GERAIS

### Localização da Região Metropolitana de Belém no Contexto Estadual

A antiga Região Metropolitana de Belém (RMB), formada pelos municípios de Belém e Ananindeua, foi constituída pelo Governo Federal através da Lei número 14, de 1973 e regulamentada pelas leis de números 20, de 1974 e 27, de 1975. Atualmente, a RMB é constituída pelos municípios de Belém, Ananindeua, Marituba, Benevides e Santa Bárbara do Pará, de conformidade com a Lei Complementar Estadual número 27, de 19.10.1995.

Com uma população em torno de 1.800.000 habitantes, a nova RMB possui uma área total de 1.827,70 km<sup>2</sup>, dos quais o município de Belém, formado pelos distritos de Belém, Guamá, Sacramenta, Entroncamento, Benguí, Icoaraci, Outeiro e Mosqueiro, participam com aproximadamente 60% da referida região, correspondendo a 1.089,10 km<sup>2</sup>. Os municípios de Ananindeua, Marituba, Benevides e Santa Bárbara do Pará participam com os 40% restantes, correspondendo a 738,60 km<sup>2</sup>. (Cf. Distritalização Administrativa da PMB, instituída pela Lei Municipal número 7.686, de 05.01.1994).

### Abrangência Espacial da RMB

Espacialmente, a área metropolitana de Belém é representada por dois conjuntos fisiográficos distintos: de um lado, a área continental e, de outro, o conjunto insular.

A área eminentemente conurbada e densamente povoada localiza-se na parte continental, onde estão implantados os aglomerados urbanos de Belém, Ananindeua, Marituba, Benevides e Santa Bárbara do Pará,

considerados pólos concentradores de atividades secundárias, terciárias e funções públicas.

O conjunto insular localiza-se na porção norte da região metropolitana, abrangendo 39 ilhas, sendo as mais importantes a ilha de Mosqueiro, com 191,10 km<sup>2</sup> e de Outeiro, com 31,80 km<sup>2</sup>, ambas interligadas ao continente por meio de pontes.

Belém, capital do Estado do Pará e cidade pólo da região, se constitui no principal espaço do quadro construído da RMB. Está situada a cerca de 1.600 km ao norte de Brasília, distando aproximadamente 130 km do Oceano Atlântico, a 28 graus de latitude sul e a 45 graus e 29 minutos de longitude oeste.

A porção mais consolidada de Belém localiza-se a oeste, limitada pela Baía de Guajará, na confluência do rio Pará, tendo como limite o rio Guamá, tributário do rio Pará.

Em relação ao município de Ananindeua, este surgiu como aglomerado urbano em meados do século XIX, em função da Estrada de Ferro de Bragança. Seu crescimento se consolidou a partir da década de 60 com o advento da Rodovia Belém-Brasília e se intensificou nos últimos 30 anos, graças à implantação de conjuntos habitacionais e loteamentos ao longo das principais vias de acesso ao interior do núcleo urbano: BR-316, Rodovia do Coqueiro, Transcoqueiro, etc.

Tradicionalmente, o processo de produção e apropriação do espaço metropolitano, formado exclusivamente pelos municípios de Belém e Ananindeua, tem evidenciado quatro grandes subespaços, assim representados: a) Área Central; b) Área de Transição; c) Área de Expansão; e d) Ilhas.

A Área Central abrange a parte mais consolidada desse espaço e ocupa uma área de 37,13 km<sup>2</sup>, onde moram cerca de 800 mil pessoas.

A Área de Transição está localizada imediatamente após a área central consolidada. Sua estruturação iniciou-se em meados da década de 60 com a construção dos primeiros conjuntos habitacionais e teve sua ocupação consolidada ao longo da década de 70. Ocupa uma área de 52,90 km<sup>2</sup>.

A Área de Expansão apresenta uma configuração bastante diferenciada daquela observada na área central. Nesta área, localizam-se os principais aglomerados populacionais da RMB, os núcleos-sedes dos municípios de Ananindeua, Marituba, Benevides e Santa Bárbara do Pará.

Quanto ao conjunto insular, este é formado por 39 ilhas, sendo as mais importantes as de Mosqueiro e Outeiro.

### **Áreas Institucionais e Baixadas de Belém**

As áreas institucionais são as que compõem o chamado "Cinturão Institucional", formado por instituições federais e estaduais que impedem o processo de expansão urbana de Belém. O cinturão institucional abrange os terrenos dos seguintes órgãos: UFPa, Embrapa, Cosanpa, Celpa, Enasa, Áreas Militares e Aeroportos.

As chamadas "Áreas de Baixadas" são áreas inundáveis, situadas abaixo da cota de 4 m em relação ao nível do mar. Cerca de 42% da superfície de Belém são constituídas por áreas alagáveis.

### **A Estrutura Urbana de Belém**

A estrutura urbana de Belém pode ser analisada através dos aspectos sociais, econômicos e funcionais (uso e ocupação do solo e serviços públicos).

A Área Central apresenta grande concentração populacional. O serviço de abastecimento de água é da melhor qualidade e a distribuição domiciliar atinge elevados índices de ligações. A rede convencional coletora de esgotos, em torno de 7%, se localiza nesta área central. O serviço de coleta de lixo é de boa qualidade, com atendimento diário na zona comercial.

Circundando a Área Central, observa-se uma região denominada Periférica ao Centro, onde residem famílias de poder aquisitivo bastante diferenciado, com predominância da classe média. O serviço de abastecimento de água é de boa qualidade. Entretanto observa-se maior ocorrência de prédios não ligados à rede pública. A coleta de lixo é regular, feita em dias alternados e fixos, tornando-se escassa à medida que se afasta do centro. Isto se deve tanto à baixa densidade populacional quanto à dificuldade de acesso a essas áreas.

Finalmente, observa-se uma terceira zona, denominada Área de Expansão, onde a cidade perde a sua continuidade, passando a constituir-se de manchas mais ou menos isoladas, configuradas por conjuntos habitacionais, loteamentos para famílias de alto poder aquisitivo e bairros que se assentam em terrenos da Prefeitura ou em áreas de invasão. O abastecimento de água é feito, comumente, através de poços ou cacimbas. Nessas áreas, a coleta de lixo é irregular e de má qualidade.

É interessante notar que à medida que a cidade se expande, as manchas anteriormente isoladas são progressivamente adensadas, incorporando-se à região denominada Periférica ao Centro que, desse modo, é continuamente ampliada. Proporcionalmente ao crescimento da população, vão surgindo novas áreas de expansão, cada vez mais distantes do centro, caracterizando, assim, a dinâmica própria do crescimento urbano acelerado.

Tal crescimento tem sido, não raro, permanente e de forma incontrolável, fazendo com que se avolumem os problemas gerados pela carência de condições sanitárias e ambientais adequadas e pela má disposição dos resíduos sólidos urbanos.

## OS RESÍDUOS SÓLIDOS E AS FORMAS DE DISPOSIÇÃO FINAL

Os resíduos sólidos representam apenas um aspecto dos detritos de uma comunidade. Existem também os resíduos líquidos e os resíduos gasosos, todos provenientes das atividades humanas concentradas no espaço urbano.

Em termos de destinação, os resíduos líquidos são geralmente captados por uma rede de canais subterrâneos. Os resíduos gasosos, tratados ou não, acabam sendo lançados na atmosfera. Os resíduos sólidos, por sua vez, precisam ser coletados e transportados diariamente e encaminhados ao seu destino final.

As principais formas de destino final de lixo, usualmente empregadas, são:

a) *Lixão*: é a forma de disposição final de lixo que mais expõe a população a problemas de saúde. Consiste na simples descarga de resíduos em depressões e terrenos baixos da cidade, sem o menor cuidado sanitário. O acúmulo de resíduos nessas áreas não deixa de apresentar emanações de gases, abrigo para vetores (ratos, baratas, moscas e mosquitos), água contaminada, partículas sólidas no ar, etc.

b) *Aterro sanitário*: é um método de disposição de lixo mediante compactação e cobertura diária com material inerte (piçarra). O lixo é depositado de modo planejado e controlado. Exige o emprego de equipamentos especiais para escavar, transportar e compactar

o lixo, além de drenos para controle dos gases e tratamento do chorume.

c) *Incineração*: é a queima controlada do lixo, em fornos apropriados, permitindo grande redução de volume.

d) *Reciclagem*: é o processo de transformação de materiais usados em novos produtos. Consiste numa série de processos industriais que permitem separar, recuperar e transformar os seus componentes.

e) *Compostagem*: é o processo de transformação do lixo em composto, adubo ou fertilizante orgânico. Essa transformação ocorre nas chamadas “usinas de compostagem”, onde os resíduos são tratados mecanicamente (quando os detritos são submetidos a uma série de operações pelas quais a matéria orgânica é separada) e biologicamente (quando este material sofre uma decomposição aeróbica).

f) *Pirólise*: é uma técnica de tratamento que transforma lixo em gás ou óleo de pirólise. Esta transformação ocorre em uma instalação especial chamada Reator Pirolítico. Surgiu pela primeira vez no começo dos anos 70. Encontrase em fase de experimentação em alguns países.

g) *Biorremediação*: é um processo natural de tratamento de lixo, baseado na lixiviação microbiana, técnica que consiste no uso de bactérias anaeróbicas no tratamento de resíduos sólidos, com ênfase para a remediação de áreas degradadas.

## EVOLUÇÃO DA POPULAÇÃO URBANA E PRODUÇÃO DE LIXO DOMICILIAR DE BELÉM

Segundo o IBGE (Anuário Estatístico de 1984), a população urbana de Belém cresceu de forma exponencial. Em 1950, Belém possuía 254.949 habitantes. Em 1978, essa população

passou para 869.870 habitantes. De acordo com o Anuário Estatístico do Município de Belém, em 1995 esse número se elevou para 1.340.120 habitantes.

### **Estimativas e Projeções da Produção de Lixo Domiciliar para Belém (Período: 1978 - 1995)**

De acordo com o Plano Diretor do Sistema de Limpeza Pública da Região Metropolitana de Belém, elaborado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), em 1978, Belém produzia pouco mais de 500 toneladas de lixo domiciliar por dia. Para 1995, estava estimada uma produção de lixo doméstico em torno de 800 t/dia.

Ainda de acordo com o Plano Diretor, todos os resíduos produzidos nas áreas urbanas dos municípios de Belém e Ananindeua seriam transportados e encaminhados para uma mesma área e lá tratados de modo uniforme.

Na verdade, esta é uma visão equivocada do processo de tratamento de lixo, uma vez que cada local apresenta uma realidade com características próprias que afetam a produção e a qualidade dos detritos. Segundo Lima (1995), "fatores como clima, hábitos e costumes, sazonalidade, aspectos socioeco-nômicos, etc., diferem em cada sociedade, por mais próxima ou interligada que esta esteja de outra.

### **Composição Média Gravimétrica do Lixo Brasileiro**

Em recente trabalho elaborado pelo professor Pereira Neto, da Universidade Federal de Viçosa-MG, a composição média gravimétrica do lixo brasileiro mostra que a participação da matéria orgânica é bastante

significativa, comparecendo com 52,5% em peso. Papel e papelão representam cerca de 24,5% do total do lixo produzido no País (Cf. "Aspectos sobre o estado da arte do gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil", 1992).

De acordo com o Estudo de Impacto Ambiental (EIA), realizado pela Fundação de Amparo e Desenvolvimento da Pesquisa (FADESP), em 1991, sobre o Complexo de Resíduos Sólidos da RMB, a composição dos resíduos sólidos de Belém achava-se bastante próxima da média encontrada em outras cidades brasileiras, com destaque para os resíduos orgânicos e materiais de papel, em torno de 50% e 25%, respectivamente.

### **Usina de Compostagem (Sistema DANO) de Belém**

A Usina de Compostagem de Belém, implantada no Bairro da Cremação, teve sua construção iniciada em 1973 e foi colocada para funcionar em dezembro de 1974. A usina era composta de duas linhas paralelas, totalmente independentes, com capacidade nominal de recebimento de lixo da ordem de 75 toneladas por dia, cada uma. Esta usina operou até 1977 quando foi paralisada por falta de peças de reposição e de manutenção adequada.

O Sistema DANO de Compostagem Acelerada foi inventado na Dinamarca. No Brasil existem, atualmente, sete usinas desse tipo instaladas, perfazendo um total de 21 unidades de bioestabilização que tratam, aproximadamente 39 milhões de quilos de lixo por mês (Dano do Brasil, 1990).

A Usina de Compostagem de Lixo da Cremação foi totalmente desativada em 1987 pelo Prefeito Coutinho Jorge.

### **Usinas de Reciclagem e Compostagem de lixo Implantadas no Brasil. (Situação em Dez./1992)**

De acordo com levantamento realizado, até dezembro de 1992 existiam no Brasil 70 usinas de tratamento de lixo com as mais diferentes capacidades, variando de 1 t/dia (Blumenau, SC) até 600 t/dia (Brasília, DF). Algumas estavam construídas, outras em construção e tantas outras com pedido de financiamento junto ao Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES).

A primeira usina de tratamento de lixo implantada no Brasil foi construída em Brasília/DF, em 1964, com capacidade para tratar cerca de 250 t de lixo domiciliar por dia. Em 1986 foi construída uma usina de reciclagem e compostagem, ao sul da cidade satélite de Ceilândia/DF, com capacidade para tratar 600t de lixo domiciliar por dia, ao custo de 12 milhões de dólares (Sistema Triga, tecnologia francesa).

No Rio de Janeiro está implantada a maior usina de tratamento de lixo do mundo, com capacidade para tratar cerca de 1.120 toneladas de lixo doméstico por dia, ao custo de 23 milhões de dólares (Sistema Triga, tecnologia francesa).

Em 1992, falava-se em construir em Belém uma usina de reciclagem e compostagem de lixo domiciliar ao custo de 14 milhões de dólares.

### **O COMPLEXO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA RMB**

De acordo com o anteprojeto original, elaborado em 1984, o Complexo de Resíduos Sólidos da RMB, previa:

a) Uma Usina de Incineração de Lixo de Alto Risco, para queima do lixo hospitalar e de animais mortos, com capacidade para tratar cerca de 21 t diárias de lixo proveniente de Unidades de Saúde, “que eliminariam os riscos da poluição ambiental, que atualmente se dá pela deposição do lixo no solo a céu aberto”;

b) Uma Usina de Reciclagem e Compostagem de Lixo Domiciliar, com capacidade para tratar 600 t por dia de lixo doméstico, de feiras e mercados. “O Composto orgânico ali produzido seria utilizado como fertilizante do solo e na implantação de zonas agrícolas, havendo a criação de novos empregos para a mão-de-obra não qualificada, preferencialmente os catadores atuais do vazadouro”;

c) Um Aterro Sanitário, para receber os rejeitos provenientes das duas usinas, bem como os materiais resultantes da limpeza de logradouros públicos; e

d) Duas Lagoas de Estabilização, para tratamento do “chorume” (líquido fétido resultante da decomposição da matéria orgânica do lixo).

Para a implantação total do Complexo de Resíduos Sólidos da RMB, também estavam previstas as seguintes instalações:

- guarita de vigilância;
- casas de balança de 30 e 40 toneladas;
- subestação rebaixadora de alta tensão;
- sistema de energia elétrica e de abastecimento de água;
- sistema de proteção contra incêndio;
- núcleo de administração e controle do Complexo (550 m<sup>2</sup> área construída).

O total de investimentos previstos para a conclusão do Complexo era da ordem de U\$ 10.159.970,00 (Seplan, 1993).

### **Localização da Área Escolhida para Implantação do Complexo de Lixo do Aurá**

O Complexo de Lixo do Aurá está localizado no município de Ananindeua, no lugar denominado Santana do Aurá. O acesso ao local é feito pela BR-316 e dista 16 km do centro de massa de produção de resíduos sólidos de Belém e a 9 km do centro urbano de Ananindeua. A entrada para o Complexo fica no Km 5 da Rodovia BR-316.

De acordo com o projeto elaborado em 1986 pela Prefeitura Municipal de Belém (PMB), o local escolhido abrangia, originalmente, uma área de 3.140.000 m<sup>2</sup>, dos quais 2.870.000 m<sup>2</sup> seriam destinados à implantação do aterro sanitário e 270.000 m<sup>2</sup> reservados para outras instalações previstas no projeto aprovado.

Atualmente, a área efetivamente ocupada pelo Complexo é de 1.000.000 m<sup>2</sup>, sendo 80% destinados à execução do aterro sanitário e exploração das jazidas de material laterítico, e os 20% restantes destinados à: implantação da usina de lixo de alto risco (já construída, porém desativada); construção da usina de reciclagem e compostagem (em projeto); e de duas lagoas de estabilização (existe apenas uma lagoa natural), além de toda a infra-estrutura necessária para abrigar a administração do Complexo.

A justificativa que pesou para a escolha dessa área está respaldada em sua localização que, segundo o projeto aprovado, “é fator de economia de custo de transporte na destinação final do lixo da RMB”.

### **O SISTEMA DE LIMPEZA URBANA DE BELÉM**

O sistema de limpeza urbana de Belém (situação junho de 1993) abrange os serviços de coleta, transporte e destino final dos resíduos sólidos produzidos na cidade.

Atualmente, os serviços de coleta são realizados pela Empresa Terraplina, que recolhe o lixo domiciliar, cuja coleta foi terceirizada, e pelo Departamento de Resíduos Sólidos da Secretaria Municipal de Saneamento (SESAN), que coleta diretamente o lixo hospitalar.

Dados de 1993 revelam que Belém e Ananindeua produziam cerca de 720 t de lixo domiciliar por dia. Desse total, somente 422 t eram coletadas, gerando um déficit de 41,3% (Dados da SESAN). Em 1996, a produção de lixo doméstico, só de Belém, subiu para 840 t/dia.

De acordo com dados da SESAN, em 1993 todos os bairros de Belém dispunham de um sistema de remoção de lixo, propiciado através de um calendário de coleta com 43 roteiros, sendo 22 diurnos e 21 noturnos. O transporte do lixo era feito por uma frota de caminhões coletores, percorrendo uma distância média de 22 km, desde o ponto de coleta até o destino final no Aurá.

O lixo hospitalar ou de serviços de saúde, coletado diariamente pela SESAN, numa média de 7 a 9 t diárias, era encaminhado à usina de incineração. O lixo domiciliar, coletado pela Terraplina, era encaminhado ao aterro sanitário, hoje transformado em lixão.

Atualmente, a usina de incineração está desativada e o lixo hospitalar está sendo depositado diretamente no lixão.

### **A Usina de Incineração de lixo de Alto Risco de Belém**

A usina de incineração, inaugurada em 29.12.92 pelo prefeito Augusto Rezende, funcionava com apenas 1/3 da sua capacidade. Projetada para queimar cerca de 21 t diárias de lixo hospitalar, a usina de lixo de alto risco

queimava, além do lixo proveniente das unidades de saúde, também materiais de origem domiciliar, em geral metais ferrosos.

A usina tinha capacidade para gerar calor até 1.000 °C, mas operava apenas com 850 °C, “o suficiente, na opinião dos técnicos, para transformar em cinzas as 7 ou 9 t diárias coletadas e encaminhadas ao forno incinerador”.

### **O PARQUE AMBIENTAL DE BELÉM E O COMPLEXO DE LIXO DO AURÁ**

Originariamente, o Plano Diretor do Parque Estadual do Utinga, elaborado em 1987, previa a implantação dos seguintes parques: a) Parque dos Lagos; b) Parque do Aurá; c) Parque do Murutucu; e d) Parque da UFPa.

Atualmente, apenas o Parque dos Lagos, formado pelos lagos Bolonha e Água Preta, é que foi mantido como Área de Preservação Ambiental. A demarcação jurídica das propriedades da Companhia de Saneamento do Pará (COSANPA), revelou que a delimitação da propriedade estadual não abrangia totalmente as demais áreas. Em função disso, apenas a área destinada ao Parque dos Lagos é que constitui o Parque Ambiental de Belém.

De acordo com o Plano Diretor do Parque Estadual do Utinga, a finalidade principal do Parque Ambiental de Belém é recuperar, preservar e assegurar a qualidade das águas dos mananciais que abastecem a cidade de Belém.

Os lagos Bolonha e Água Preta, com volumes de 2 a 10 bilhões de litros de água, respectivamente, são responsáveis pelo abastecimento de 65% da população de Belém e Ananindeua.

Sua proximidade com o Complexo de Lixo do Aurá é motivo de preocupação das autoridades ambientais, que vêem nisso uma ameaça ao Parque Ambiental de Belém.

Possuindo uma área de 1.800 ha, com 600 ha já degradados pela ação predatória do homem, o Parque Ambiental de Belém foi criado pelo Decreto Estadual número 1552, de 03.05.93 e é a primeira Unidade de Conservação Ambiental implantada no Estado do Pará.

### **O COMPLEXO DE LIXO DO AURÁ: UMA AMEAÇA AO PARQUE AMBIENTAL DE BELÉM**

O Complexo de Lixo do Aurá representa, de fato, uma ameaça ao Parque Ambiental de Belém devido, entre outros fatores, à sua localização inadequada e aos impactos negativos que exerce sobre a estrutura urbana da RMB e ao meio ambiente construído, conforme pode-se verificar:

a) O Complexo de Lixo está localizado em uma zona considerada como um dos vetores de expansão da mancha urbanizada dos núcleos de Belém e Ananindeua. Estima-se em dez anos o tempo necessário para que a urbanização acelerada ultrapasse as atuais fronteiras entre esses dois núcleos. Se não forem adotadas, a curto prazo, medidas disciplinadoras de uso e ocupação do solo nos seus entornos, os terrenos disponíveis para aterro vão ficar cada vez mais distantes dos centros urbanos, na proporção do seu crescimento, encarecendo, desse modo, a manutenção de um serviço adequado de tratamento e disposição final do lixo produzido em Belém e Ananindeua.

b) O Plano Diretor do Parque Estadual do Utinga, elaborado em 1987 pela Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área

Metropolitana de Belém (CODEM), já alertava para o perigo da implantação deste complexo às proximidades desta área de preservação ambiental: ... “esse complexo ocupará uma área de 100 ha e se instalará às margens de alguns afluentes do rio Aurá, que desemboca no rio Guamá, a 250 m do ponto de captação de água da COSANPA”. E mais “... a foz do rio Aurá é circundada por áreas inundáveis, o que reforça a necessidade de medidas especiais para protegê-la”.

c) O depósito de lixo do Aurá, que recebe todos os tipos de detritos, encontra-se hoje com sua capacidade de recepção de resíduos totalmente comprometida: “...70% da área do complexo foram destinadas ao depósito de lixo domiciliar. Desse total, porém, mais de 2/3 já foram ocupados após um ano e meio de uso. Isso ocorreu porque a área não foi projetada para receber lixo “in natura”, mas sim, os rejeitos de tratamento, ou seja, material inerte”. (Cf. declaração do Diretor Geral da SESAN, publicada no jornal “O Liberal”, de 11.04.93).

d) A usina de incineração de lixo de alto risco, de fabricação nacional, porém de tecnologia alemã, encontra-se totalmente paralisada devido a problemas de ordem administrativa e financeira, entre outros. Especula-se que esta sofisticada instalação, projetada para queimar exclusivamente lixo hospitalar, está parada porque foram suspensos os pagamentos à firma que opera esta unidade de incineração de alto risco, que custou aos cofres públicos, em dezembro de 1992, a quantia de 2,7 bilhões de cruzeiros, equivalentes hoje, a 449.808,80 UFIRs. Atualizando o valor, descontada a inflação do período de 1992 a 1996, o custo da usina passa a ser de apenas R\$ 409.685,85. Estima-se, hoje, o custo desta usina, em R\$ 1.700.000,00.

e) Em relação às lagoas de estabilização, previstas no projeto original para tratamento do chorume produzido no Complexo de lixo do Aurá, sabe-se que apenas uma lagoa foi implantada para a estabilização do lixiviado, e mesmo assim, uma lagoa natural.

f) Em última análise, cabe alertar para o perigo da poluição provocada pelas grandes massas de lixo concentradas, sob a forma de aterro sanitário ou não. De acordo com Summerer (1986), “...num aterro sanitário, mesmo depois de encerrado o período de funcionamento, persiste um risco residual, em virtude dos processos químicos e bioquímicos de decomposição e de conversão no interior da massa de aterro, produzindo gases que contêm poluentes e água de infiltração contaminada”.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Qualquer análise conclusiva sobre o Complexo de Lixo do Aurá carecerá, forçosamente, de um maior grau de detalhamento, haja vista que o conteúdo do projeto, à época de sua aprovação, não foi submetido à apreciação da comunidade técnico-científica e muito menos à população em geral.

Resta, então, analisar a filosofia do projeto como um todo. Nesse sentido, o projeto caracteriza-se por uma concepção autoritária, não levando em consideração as peculiaridades locais, que tornam tão distintos entre si os municípios da RMB, não respeitando as especificidades municipais em termos de quantidade e qualidade de resíduos gerados.

Nesse contexto, a supercentralização de todo o lixo produzido na RMB, dificulta e encarece o tratamento da massa de lixo

concentrada no lixão do Aurá, exigindo o aporte de mecanização pesada, de alto custo, e dependente de tecnologias externas.

Esse aporte de mecanização, em geral de alto custo de aquisição, operação e manutenção, além da baixa geração de emprego, não se limita apenas aos equipamentos de destinação final, mas também aos equipamentos de coleta e transporte de lixo.

Segundo Cointreau (1982), “os projetos de limpeza urbana têm altos custos sociais, ou seja, os custos de operação e manutenção são particularmente significativos e é essencial considerá-los, especialmente no que diz respeito à capacidade dos governos locais em prover a contínua alimentação de recursos financeiros para manter a frota na rua”.

Por outro lado, o Complexo de Resíduos Sólidos da RMB abre uma oportunidade ao aproveitamento dos resíduos sólidos em termos de reciclagem e compostagem como suporte financeiro do sistema de destinação final. Ocorre que, até o momento, não foi apresentado à população um estudo de viabilidade econômica e financeira que justifique a implantação de uma macrossina de tratamento de lixo proposta pelo projeto.

De qualquer maneira, o projeto do Complexo de Resíduos Sólidos da RMB, do ponto de vista operacional, vem sendo conduzido pela SESAN, apesar das dificuldades existentes em termos de recursos humanos, materiais e financeiros. A coleta de lixo domiciliar vem sendo realizada pela empresa Papa-Lixo, que operava, em 1993, com 26 veículos compactadores, 10 de reserva e 40 funcionários nas diversas categorias. Atualmente a empresa funciona com 300 funcionários. A coleta era realizada de acordo

com um plano geral de recolhimento em vários setores, proposto pela empresa e posteriormente aprovado pela Prefeitura que, por sua vez, tinha definido os memoriais descritivos, a frequência semanal, os horários e roteiros de coleta. A coleta de lixo hospitalar era realizada pela própria SESAN, através do Departamento de Resíduos Sólidos.

No que tange ao tratamento e disposição final do lixo de Belém, sugere-se que a Prefeitura abandone a idéia de construir uma macrossina de tratamento de lixo e estude a possibilidade de implantar uma série de miniusinas de reciclagem e compostagem de lixo, distribuídas estrategicamente por todos os Distritos Administrativos do Município de Belém. A descentralização dos sistemas de tratamento e disposição final de lixo é a tendência que se verifica atualmente nos centros urbanos de países desenvolvidos e em desenvolvimento.

Para ilustrar o fato, veja-se o caso da Grande Paris, com seus 16 milhões de habitantes, que projetou, construiu e equipou sete unidades simplificadas de tratamento de lixo e entregou à iniciativa privada a operação e manutenção do sistema.

A cidade de Curitiba também segue um caminho semelhante e pretende implantar sete pequenas estações de reciclagem e compostagem de lixo em toda a região metropolitana.

Recife também tem um projeto para implantar 25 miniusinas de tratamento de lixo em toda a Recife.

Como se vê, não é através dos grandes tratamentos de lixo que se vai encontrar a saída para o grave problema da destinação final dos resíduos sólidos urbanos produzidos por uma comunidade. Esta concepção já foi

abandonada na Europa e nos Estados Unidos. A opção mais aceitável agora e que reduz sensivelmente a impactação ambiental e riscos de poluição é pelos sistemas descentralizados de reciclagem e compostagem de lixo.

O reconhecimento dessas evidências demonstra claramente a necessidade de definição de uma política mais efetiva de aproveitamento e valorização dos resíduos sólidos urbanos produzidos em Belém, especialmente no que concerne ao gerenciamento integrado das operações necessárias à manutenção do sistema de limpeza urbana.

No caso de Belém, urge a necessidade de desenvolver uma nova política para o lixo, ampliando as atuais funções da SESAN, de modo a torná-la efetivamente o órgão executor da política de resíduos sólidos.

Entre as principais medidas da nova política a ser executada pelo novo órgão, sem prejuízo das ações que vêm sendo implementadas, podem-se destacar: a) reformulação, ampliação dos setores de coleta e varrição; b) descentralização de aterros sanitários; c) implantação de pequenas usinas de reciclagem e compostagem de lixo, em áreas adequadamente selecionadas dentro dos Distritos Administrativos de Belém; d) desativação do lixão do Aurá e sua posterior utilização como área para produção de hortifrutigranjeiros; e) implementação imediata de programa de valorização dos resíduos sólidos, especialmente os restos de construção e demolição, através de uma Central de Entulhos; f) implantação progressiva e sistemática de coleta seletiva de lixo domiciliar e de unidades de saúde; g) desenvolvimento imediato pela mídia (jornal, rádio e televisão)

de ampla campanha permanente de educação ambiental e sanitária.

Finalmente, cumpre frisar que as pequenas usinas de tratamento de lixo fazem parte integrante das tecnologias apropriadas de baixo custo que, por sua vez, integram um estilo de desenvolvimento em que “a transformação do lixo em riqueza, através da reciclagem, compostagem ou extração de energia, pode vir a ser um empreendimento lucrativo” (Sachs, 1996).

Em função disso, são apresentadas algumas propostas para ampliar as discussões acerca do problema do planejamento e implantação de sistemas de tratamento e disposição final do lixo de Belém.

## **PROPOSTAS A CURTO PRAZO**

- 1) Formulação de uma política integrada de limpeza urbana;
- 2) Definição dos mecanismos que gerenciam os serviços de coleta, transporte e destino final do lixo de Belém;
- 3) Definição de uma política municipalista de aproveitamento e valorização dos resíduos sólidos urbanos;
- 4) Cadastramento dos catadores de lixo e sua inserção no processo produtivo de reciclagem e compostagem dos resíduos sólidos urbanos;
- 5) Divisão do Município de Belém em oito Unidades Regionais de Limpeza Urbana (URLU), com vistas à implantação de pequenas usinas de tratamento de lixo nos distritos de Mosqueiro, Outeiro, Icoaraci, Benguí, Entroncamento, Sacramento, Belém e Guamá;
- 6) Seleção das áreas para implantação das Unidades Regionais de Limpeza Urbana (URLU);

7) Projeto, construção e equipamento de oito usinas simplificadas de reciclagem e compostagem de lixo, com capacidade de tratamento variando entre 10 e 80 t por dia, implantadas nos respectivos Distritos Administrativos de Belém;

8) Criação do Conselho Distrital de Limpeza Urbana (CDLU), com presença e participação obrigatória das associações de moradores, das associações de catadores de lixo e representantes de cada distrito administrativo, entre outras associações afins, e que deve funcionar como fórum permanente de discussão na definição das prioridades das ações de limpeza urbana;

9) Implantação progressiva do Programa de Educação Ambiental e Sanitária, de modo a promover um redirecionamento no enfoque da questão do lixo e estimular a participação popular no monitoramento da limpeza urbana;

10) Expansão do Programa de Educação Ambiental e Sanitária aos moradores da área do Utinga e vizinhança do Complexo;

11) Criação de um sistema separado de coleta e disposição final do lixo hospitalar e/ou de unidades de saúde e implementação de projeto de coleta seletiva de lixo domiciliar;

12) Abertura de licitação para coleta e transporte convencional do lixo domiciliar produzido nas áreas centrais da cidade;

13) Manutenção da proibição de acesso do público ao Complexo de Lixo do Aurá.

## **PROPOSTAS A MÉDIO E LONGO PRAZOS**

1) Concepção da limpeza urbana como um conjunto de ações de saúde pública e de educação;

2) Utilização das bacias hidrográficas como unidades de planejamento;

3) Hierarquização dos mananciais de abastecimento do Utinga e sua utilização a partir de um planejamento socioeconômico;

4) Caracterização das demandas da população, aliadas a programas específicos de recuperação e/ou aproveitamento dos resíduos sólidos urbanos;

5) Disciplinamento do uso e ocupação do solo no entorno das bacias hidrográficas, segundo zoneamento ecológico-econômico de múltiplos usos;

6) Recomposição, com vegetação típica, dos 600 ha de áreas já desmatadas, principalmente no entorno dos lagos Bolonha e Água Preta;

7) Fiscalização rigorosa da coleta de lixo hospitalar e/ou de unidades de saúde, de acordo com as resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA);

8) Punição exemplar para os infratores da legislação pertinente;

9) Articulação mais estreita entre a Secretaria Municipal de Saúde e o órgão executor de limpeza urbana, com vistas à alteração do modo de assistência médica, nele incluindo a questão do lixo, por estar diretamente ligada à saúde da população;

10) Disciplinamento do uso e ocupação do solo na área de influência do rio Guamá;

11) Implantação de um novo aterro sanitário, em face do esgotamento da capacidade de recepção de lixo no Aurá;

12) Remanejamento das habitações localizadas às margens dos lagos Bolonha e Água Preta;

13) Incentivo à implantação, na Região Metropolitana de Belém, de um sistema integrado de reciclagem e compostagem de resíduos sólidos urbanos, através de centros de triagem locais, adequadamente localizados para atender, racional e economicamente, a demanda potencial de aproveitamento e valorização desses materiais pelas indústrias recuperadoras locais.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL. Rio de Janeiro: IBGE, 1984.
- BELÉM. Secretaria Municipal de Saneamento. *Projeto do complexo de destino final de resíduos sólidos e jazidas de material laterítico da região metropolitana de Belém*. Belém: PMB, 1984.
- COINTREAU, S. *Environmental management of urban solid waste in developing countries: a project guide*, Work Bank Urban Development Technical. 1982. paper number 5.
- COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO E ADMINISTRAÇÃO DA ÁREA METROPOLITANA DE BELÉM. *Plano diretor para áreas urbanas da Região Metropolitana de Belém - Icoaraci, Caratateua, Mosqueiro, Marituba: área de expansão*. Belém, CODEM, 1980.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. *Plano diretor do sistema de limpeza pública da região metropolitana de Belém*. Belém, CODEM, 1978.
- FUNDAÇÃO DE AMPARO E DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA. *Estudo de impacto ambiental. Complexo de destino final de resíduos sólidos e jazidas de material laterítico da região metropolitana de Belém*. EIA/RIMA. Belém, SESAN, 1991.
- LIMA, L.M.Q. *Lixo: tratamento e biorremediação*. São Paulo: Hemus, 1995.
- PARÁ. GOVERNO DO ESTADO. *Plano diretor - Parque Estadual do Utinga: estudos preliminares para implantação*. Belém, 1987.
- PARÁ. Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral. Diretoria de Assuntos Municipais e Metropolitanos. *Plano de estruturação metropolitana de Belém: reavaliação*. Belém, SEPLAN, 1992.
- PEREIRA NETO, J.T. *Aspectos sobre o estado da arte do gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil*. Lisboa, 1992 (Trabalho apresentado no V Simpósio luso-brasileiro de engenharia sanitária e ambiental). (mimeo.).
- SACHS, I. *Ecodesenvolvimento: crescer sem destruir*. São Paulo: Vértice. 1986.
- SILVA, E.B. *Lixo urbano - o que fazer com ele? Uma contribuição ao estudo do problema na região metropolitana de Belém*. Brasília, 1993. (Dissertação apresentada ao Departamento de Urbanismo da Universidade de Brasília como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Planejamento Urbano).
- SUMMERER, S. *A análise do impacto ambiental como elemento do planejamento de unidades de tratamento de lixo*. Curitiba, 1986. (trabalho apresentado no seminário sobre Administração do Meio Ambiente no Brasil). (mimeo).



# COMPOSTAGEM DE LIXO NA AMAZÔNIA: INSUMOS PARA A PRODUÇÃO DE ALIMENTOS<sup>1</sup>

Edmilson Bechara e Silva<sup>2</sup>

## INTRODUÇÃO

O sonho de transformar a Amazônia em uma região produtora de alimentos, tanto em nível interno como para exportação, em escala mundial, não acabou. Pelo contrário, ressurgiu agora, com outra roupagem, mesmo a despeito do discurso pouco animador e marcadamente pessimista ainda reinante em alguns círculos oficiais.

Concretamente, esta possibilidade existe, é real e possui consistência técnica e econômica devendo, portanto, figurar nos planos e programas de governo dos administradores públicos e ser perseguida com determinação e vontade política inabaláveis, conforme especificado a seguir.

Antes, porém, cumpre esclarecer que o objetivo precípuo deste trabalho é despertar a conscientização das 143 prefeituras municipais do Estado do Pará para as possibilidades de aproveitamento do lixo urbano para fins industriais e agrícolas e, fundamentalmente, como insumo básico para a produção de alimentos.

Obviamente que a forma de abordagem pretendida por esta Nota Técnica deverá ser forçosamente superficial. Não se pretende apresentar aqui valores e critérios que cubram todas as possibilidades e potencialidades locais da vasta região amazônica, dada à ampla diversidade sociocultural e econômica da Amazônia. Nesse contexto, haverá sempre propostas diferenciadas de produção de alimentos, que mesmo utilizando o lixo como insumo básico, devem ser encaradas como um incentivo à ampliação dos dados ora apresentados, reforçando ainda mais a importância que deve ser dada à análise das peculiaridades e condições regionais.

## CONSIDERAÇÕES GERAIS

Isto posto, como então transformar o sonho em realidade? Evidentemente que este sonho para se concretizar precisa, antes de mais nada, ser descrito e interpretado. Nesse sentido, é oportuno colocar em evidência alguns fatores determinantes do processo de produção agrícola convencional e que estão inseridos no contexto da análise da atual conjuntura amazônica.

---

<sup>1</sup> Nota Técnica apresentada no Simpósio sobre Reciclagem do Lixo Urbano para fins Industriais e Agrícolas.

<sup>2</sup> Arquiteto e Mestre em Planejamento Urbano – SEPLAN.

Tais fatores estão contidos nos trabalhos de conceituados especialistas que estudam a região, especialmente no que tange à produtividade dos solos naturais. Serão sintetizadas aqui, particularmente, as idéias dos professores Enéas Salati e Luís Carlos Molion, entre outros, que há vários anos têm se dedicado ao estudo dos problemas sociais, ambientais e econômicos desta vastíssima região tropical úmida.

Na concepção do professor Salati, autor do trabalho “**Modificações da Amazônia nos últimos 300 anos: suas consequências sociais e ecológicas**” (Brito, 1990), o maior obstáculo ao desenvolvimento agrícola da região é a baixa qualidade do seu solo que inviabiliza, a priori, qualquer tentativa de desenvolvimento da chamada agricultura tropical<sup>3</sup>.

Segundo a avaliação de Molion, no trabalho “**A Amazônia e o clima da Terra**” (idem, 1990), muitos programas e projetos desenvolvidos para a região não lograram êxito devido, fundamentalmente, à escolha inadequada das áreas para implantação dos investimentos. “...de cada dez projetos financiados pela Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), nove fracassaram”, garante o especialista.

Acrescente-se a tudo isso, as dificuldades que a Amazônia apresenta em termos de:

- infra-estrutura básica para o transporte e escoamento da produção (rodovias, hidrovias, etc.);

- implantação de modernos sistemas de ensilagem (secagem, armazenamento e beneficiamento) e aproveitamento e comercialização da produção; e

- demarcação das reformas política e agrária, passando pela reestruturação da legislação fundiária.

Este conjunto de dificuldades tem contribuído para a **agudização** dos problemas de degradação ambiental na Amazônia e, via de consequência, para a deterioração do padrão de vida da população regional.

## FATORES ECONÔMICOS E CLIMÁTICOS E BIODIVERSIDADE

A baixa produção de alimentos na região, ainda segundo esses pesquisadores, é fortemente afetada por fatores de ordem econômica e climática. Para o professor Salati, os principais fatores econômicos responsáveis pela destruição do ambiente amazônico, são:

- **a posse da terra** (pela legislação atual, só se habilita a propriedade quem realiza benfeitorias em geral, desmatamentos descontrolados - na área requerida);

- **os projetos agropecuários** (a rentabilidade social desses projetos tem sido nula ou inferior à esperada);

- **as indústrias de celulose e siderúrgicas** (estas necessitam de fonte permanente de matéria-prima, a madeira);

- **a exploração mineral** (as operações de controle são deficitárias e causam danos irreversíveis ao meio ambiente); e

<sup>3</sup> Característica da zona terrestre, situada entre os trópicos, se a agricultura tropical utilizasse, de modo geral, de tecnologias intensivas em mão-de-obra e extensivas em terra, com elevada carência de infra-estrutura.

• **as construções de hidrelétricas** (para a implantação dessas usinas, são inundadas gigantescas áreas florestadas).

Sob o ponto de vista climático, estudos e pesquisas realizados na Amazônia têm revelado que, na verdade, o principal fator responsável pela baixa produção de alimentos na região reside no clima quente e úmido, com predominância de solos de baixa fertilidade.<sup>4</sup>

Para alguns pesquisadores, os solos amazônicos não deveriam ter destinação agrícola ou pecuária, se adotada a concepção agrônômica convencional, intensiva em fertilizantes minerais. Contudo, em se adotando tal destinação, torna-se fundamental levar em consideração o fato de que “a erosão resultante da elevada pluviosidade (precipitação média anual de 2.500 mm), combinada com declividades acentuadas e solos frágeis, pode liquidar rapidamente a camada de solo fértil após, naturalmente, a eliminação da cobertura vegetal” (Salati et alii, 1983).

Convém examinar, agora, sob o ponto de vista bioclimático, as idéias do biólogo Herbert Schubart sobre a biodiversidade da Amazônia. Segundo o professor Schubart, o clima quente e úmido durante todo o ano, o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) da atmosfera e a energia solar abundante propiciam altas taxas de produção biológica primária, através da fotossíntese, nas regiões tropicais úmidas. Isso sem falar da grande atividade bacteriológica nos solos vegetais e dos oligoquetos (minhocas).

Estas situações têm levado, frequentemente, a afirmações otimistas quanto ao “grande potencial” de produção de alimentos

e/ou de biomassa para fins energéticos na Amazônia. Ledo engano, conforme apresentado a seguir.

Para o professor Schubart, o clima quente e úmido da Amazônia traz em seu bojo duas grandes conseqüências desfavoráveis ligadas ao modo de produção agrícola convencional:

1ª) “produção insuficiente de alimentos associada à utilização intensiva de insumos”; e

2ª) “largo emprego de fertilizantes de origem físico-química”.

Tais práticas, segundo Schubart, têm provocado, dentre outros problemas:

a) “completa intemperização dos materiais argilosos do solo e rápida decomposição da matéria orgânica, produzindo solos profundos e lixiviados, com baixas reservas de nutrientes minerais para as plantas e geralmente com baixa capacidade de retenção desses nutrientes, quando supridos por adubação química”;

b) “intensa proliferação de populações de insetos e microorganismos (fungos e bactérias), durante todo o ano, mantendo constantemente elevado o risco de incidência de pragas e doenças das plantas”.

A rigor, os estudos desses especialistas comprovaram que, de fato, “a Amazônia é uma região pobre e frágil, que sofreu um intenso processo de lixiviação, mercê do qual os nutrientes que estavam no solo migraram para profundidades maiores, ficando de resto um solo laterítico, constituído basicamente de hidróxidos de alumínio e ferro” (Brito, 1990).

Dizem os especialistas que para melhorar as características desses solos, de modo mais

<sup>4</sup> Embora a região apresente uma biota riquíssima em espécie – estima-se em cerca de 30 mil espécies de plantas superiores contra cerca de 10 mil para toda a América do Sul de clima temperado – a espessura média dos solos férteis varia entre 15 a 20 cm. (Brito, 1990).

ou menos permanente, não adianta nada colocar adubo solúvel ou qualquer outro fertilizante de origem físico-química, “porque ele some às primeiras chuvas, arrastado pela água que corre, ou então é fixado ao solo sob a forma de hidróxidos insolúveis que a planta normalmente não absorve”... Em culturas de ciclo curto, como a soja, a planta absorve uma parte desses nutrientes antes que desapareça de todo, mas não se criam as condições para uma agricultura permanente” (EMBRAPA, 1981).

Os estudos realizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), em 1981, demonstraram a viabilidade da constituição de pastagens permanentes na Amazônia, mediante a adição ao solo de grandes quantidades de fosfato. O problema é que havia, à época, uma impossibilidade física (representada pelas grandes distâncias), associada a uma impossibilidade econômica (altos custos de produção e transporte). Ou seja, feitas as contas, a produção agrônômica convencional esperada não compensaria, sequer, o investimento inicial.

Por outro lado, os mesmos estudos indicaram duas outras possibilidades de transformar os solos amazônicos em áreas propícias à agricultura e à pecuária:

**Primeira possibilidade:** viabilizando o fosfato na escala necessária, mediante o emprego de tecnologias apropriadas de produção; e

**Segunda possibilidade:** introduzindo a adubação orgânica nos processos de produção agrícola.

## QUESTÕES A INVESTIGAR

Em função do acima exposto e dadas às atuais condições tecnológicas de produção agrícola, convém formular algumas perguntas

importantes acerca dos problemas que envolvem a agricultura regional e procurar as respostas adequadas no contexto da análise da atual conjuntura econômica.

**Primeira pergunta:** como reverter o atual quadro agrônômico convencional, haja vista a sempre alegada indisponibilidade de verbas públicas para financiar novos projetos agrícolas?.

**Segunda pergunta:** que tipos de estudos e pesquisas têm sido realizados no sentido de se adotar uma tecnologia de produção de alimentos mais apropriada à região, com vistas a geração de práticas mais adequadas de manejo do solo? (É útil frisar que a engenharia agrônômica local já se encontra bastante desenvolvida para gerar as soluções cabíveis).

**Terceira pergunta:** que tipo de divulgação tem sido dada aos avanços técnicos conseguidos até agora com o desenvolvimento de projetos alternativos locais para a produção de alimentos?. (Sabe-se que tais projetos existem, faltando apenas a necessária divulgação - vide a descoberta do “arroz selvagem de várzea”, de alta qualidade e rentabilidade).

**Quarta pergunta:** a disseminação de práticas agrícolas economicamente viáveis, intensivas em mão-de-obra, não estimularia o uso em larga escala de métodos e processos simplificados de produção de fertilizantes orgânicos, adequados às condições físicas, climáticas e socioeconômicas da região?

A resposta a essas perguntas é importante e urgente porque conduz a uma outra questão igualmente relevante e que precisa ser devidamente equacionada, especialmente no que diz respeito ao tipo de desenvolvimento que se pretende para a região. Nesse contexto, é preciso identificar para onde estão sendo conduzidas as populações que vivem na

Amazônia, pois, pelo que tem sido possível perceber existe, na realidade, um desconhecimento muito grande em relação ao homem da região, fato que se agrava mais ainda em função da disseminação e pregação utópica do conceito de **desenvolvimento, bem-estar social, crescimento econômico, etc.**

Durante a “**Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento**” (ECO 92), realizada no Rio de Janeiro-RJ, estas questões não foram suficientemente esclarecidas e até agora muito pouco ou quase nada tem sido feito, no sentido de reduzir, por exemplo, o impacto aterrador do crescimento demográfico, desordenado e caótico, responsável em grande medida pelos graves problemas socioeconômicos e ambientais.

## **O LIXO COMO ADUBO NA AGRICULTURA TROPICAL**

Em face do exposto e considerando as adversidades naturais características da região, como viabilizar a “Amazônia do Terceiro Milênio”, para que ela cumpra com o seu desiderato de “grande região produtora de alimentos”?

Sob o ponto de vista particular, mesmo correndo o risco de contrariar paradigmas universalmente estabelecidos, é ser perfeitamente possível visualizar, numa perspectiva a curto e médio prazos, avanços importantes no que tange à reabilitação do modo de produção agrícola da Amazônia. Nesse sentido, a grande contribuição vem da adubação orgânica, de origem biológica, fortalecendo e viabilizando a verdadeira agricultura tropical. Em outras palavras, esta contribuição vem da “**compostagem dos resíduos sólidos orgânicos**”, encontrados

em grandes quantidades nas cidades, a custos irrisórios, funcionando como matéria-prima para a produção de alimentos (Pereira Neto, 1989).

De acordo com o professor Pereira Neto, da Universidade Federal de Viçosa/MG, a compostagem (transformação mecânica e biológica dos resíduos sólidos urbanos), permite a reciclagem de materiais e nutrientes e o tratamento da fração orgânica do lixo urbano domiciliar, gerando como produto final um composto, adubo ou fertilizante orgânico, que seguramente terá uso irrestrito na agricultura.

Sabe-se que no Brasil e particularmente na Amazônia, o aumento da produção agrícola tem sido feito de duas maneiras, basicamente: a) pela intensificação da produção por unidade de superfície plantada; e b) pelo uso extensivo de áreas agrícolas.

Este “status quo” tem sido responsável pelo aumento do custo do produto agrícola, tanto na origem como no destino final e tende a crescer mais ainda se medidas de controle não forem adotadas urgentemente. Ademais, por conta do aumento dos preços da energia proveniente do petróleo e do fantasma do esgotamento que ronda os recursos naturais da Amazônia, a elevação dos preços dos alimentos será inevitável.

Segundo Benchimol (1989), a utilização intensiva de fertilizantes químicos tem acarretado não apenas a erosão e exaustão do solo como também o esgotamento dos recursos naturais não-renováveis. O grande problema, de acordo com o professor da Universidade de Manaus, AM, é conciliar o desenvolvimento econômico com a proteção e conservação desses recursos, através da utilização mais racional dos recursos ambientais, o que pressupõe um grande comprometimento com

tecnologias intensivas em mão-de-obra que menos danos causem ao meio ambiente.

Nessas condições, além do esgotamento dos recursos naturais não-renováveis, aliado às graves conseqüências ecológicas da utilização indiscriminada dos fertilizantes minerais aplicados à agricultura, entende-se que a única via para a intensificação da produção agrícola não será mais a de origem físico-química, mas sim, essencialmente, a via biológica ou orgânica.

Nesse contexto, torna-se fundamental o desenvolvimento de outras práticas de produção de alimentos, como por exemplo a reciclagem dos elementos orgânicos da agricultura, a rotação de culturas e, principalmente a produção, distribuição e comercialização do composto orgânico de lixo.

Segundo Pereira Neto (1989), Golueke (1982) e Kiehl (1981), o composto orgânico de lixo, uma vez estabilizado, tem condições de cumprir no solo três funções importantes: a) fornecer nutrientes, especialmente nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), às plantas; b) fazer correções; e c) melhorar as propriedades físico-químicas do solo.

## **PROPOSTA PARA VIABILIZAR A AGRICULTURA TROPICAL**

Preliminarmente, convém identificar alguns aspectos importantes da presente proposta que justificam a sua implantação. Em primeiro lugar, cumpre esclarecer que é inesgotável o volume de lixo que se acumula diariamente nas ruas, praças, terrenos baldios, etc., de qualquer cidade da Amazônia. Portanto, a matéria-prima para tratamento e transformação em composto orgânico não será problema.

Em segundo lugar, a produção de lixo, em algumas cidades, tem aumentado muito mais rapidamente do que o índice de crescimento populacional. Em média, uma pessoa adulta produz o equivalente a 600 gramas de lixo por dia. Ou seja, para uma cidade com 20 mil habitantes, a produção de lixo será de aproximadamente 12.000 kg por dia.

Em terceiro lugar, a composição do lixo urbano varia em função da sua origem, produção, hábitos, festividades anuais e do nível social do bairro de onde provém. No caso das principais cidades da Amazônia, particularmente Belém e Manaus, o lixo orgânico é encontrado em grandes quantidades.

Através da análise da composição gravimétrica do lixo produzido nessas cidades, é possível inferir que o mesmo é rico em matéria orgânica, condição esta que viabiliza, a priori, a implantação do processo de compostagem (Tabelas 1 e 2).

Pode-se concluir, pela análise dos quadros acima, que uma das saídas para viabilizar a agricultura tropical é, seguramente, através do aproveitamento dos resíduos sólidos urbanos, ou melhor, do tratamento da matéria orgânica. Sua transformação em composto, adubo ou fertilizante orgânico pode ser uma alternativa viável de desenvolvimento sustentável, com grandes possibilidades de satisfazer as necessidades agrícolas da região.

De acordo com o professor Pereira Neto, da Universidade Federal de Viçosa/MG, "o composto de lixo é um adubo bom e barato e sua aplicação na agricultura impede a erosão e a exaustão do solo, além de outras conseqüências como o esgotamento dos recursos naturais não renováveis".

Entretanto, somente agora, com a introdução de tecnologias simplificadas de tratamento de lixo orgânico é que o composto passou a ter uma boa aceitação no mercado de fertilizantes naturais.

A maneira de conseguir isso é muito simples. Consiste na implantação, em áreas previamente selecionadas de determinados municípios da região, de pequenas unidades de reciclagem e compostagem de lixo domiciliar, mercê das quais, após a separação manual dos materiais recicláveis e de valor comercial, se extrairá a matéria orgânica para transformação posterior em composto ou fertilizante orgânico.

Anteriormente, o composto orgânico era produzido em grandes unidades de tratamento de lixo, as chamadas **Usinas de Compostagem Acelerada**, inacessíveis à grande maioria dos municípios amazônicos devido ao alto custo das instalações. O **Sistema DANO**, técnica de tratamento de lixo mais difundida, consistia na decomposição bacteriológica do lixo em grandes cilindros giratórios (bioestabilizadores), mediante o emprego de microorganismos aeróbios, em condições controladas.

Não obstante as vantagens do método, esta técnica de tratamento de lixo fracassou, tanto nos países desenvolvidos como nos países em desenvolvimento. Este fracasso se atribui, entre outros fatores, aos problemas econômicos que surgiam em alguns mercados e as dificuldades de armazenar, processar, embalar, distribuir e vender o produto (Lima, 1991).

De acordo com o professor Luiz Mário Queiroz Lima, da Universidade de Campinas, as principais causas da desativação dessas usinas foram: 1) consumo altamente perdulário de energia elétrica; 2) dificuldades na reposição de peças e equipamentos; 3) má operação e

administração do sistema; e 4) ausência de mecanismos de controle da poluição do solo, da água e do ar.

Atualmente, o composto orgânico é produzido em instalações simplificadas de reciclagem e compostagem de lixo domiciliar, sendo o seu processo de digestão e cura realizado em pátios cobertos, especialmente preparados para este fim.

TABELA 1. Composição do lixo de Belém, excluídos os rejeitos hospitalares e especiais (1991).

Componentes	Participação percentual (em peso)
Papel	25,0
Papelão	6,0
Madeira	2,0
Trapo e estopa	3,0
Couro	1,0
Borrachas e similares	1,6
Osso e animal morto	0,4
Plástico duro	2,5
Plástico mole	4,5
Verdura e fruta	30,0
Folhagem e folha	5,0
Resto de alimento	2,0
Lata	4,5
Metal ferroso	0,5
Vidro e louça	3,0
Terra ou similar	9,8

Fonte: EIA/RIMA - SESAN/PMB, 1991.

TABELA 2. Composição do lixo de Manaus (1981).

Componentes	Base úmida (% em peso)
Matéria orgânica putrescível	51,12
Papel e papelão	29,01
Metal ferroso	6,77
Trapo, couro e borracha	3,45
Plástico fino e grosso	2,83
Vidro, terra e pedra	4,67
Madeira	2,14
Metal não ferroso	0,01

Fonte: Lima, 1981.

O processo de compostagem mais utilizado é o que se baseia no **Método das Leiras Estáticas Aeradas**, concebido pelo professor Pereira Neto. Graças ao tratamento aeróbio, por revolvimento periódico manual ou mecânico, em certas fases do tratamento da massa de resíduos, é exigido o controle permanente da umidade e da temperatura. Em 60 ou 90 dias, o composto orgânico estará totalmente estabilizado, podendo ser aplicado diretamente na agricultura ou em hortas, praças, parques e jardins. “O composto orgânico resultante deste tratamento é um produto totalmente estabilizado e facilmente assimilado pelo solo e pelas plantas”, garante o especialista. O composto orgânico estabilizado possui ainda as seguintes aplicações: a) em culturas intensivas (hortaliças, viveiros de mudas ou plantas ornamentais); e b) em culturas extensivas (café, cana-de-açúcar, pomares e pastagens).

Em alguns casos, recomenda-se misturar o composto com insumos minerais (NPK), alcançando formulações usuais e indicadas a cada plantação. Dessa forma, obtêm-se um rico adubo organo-mineral atingindo preços altamente competitivos no mercado.

Além de adubo, para ser empregado diretamente na terra, o composto orgânico pode ser utilizado para preparar novas quantidades de composto, mantendo, assim, um estoque sempre permanente de fertilizante orgânico.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção de um novo paradigma para o tratamento da questão do lixo na Amazônia passa, necessariamente, pela utilização de processos produtivos simplificados e pelo uso intensivo de mão-de-obra. Os resultados são altamente alentadores, “vis-a-vis” os processos intensivos de capital.

A implementação de projetos com tecnologia simplificada de produção de composto orgânico começa a tomar vulto e a constituir massa crítica suficiente para se alcançar a aplicação de soluções alternativas otimizadas. Pequenas usinas de reciclagem e

compostagem de lixo domiciliar, com capacidade de tratamento variando entre 8 e 80 toneladas por dia e custos aproximados de 30 mil reais e 150 mil reais, respectivamente, representam a solução ideal para se processar o lixo gerado por cidades de pequeno e médio portes. Acima de 80 t/dia, estas usinas de tratamento podem apresentar deseconomias de escala. Por outro lado, a necessidade de grandes extensões de terrenos e equipamentos para movimentação e maturação da matéria orgânica, em cidades com mais de 250 mil habitantes exige, como solução a ser adotada, a adição de vários módulos de processamento de 80 t/dia.

Como se vê, o composto orgânico produzido nas instalações simplificadas de processamento de lixo domiciliar, pode ser a solução natural para o fortalecimento dos solos amazônicos de baixa fertilidade agrícola, garantindo o suprimento adequado e permanente de fosfato na escala necessária, viabilizando, desse modo, a chamada agricultura tropical.

Através da implantação desses projetos alternativos de beneficiamento do lixo, é possível afirmar que a Amazônia começa a ingressar, efetivamente, no seleto clube das regiões brasileiras que investiram no lixo como insumo básico para a produção de alimentos.

A rigor, a Amazônia possui uma capacidade potencial de avanços impressionante, respondendo com muito mais rapidez aos desafios que lhe são impostos. O que falta, na realidade, é a definição de um **projeto político** para a região, que beneficie as populações mais carentes e se transforme, por força deste projeto, no principal centro exportador de alimentos do País.

O resgate da produtividade dos solos amazônicos deverá, finalmente, ser alcançado através da utilização do lixo orgânico na agricultura e, desse modo, selar o destino da Amazônia como uma das principais regiões exportadoras de alimentos do mundo.

# ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR PARA O ESTUDO DA RELAÇÃO RESÍDUOS SÓLIDOS, SAÚDE E AMBIENTE: UM ESTUDO DE CASO NO RIO DE JANEIRO

Marcelo Firpo de Souza Porto<sup>1</sup>  
Cristina Sisino<sup>1</sup>

**Resumo:** Este artigo trata do problema dos resíduos sólidos urbanos e industriais no Brasil enquanto um problema de Saúde Pública. Este tema é o objeto central de investigação de um projeto interdisciplinar de pesquisa atualmente em curso pelo CESTEH/ENSP/FIOCRUZ, tendo por estudo de campo a Baixada Fluminense, no Estado do Rio de Janeiro. Os resíduos sólidos são analisados em sua relação com aspectos sócio-políticos e sócio-econômicos, os quais produzem uma elevada vulnerabilidade social em países como o Brasil, incrementando os problemas ambientais e de saúde. Aspectos metodológicos relativos à abordagem interdisciplinar dos estudos ambientais, particularmente quanto aos resíduos sólidos, são discutidos no texto.

**Palavras-chave:** resíduos sólidos; interdisciplinaridade; vulnerabilidade social.

## OS RESÍDUOS URBANOS E INDUSTRIAIS COMO UM PROBLEMA DE SAÚDE PÚBLICA

Uma das principais fontes de contaminação ambiental das cidades modernas decorre do manejo e disposição inadequados de resíduos sólidos urbanos (procedentes do lixo doméstico, comercial e de prestação de serviços, como o hospitalar) e industriais, fazendo com que este tema venha tendo crescente importância no campo da Saúde Pública. Tal contaminação é consequência dos

processos de industrialização e urbanização, condicionados pelos modelos de desenvolvimento e organização social que caracterizam as sociedades contemporâneas. Neste sentido, aspectos técnicos específicos, como o volume da produção industrial e consumo, bem como o estado da arte das técnicas de tratamento e disposição de resíduos existentes em um país ou região, interagem com características sócio-políticas, sócio-econômicas e institucionais que conformam os modelos de regulação e controle, podendo vulnerabilizar as populações mais expostas, frente às características de iniquidade

---

<sup>1</sup> Pesquisadores do Centro de Estudos da Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana - CESTEH/ENSP/FIOCRUZ, Rua Leopoldo Bulhões 1480 - Manguinhos, CEP 21041-210, Rio de Janeiro, RJ.

e exclusão social do modelo de desenvolvimento.

Desta forma, analisar o problema dos resíduos industriais e urbanos em um país como o Brasil exige um enfoque abrangente do problema, através da integração de abordagens sociais e técnicas, bem como da organicidade de tais análises com processos educativos e participativos que contribuam para a definição de políticas públicas e práticas institucionais efetivas na melhoria dos problemas de saúde da população.

Os resíduos sólidos podem contaminar o meio ambiente através de substâncias perigosas que poluem a água (águas subterrâneas e superficiais), o solo e o ar, atingindo as populações de várias formas como, por exemplo, através do consumo de água, produtos agrícolas e animais, além de afetarem locais ecologicamente importantes como beira de rios, margem de lagoas e baías, banhados e manguezais.

Grande parcela destes resíduos pode representar importantes riscos para a população e para os ecossistemas afetados em função de serem tóxicos, ecotóxicos, corrosivos, radioativos, patogênicos, oxidantes, explosivos, inflamáveis e reativos, entre outros (Cetesb, 1985; Opas, 1996). O modo como tais resíduos são manejados, tratados e descartados possibilita diferentes formas de transformação pela natureza (em função das substâncias serem instáveis, estáveis ou não redutíveis) e exposição humana. Os resíduos considerados perigosos são aqueles que contêm substâncias causadoras de danos à saúde humana, contaminam outros seres vivos e/ou transformam-se em outras substâncias perigosas em contato com o meio e ao longo do tempo (OPAS, 1996). Em termos de efeitos

à saúde, destacam-se os resíduos com efeitos carcinogênicos, mutagênicos, ao sistema reprodutivo e desenvolvimento fetal e neonatal, ao fígado e rins, imunológicos e neurotóxicos. (Opas, 1994)

Além dos problemas associados ao aumento de vetores transmissores de doenças infecto-contagiosas, destacam-se os resíduos envolvendo substâncias tóxicas e ecotóxicas, muitas persistentes no meio ambiente e causadoras de efeitos crônicos e agudos, podendo afetar não somente populações presentemente expostas, como também as gerações futuras.

De acordo com a NBR 10004 da ABNT de 1987 sobre resíduos sólidos, a periculosidade de um resíduo é função de suas características físicas, químicas ou infecto-contagiosas e que apresentam riscos à saúde pública e ao meio ambiente. Segundo esta norma, os resíduos podem ser classificados em três classes:

- (I) *perigosos*: inflamáveis, corrosivos, reativos, tóxicos e patogênicos;
- (II) *não-inertes*: não se enquadram na classe I ou III;
- (III) *inertes*: são aqueles que, após amostragem e teste de solubilização específicos, não apresentam concentrações superiores aos padrões de solubilidade de água.

## OS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

De acordo com um estudo realizado por Santos (1993), no Brasil as formas utilizadas para destinação final do resíduo sólido urbano são as seguintes: vazadouro a céu aberto, vazadouro em áreas alagadas, aterro controlado, aterro sanitário, aterro de resíduos especiais, usina de compostagem, usina de

reciclagem e usina de incineração. O mesmo trabalho ressalta, contudo, que 86,4% dos municípios brasileiros utilizam como forma de disposição do lixo os vazadouros a céu aberto (também conhecidos como “lixões”), 1,8% fazem uso de vazadouros em áreas alagadas e 9,6% possuem aterros controlados.

Em geral, as características necessárias para que um determinado sítio sirva como receptor de rejeitos, ou seja, suas características hidrogeológicas favoráveis, o uso de tecnologia adequada durante a implantação e o gerenciamento da área, a compatibilidade entre o tipo de rejeito e a capacidade de purificação do solo etc., não são levados em conta (Frantzis, 1993). No País, a falta de preocupação pública, de priorização e continuidade por parte das administrações locais e os conflitos decorrentes da implementação de novas áreas de depósitos dificultam a elaboração de planos diretores regionais relativos aos resíduos urbanos.

O chorume produzido por depósitos de resíduos pode contaminar as fontes de água, afetando a fauna e flora macro e microscópica. Ao contaminar as fontes de água, o chorume pode alterar a DBO e DQO (demandas bioquímica e química de oxigênio), afetando a fauna e flora macro e microscópica. Além disso, a presença de substâncias tóxicas causará o comprometimento do uso destes corpos d'água e alimentos, sendo também uma fonte de contaminação microbiológica, pois é comum a presença de microorganismos indicadores de poluição fecal em sua carga poluidora. Outro aspecto do chorume refere-se à possível existência em sua constituição de substâncias relevantes para a saúde humana e ambiental, como o chumbo, arsênico, o benzeno e o tetracloreto de carbono (Chilton & Chilton, 1992).

## OS RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS

Os resíduos sólidos especificamente industriais, por concentrarem substâncias químicas freqüentemente perigosas em depósitos inadequados, são particularmente importantes na discussão do problema dos resíduos sólidos. A gravidade dos resíduos de origem industrial, particularmente o químico, pode ser observada por alguns dados internacionais: no final da década de 80 existiam aproximadamente 7 milhões de substâncias químicas conhecidas, sendo 80 mil em circulação comercial no planeta, com aproximadamente entre 500 a 1.000 novas substâncias sendo anualmente introduzidas no mercado, havendo uma estimativa de que os recursos de todos os laboratórios envolvidos em análises de toxicidade no mundo não poderiam avaliar mais que 500 substâncias anualmente, envolvendo custos elevadíssimos (Wynne, 1987). Somente a produção de lixo químico nos EUA, França, Alemanha Federal e Inglaterra alcançava a cifra de 19 milhões de toneladas anuais, sendo desconhecida a localização de muitos dos depósitos de resíduos utilizados no passado (Koch, 1991). A descoberta de depósitos clandestinos em países industrializados nas últimas décadas é considerada como um importante problema de Saúde Pública nestes países.

Entre as indústrias mais importantes na geração de resíduos perigosos, destacam-se as indústrias químicas e petroquímicas, siderúrgicas, metal-mecânicas, de fundição, de couro, têxteis, de papel, além de outras específicas, como de materiais elétricos e agroindustriais.

No Brasil, a disposição de resíduos perigosos está normatizada pela ABNT através da norma 2:09.60 “Aterros de Resíduos

Perigosos - Critérios para Projeto, Construção e Operação”, com várias leis e resoluções no âmbito estadual nos diversos Estados, tendo a CETESB uma atuação pioneira do País. A resolução CONAMA n.001 de 23 de Janeiro de 1986 especifica, no seu item X, a necessidade de EIA/RIMA para aterros sanitários, processamento e destino final de resíduos tóxicos e perigosos. Entre os tipos de destinação final de resíduos sólidos industriais, incluem-se os aterros industriais integrados ou não a Unidades ou Complexos Industriais, e os incineradores.

Inexistem estatísticas completas sobre a dimensão dos resíduos industriais no País. Dados da CETESB de 1992 somente da Grande São Paulo indicam uma produção anual de mais de 200 mil toneladas de resíduos industriais de três setores industriais especialmente importantes (metalúrgico, veículos/autopeças e químico), sendo o setor químico responsável por cerca da metade dos resíduos sólidos perigosos do Estado de São Paulo (Tsunaki e Vilela, 1996). No ano de 1989 foram produzidos no Estado de São Paulo cerca de 76 milhões de toneladas de resíduos industriais de todas as classes, sendo mais de 800 mil toneladas considerados perigosos (Proteção, 1991). No Estado do Rio de Janeiro, estima-se uma produção anual de aproximadamente 300 mil toneladas de resíduos perigosos (Côrtes, 1995).

No Brasil, casos como os ocorridos na Baixada Santista, SP com a empresa Rhodia, envolvendo a contaminação de uma ampla área geográfica por resíduos organoclorados altamente tóxicos como o Hexaclorobenzeno (HCB), incluindo a descoberta de vários depósitos clandestinos de resíduos; e o da contaminação por Hexaclorociclohexano (HCH) na Cidade dos Meninos, em Duque de

Caxias, RJ, pelo abandono de uma fábrica de HCH pelo próprio Ministério da Saúde na década de 50 e que foi descoberto casualmente 30 anos depois de acontecido, expõem claramente a fragilidade de conhecimento e capacidade de atuação nesta área.

## **RISCOS, INCERTEZAS, EXTERNALIZAÇÃO DOS RESÍDUOS E VULNERABILIDADE**

Segundo Wynne (1987), os conceitos de resíduos, risco e perigo são bastante complexos e socialmente construídos, existindo uma ampla margem de incertezas, ambigüidades e variações, por exemplo, acerca de onde terminam os produtos e começam os resíduos, da delimitação de responsabilidades de empresas, instituições e consumidores, bem como das informações sobre os efeitos sobre o meio ambiente e a saúde humana. Neste sentido, as próprias definições de resíduo e lixo em geral, bem como de suas políticas de regulação e responsabilidades, podem ser apreendidos como decorrentes de processos tácitos de negociação entre os diferentes atores sociais e interesses envolvidos, que acabam por definir modelos e práticas específicas de regulamentação em torno dos ciclos de vida dos resíduos nos espaços da produção, do consumo e do seu descarte.

Em termos econômicos e de responsabilidade pelo seu controle, os resíduos podem ser considerados como o fim da linha dos ciclos de produção e consumo, caracterizando uma situação limite de ganhos e custos marginais. Os resíduos representam, então, os restos da produção e consumo cuja reciclabilidade é considerada inviável tecnologicamente ou desinteressante economicamente. Além das condições de mercado, restrições legais, bem

como pressões sociais e institucionais, tendem a reverter lógicas de externalização por agentes econômicos e consumidores. Exemplo atualmente em curso no País refere-se aos investimentos ambientais das empresas brasileiras exportadoras e que estão se submetendo aos certificado ISO 14.000, em contraposição aos investimentos relativamente menores das empresas não exportadoras e/ou dependentes das restrições legais e institucionais nacionais.

O ciclo vicioso da externalização dos resíduos é uma das características dos modelos hegemônicos de desenvolvimento industrial até os anos 70, quando radicalizam-se os conflitos destes modelos e os interesses ambientais e de saúde pública, à medida que são reconhecidos e agravados os problemas decorrentes da poluição ambiental. De uma política regulamentadora de “fim de linha” - preocupada basicamente com a deposição final e simplificada dos resíduos - inicia-se, principalmente nos países mais industrializados, discussões e políticas públicas voltadas a um controle mais efetivo destes resíduos, reduzindo quantidades permitidas, forçando novos tratamentos e aumentando os custos marginais da externalização.

Tal processo vem propiciando, além da melhoria das tecnologias de tratamento de resíduos, o aumento da reciclabilidade dos mesmos, práticas seletivas de despejo e o desenvolvimento de novas tecnologias de fabricação e produtos ecologicamente mais adequadas, inclusive através da articulação de conglomerados industriais de aproveitamento, onde os resíduos transformam-se em insumos do ciclo produtivo em novas fábricas, tal como proposto na denominada metodologia ZERI (Pauli, 1996).

Em países de economia semiperiférica como o Brasil, contudo, este processo ainda caminha de forma bastante lenta e é agravado por características sociais, econômicas e institucionais do País. Além de problemas associados à transferência internacional de tecnologias e à exportação de produtos e resíduos perigosos, as políticas reguladoras existentes, afora suas limitações, entram em choque com a fragilidade das atuais estruturas e práticas institucionais, principalmente aos níveis estadual e municipal.

A fragilidade ou inexistência de controle por parte das instituições interagem com as características de iniquidade e exclusão social do modelo de desenvolvimento brasileiro, favorecendo concentrações urbanas em regiões metropolitanas periféricas, numa explosiva e complexa combinação de pobreza e concentração industrial e urbana. Por sua vez, o descontrole favorece práticas auto-regulatórias de externalização, propiciando o surgimento de aterros clandestinos de resíduos, inclusive industriais, em áreas abandonadas pelo poder público e onde existe uma baixa capacidade de mobilização e reivindicação das comunidades. Mesmo em países mais industrializados, a iniquidade dos riscos ambientais envolvendo resíduos industriais e urbanos é marcante, conforme revelam importantes estudos realizados nos últimos anos (Bullard, 1994; Harding et al., 1993). Nos EUA, tais estudos revelam a preponderância de populações de origem africana e hispânica, com menores índices de renda e capacidade reivindicativa, expostas em áreas de maior contaminação ambiental, com taxas de mortalidade infantil e câncer maiores que as esperadas (Harding & Green, 1993).

## **ASPECTOS METODOLÓGICOS DOS ESTUDOS AMBIENTAIS INTERDISCIPLINARES**

Os problemas dos resíduos industriais e urbanos devem ser analisados a partir de um enfoque interdisciplinar e sistêmico, pois a complexidade de tal objeto torna limitante abordagens estritamente multidisciplinares, já que a realidade analisada não é somente a soma dos estudos realizados por especialistas de distintas disciplinas.

A perspectiva inovadora da abordagem interdisciplinar consiste na possibilidade da geração sucessiva de sínteses integradoras ao longo do estudo, através de interpretações sistêmicas e diagnósticos integrados, permitindo articulações e proposições alternativas não obtíveis por análises isoladas de especialistas.

Os estudos interdisciplinares de problemas ambientais iniciam-se na própria formulação inicial do problema, na definição dos marcos conceituais comuns que orientam os estudos específicos, na construção dos principais elementos e relações que caracterizam o sistema complexo correspondente ao objeto de estudo, e de hipóteses de trabalho que orientam as investigações específicas. Segundo Garcia (1994), existem dois momentos nos estudos interdisciplinares de problemas ambientais. O primeiro inclui as fases de diferenciação, onde predominam os estudos específicos realizados por especialistas, sejam eles qualitativos ou quantitativos. O segundo momento compreende as chamadas fases de integração, onde seriam realizadas as integrações dos resultados obtidos no momento anterior, redefinindo a concepção do próprio sistema estudado, verificando e reformulando hipóteses de trabalho, e finalmente estabelecendo-se propostas alternativas de solução para os

problemas em diferentes níveis, envolvendo desde soluções técnicas de manejo de resíduos e descontaminação de certas áreas, até programas educativos e políticas públicas de médio e longo prazo. Como resultado de tais estudos, espera-se contribuir para a reversão da degradação do sistema sócio-ambiental analisado, através da reorientação de sistemas produtivos, políticas e práticas institucionais envolvendo pelo menos os setores saúde, saneamento, meio ambiente e planejamento, melhorando a qualidade de vida das populações afetadas pelo problema.

A evolução de um estudo com estas características compreende um processo interativo e não linear de médio prazo, através do movimento dialético entre as fases de diferenciação e integração, e entre as etapas de diagnóstico e geração de propostas alternativas. A possibilidade de sucesso durante as fases de integração e geração de alternativas depende fortemente da capacidade dos membros da equipe de desenvolverem um diálogo de interfaces entre os problemas colocados por seu campo específico de conhecimento com os outros estudos realizados no âmbito do projeto, através da realização de diversos seminários interdisciplinares de integração ao longo de todo o projeto.

A contextualização dos aspectos mais técnicos do problema exige estudos qualitativos que permitam interrelacionar a contaminação das áreas afetadas e os decorrentes efeitos para a saúde humana com: (a) políticas públicas e práticas institucionais voltadas ao controle de resíduos; (b) as características econômicas e tecnológicas da região e do sistema produtivo originador dos resíduos; (c) o processo de ocupação do solo das regiões afetadas; (d) as características sociais, econômicas e culturais

das populações envolvidas nas áreas de risco, bem como com as percepções existentes a respeito dos riscos associados aos resíduos; (e) oportunidades de fortalecimento de lideranças comunitárias e técnicos de instituições públicas comprometidas com a resolução de problemas.

O marco referencial do projeto atualmente desenvolvido pelo CESTEH/FIOCRUZ destaca a iniquidade e exclusão social como aspectos centrais na análise do problema dos resíduos urbanos e industriais na Baixada Fluminense, destacando-se, por conseguinte, três perspectivas qualitativas integradoras: (1) a abordagem participativa do projeto em sua interação com as comunidades locais desenvolvida no item anterior; (2) a abordagem sócio-técnica na análise de riscos, com ênfase, no presente projeto, para o estudo de percepção de riscos; (3) o estudo de vulnerabilidade, através da mediação sistematizada entre pobreza e contaminação de áreas e pessoas por resíduos, bem como da fragilidade institucional que marcam as ações do Poder Público frente ao problema, interrelacionando-se tais características com as relações sociais de produção e as possibilidades de reversão do quadro, através de políticas públicas preventivas e mitigadoras.

Os estudos de vulnerabilidade buscam sistematizar a influência de fatores sócio-econômicos e sócio-políticos na determinação da capacidade de uma determinada população de enfrentar situações de risco mais extremas, sejam elas de origem natural ou antropogênica (Horlick-Jones, 1993; Winchester, 1992). Originalmente desenvolvidos para a análise de desastres de origem natural ou industrial, os estudos de vulnerabilidade vêm sendo utilizados para mediar as relações entre riscos específicos de maior gravidade, as relações sociais de

produção que propiciam a existência de segmentos marginalizados da população e que sofrem mais com aqueles riscos, e estratégias de redução de riscos envolvendo políticas públicas mais gerais, como o desenvolvimento de programas de habitação, saneamento, educação e geração de renda relacionados ao fortalecimento daqueles grupos sociais mais vulneráveis.

O estudo de vulnerabilidade no presente projeto envolverá a coleta de dados sócio-econômicos secundários das regiões e populações junto às áreas de risco, das características urbanas e das moradias nas regiões contaminadas, bem como dados resultantes das entrevistas realizadas no estudo de percepção de riscos. Através da análise da inserção econômica destas populações, o estudo de vulnerabilidade pretende contextualizar, de forma preliminar, a gravidade das áreas contaminadas com possíveis alternativas de desenvolvimento daquela região voltadas à melhoria da qualidade de vida e redução de riscos.

## **MODELO DE COMPREENSÃO DO PROBLEMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL**

Na Fig. 1, será apresentada de forma esquemática a compreensão do problema dos resíduos sólidos no Brasil. Este resumo busca sintetizar as relações entre dinâmicas técnicas, sociais e institucionais a partir do ciclo de vida dos resíduos, tendo por ponto de partida as fases de produção e consumo de bens e materiais.

Na parte superior da figura, estão os modelos de desenvolvimento adotados e as relações sociais de produção. As características destas relações sociais consubstanciam-se em políticas sociais, econômicas, tecnológicas e

industriais que tanto podem marginalizar importantes segmentos da população, produzindo a denominada vulnerabilidade social, como também conformam as lógicas de produção e consumo que produzem os resíduos, através de práticas insustentáveis de desenvolvimento.

A regulação pelo Estado destes resíduos, tanto sobre os agentes geradores da produção como do consumo, acaba por definir a destinação final dos mesmos, seja em locais oficiais ou clandestinos de tratamento e destinação (T&D). Note-se que o uso dos termos oficiais ou clandestinos refere-se apenas à aplicação da legislação de destinação final existente e ao conhecimento/autorização por parte das autoridades competentes destes

locais. Esta separação, contudo, não implica que os locais oficiais sejam menos problemáticos em termos dos seus efeitos à saúde e ao meio ambiente, principalmente em países como o Brasil. Vários locais “oficiais” de destinação final de resíduos são verdadeiros “lixões”. Contudo, os clandestinos, por serem desconhecidos em termos de composição e localização, podem significar verdadeiras bombas-relógio para o futuro. Outro aspecto interessante, apontado por Wynne (1987), é o paradoxo provocado pela difusão de locais de T&D, formando um novo tipo de indústria que, para operar de forma economicamente eficiente, entra em choque com a implementação de políticas de redução de resíduos.

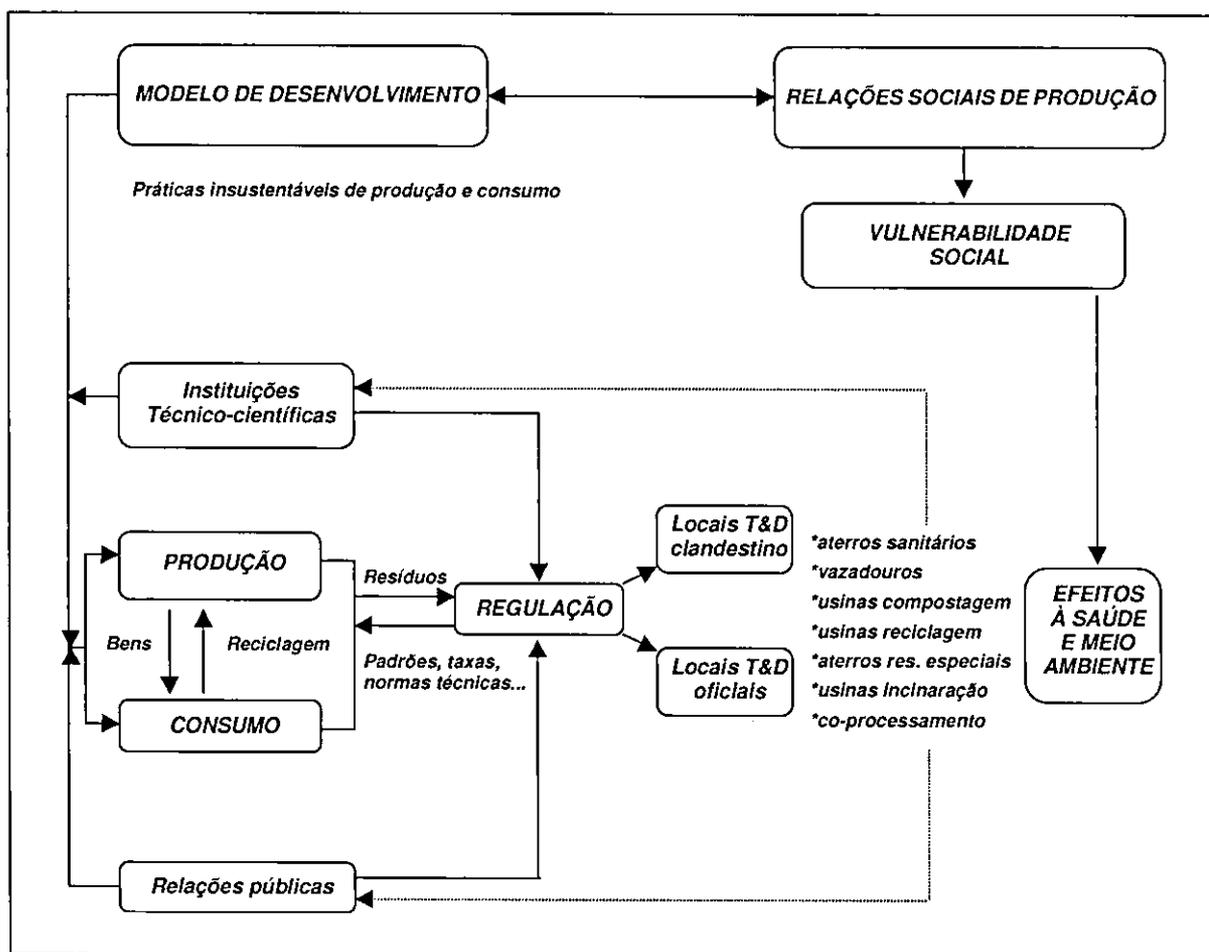


FIG. 1. Modelo de Compreensão do Problema dos Resíduos Sólidos de acordo com a Realidade Brasileira (adaptado de Wynne, 1987).

Todas essas formas finais de destinação podem acarretar múltiplos e complexos efeitos para a saúde humana e ambiental. Estes efeitos acabam por ser analisados por instituições técnico-científicas - tanto governamentais quanto privadas - que influenciam a implementação de novas modalidades de produção e consumo e outras formas de regulação direta pelo Estado. Por exemplo, a análise dos efeitos resultantes da queima de resíduos industriais em incineradores acarreta inúmeras incertezas, particularmente quanto à eficiência da queima e à produção de poluentes potencialmente tóxicos, como as dioxinas e furanos. No Brasil, tem se espalhado a solução de queima de resíduos industriais em fornos de indústrias cimenteiras e cerâmicas, sem contudo uma capacidade de controle e avaliação adequados, tanto da entrada dos resíduos quanto da capacidade desta queima produzir poluentes perigosos.

Um dos grandes problemas da regulação dos resíduos urbanos e industriais referem-se à enorme diversidade de substâncias, fontes geradoras e processos industriais, econômicos e de consumo envolvidos. Desta forma, os mais variados setores tanto governamentais, quanto econômicos e profissionais podem atuar de forma dispersa, gerando responsabilidades fragmentadas e freqüentemente conflitantes. Além dos conflitos existentes entre as esferas federal (responsável pela política industrial, econômica e ambiental mais geral), estadual (locus das instituições ambientais responsáveis pelo controle e licenciamento de instalações tanto industriais quanto de T&D) e municipal (responsável pela coleta e destinação do resíduo urbano), políticas setoriais desencontradas dificultam a construção de um modelo integrado de gerenciamento de resíduos. De um lado, pode estimular-se a indústria petroquímica e de

bebidas no desenvolvimento de sacolas de plástico e garrafas P.E.T., de outro aumenta-se desmedidamente a quantidade de resíduos de plástico nos vazadouros e aterros de lixo urbano. Mesmo em um mesmo setor, como o ambiental, o aumento de medidas de controle de poluentes atmosféricos e efluentes pode acarretar no agravamento do problema dos resíduos sólidos gerados pelos filtros e lamas produzidos por chaminés e estações de tratamento.

Os efeitos à saúde e ao meio ambiente tornam-se ainda mais complexos em realidades sociais como a brasileira, caracterizada por uma enorme iniquidade social que marginaliza grandes contingentes populacionais, forçados a ocupar espaços periféricos e realizar atividades econômicas marginais. É neste contexto que se deve entender os principais grupos populacionais expostos aos riscos de vazadouros e aterros no País, bem como os chamados catadores de lixo, que reciclam materiais em áreas de deposição de lixo urbano em precaríssimas condições de trabalho e higiene.

Em sociedades democráticas, onde a cidadania inclui o direito à informação e a capacidade de grupos organizados da sociedade influenciarem processos decisórios, as reações públicas da sociedade civil são fundamentais para maior agilidade tanto do Estado, como das instituições científicas e dos setores econômicos, implementando políticas e medidas mais efetivas de controle. Sem dúvida, a falta de informações sobre os riscos decorrentes dos resíduos, a falta de incentivo e experiência de participação da sociedade junto aos processos decisórios que definem políticas de regulação e práticas institucionais, bem como a existência de outros básicos e graves problemas sócio-ambientais e sanitários, eventualmente

dificultam a capacidade de mobilização e pressão de sociedades como a brasileira frente ao problema dos resíduos.

Este último parágrafo justifica a importância estratégica no desenvolvimento de projetos de pesquisa com características interdisciplinares e participativas. Tão importante quanto o estudo dos processos técnicos relacionados aos efeitos dos resíduos sobre a saúde e ao meio ambiente, cabe às instituições públicas nacionais o importante papel de envolver-se com a sociedade nessa discussão, não somente ensinando mas também aprendendo com a população e com os técnicos das instituições como criar espaços de difusão de informações, discussão e uma nova forma de racionalidade junto aos processos decisórios, onde os valores da saúde, do respeito ao meio ambiente e da dignidade humana esteja juntos aos critérios técnicos e econômicos que acabam por definir modelos de desenvolvimento econômico e social para um país ou região.

## **O PROBLEMA DOS RESÍDUOS URBANOS E INDUSTRIAIS NA BAIXADA FLUMINENSE**

O Estado do Rio de Janeiro é o segundo pólo industrial do Brasil e grande parte de suas indústrias se localiza nas imediações da Cidade ou nos municípios que constituem a Baixada Fluminense (Nova Iguaçu, Duque de Caxias, São João do Meriti, Nilópolis, Queimados, Belford Roxo, Japeri e Magé). Nesta região vivem atualmente cerca de 4 milhões de pessoas e as características sociais e sanitárias em geral estão muito aquém daquelas consideradas mínimas, ou seja, apenas 21% dos domicílios são atendidos por esgotos, 52% estão ligados a rede pública de abastecimento de água (mas apenas 30% contam com abastecimento regular

(ficando os demais dependentes de água de poços e cisternas. No que se refere especificamente às formas como o lixo é coletado ou disposto em Duque de Caxias, Belford Roxo e Nova Iguaçu, dados recentes revelam que apenas 51,5%, 61,9% e 47,6% são coletados nestes respectivos municípios. Isto significa que do lixo doméstico produzido, aproximadamente 40% em Belford Roxo e 50% em Duque de Caxias e Nova Iguaçu não são coletados, sendo queimados, enterrados ou jogados em terrenos baldios. Do total que é jogado em terrenos baldios o quadro é de 18,6% para Duque de Caxias, 15,4% para Belford Roxo e 26,1% para Nova Iguaçu (UPB, 1996).

Segundo Côrtes (1995), na Baixada Fluminense podem ser encontrados vários focos de contaminação ambiental representados por locais de disposição de resíduos urbanos e industriais oficiais e clandestinos, principalmente nos municípios de Duque de Caxias, Nova Iguaçu e Queimados. Estes locais situam-se em áreas densamente povoadas e onde a interação das populações vizinhas com os resíduos torna-se inevitável.

O Rio de Janeiro não possui aterros sanitários. A maior parte do lixo recolhido pela Companhia Municipal de Limpeza Urbana do Rio de Janeiro (COMLURB) é depositada no Aterro Metropolitano de Gramacho, localizado no bairro de Jardim Gramacho (Duque de Caxias), que opera desde 1978. Atualmente, este aterro recebe mais de 6 mil toneladas de lixo por dia, e é o principal ponto de destinação dos resíduos gerados na região metropolitana do Rio de Janeiro, atendendo aos municípios do Rio de Janeiro, Duque de Caxias, Nilópolis, São João do Meriti e Nova Iguaçu (Anônimo, 1991; Weber, 1995). Inicialmente projetado para

ser um aterro sanitário, vários problemas impediram que este objetivo se concretizasse. O aterro causa uma série de problemas ambientais e é foco de proliferação de vetores, além de estar localizado em uma zona de manguezais no entorno da Baía de Guanabara (Costa e Silva, 1994). O Aterro Metropolitano de Gramacho é considerado, inclusive, uma das fontes de degradação das águas da Baía de Guanabara e consta no Programa de Despoluição da Baía de Guanabara como um importante problema a ser solucionado (Anônimo, 1991; Weber, 1995). Principalmente a partir de 1996, a COMLURB, após terceirizar a gestão do aterro à empresa Queiróz Galvão, vem investindo bastante na tentativa de transformar o mesmo efetivamente em aterro sanitário.

As áreas destinadas a receber toneladas de lixo, mas que são desprovidas de uma infraestrutura capaz de evitar os problemas oriundos desta atividade, terão seu uso futuro comprometido, sendo responsáveis pela degradação ambiental das regiões sob sua influência. Dentre os problemas causados pela disposição inadequada dos resíduos, pode-se destacar: a poluição do ar, das águas e do solo, além da proliferação de vetores transmissores de doenças. Estes problemas podem ser agravados, pois muitas vezes as áreas utilizadas, além de impróprias para tal fim, são ecologicamente inaceitáveis (Sisinno, 1995).

Além das áreas receptoras de lixo urbano, deve-se ressaltar também os grandes problemas ocasionados pelos locais de disposição de lixo industrial. A inexistência de um controle efetivo, principalmente até o final dos anos 80, propiciou a proliferação de muitas indústrias sem nenhum tipo de tratamento adequado para seus poluentes, sejam eles atmosféricos, líquidos ou sólidos. Esta situação é particularmente crítica nas empresas de menor porte, que até hoje não

possuem sistemas de tratamento e destinação final para seus efluentes e resíduos, e freqüentemente depositam seus resíduos em qualquer terreno da fábrica ou mesmo em depósitos clandestinos. E mesmo para o caso de empresas de maior porte e outras que contratam os serviços de empresas ambientais para a destinação final de seus resíduos, a solução pode ser bastante inadequada. No Estado do Rio de Janeiro, esta situação pode ser verificada através da existência de empresas de tratamento e destinação final de resíduos industriais sem instalações e procedimentos adequados, e do aumento do uso dos fornos de indústrias de cimento como forma de incineração de diversos tipos de resíduos, sem controles operacionais adequados durante a queima, o que agrava a possibilidade de emissão de substâncias tóxicas, como dioxinas, PCB's e policíclicos aromáticos, que tampouco são monitoradas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANÔNIMO. Baía de Guanabara: É Tempo do Verbo A-Mar. *Revista da FEEMA*, 1:26-45, 1991.
- BRAGA, A.M.C. et al. *Relatório da Análise de HCH no Soro de Moradores da Cidade dos Meninos*. Rio de Janeiro: CESTE/ENSP/FIOCRUZ, 1993 (Mimeo.).
- BRAGA, A.M.C. *Avaliação da Contaminação por HCH dos Residentes no Abrigo Cristo Redentor*. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, 1996. Dissertação de Mestrado.
- BULLARD, R. Overcoming racism in environmental decision. *Environment*, v.36, n.4, 1994.
- CETESB (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL). *Resíduos Sólidos Industriais*. São Paulo, CETESB/ASCETESB, 1985.
- CHILTON, J.; CHILTON, K. A Critique of Risk Modeling and Risk Assessment of Municipal Landfills Based on U.S. Environmental Protection Agency Techniques. *Waste Management & Research*, 10:505-516, 1992.

- CÓRTEZ, C. Resíduos Tóxicos no Rio. *Ecologia e Desenvolvimento*, 51:6-7, 1995.
- COSTA E SILVA, C.A.M. *Situação do Aterro Metropolitano de Resíduos Sólidos Urbanos*. Rio de Janeiro, Universidade Estácio de Sá, 1994. (Monografia de Especialização).
- FRANTZIS, I. Methodology for Municipal Landfill Sites Selection. *Waste Management & Research*, 11:441-451, 1993.
- HARDING, A.; GREER, M. The Health Impacts of Hazardous Waste Sites on Minority Communities: Implications for Public Health and Environmental Health Professionals. *Journal of Environmental Health*, v.55, n.7, 1993.
- GARCIA, R. Interdisciplinarietà y sistemas complejos. In: LEFF, E. et al. *Ciencias Sociales y Formación Ambiental*. Gedisa Editorial, Barcelona, 1994.
- KOCH, R. *Umweltchemikalien*. VCH, Weinheim, 1991.
- MESZÁROS. *Produção Destrutiva e Estado Capitalista*. Cadernos Ensaio, v.5, São Paulo, 1989.
- OLIVEIRA, R.M. *Estudo da Contaminação do Solo e Pasto Causada por Hexaclorociclohexanos na Cidade dos Meninos em Duque de Caxias, RJ*. Rio de Janeiro, Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, 1994. (Dissertação de Mestrado).
- OPAS. *Manual de Vigilância Ambiental*. Washington, 1996.
- PAULI, G. *Emissão Zero*. EDIPUCRS, Porto Alegre, 1996.
- QUENSEN, I. & MATSUMURA, F. *Environ. Toxicol. Chem.*, 2:261, 1983.
- SANTOS, S.S.M. dos. Saneamento Básico. In: CALDEIRON, S.S. (Coord). *Recursos Naturais e Meio Ambiente: Uma Visão do Brasil*. Rio de Janeiro, IBGE, 1993. p.101-112.
- SIEGEL, H.; SIEGEL, A. (Eds.). Degradation of Environmental Pollutants by Microorganisms and Their Enzymes. In: *Metal Ions in Biological Systems*, v. 28, Marcel Dekker, 1991.
- SISINNO, C.L.S. *Estudo Preliminar da Contaminação Ambiental em Área de Influência do Aterro Controlado do Morro do Céu (Niterói - RJ)*. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, 1995. (Dissertação de Mestrado).
- UNIVERSIDADE POPULAR DA BAIXADA. *Campanha Sócio-Educativa sobre o Estatuto da Criança e do Adolescente na Baixada Fluminense - Relatórios de Duque de Caxias e Belford Roxo*. Rio de Janeiro, UPB, 1996.
- WEBER, W. Despoluição da Baía de Guanabara: Saneamento Básico para 5 milhões de Habitantes. *Revista da FEEMA*, 17:41-48, 1995.
- WINCHESTER, P. *Power, Choice and Vulnerability*. James & James, London, 1992.
- WYNNE, B. *Risk Management and Hazardous Waste*. Springer-Verlag, Berlin, 1987.

# UMA ALTERNATIVA DE GERAR PREVISÕES DA QUANTIDADE DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS NÃO-COLETADOS<sup>1</sup>

Marcelo Bentes Diniz<sup>2</sup>

## INTRODUÇÃO

Uma das dificuldades na gestão dos resíduos sólidos domésticos pelas administrações municipais é justamente de auferir o nível de atendimento dos serviços de coleta, o que por essa via, se tem uma aproximação do grau de eficiência dos serviços oferecidos. Por outro lado, pela parcela que não é assistida pelo serviço de coleta, seja através da coleta direta, ou pela coleta indireta, pode-se estimar a quantidade de resíduos sólidos domésticos que não é coletada, o que permite, também, uma medida de referência quanto à geração potencial de externalidades ambientais causada pelos mesmos.

O objetivo deste artigo é apresentar dois modelos explicativos, o primeiro quanto às variáveis determinantes da coleta de resíduos sólidos domésticos e o segundo quanto às variáveis que determinam a geração total de resíduos, ambos, quando combinados, terão a finalidade de gerar previsões da quantidade de lixo não coletado, em cada caso, e desse modo

se ter uma medida de referência quanto à geração potencial de externalidades ambientais. Este resultado será demonstrado a partir de um exercício para as cidades de São Paulo e São Luís ao final do texto.

## OS MODELOS

### **Determinantes da Coleta de Resíduos Sólidos Domésticos**

Para se verificar os determinantes do comportamento do nível de atendimento da coleta de lixo doméstico nos Estados, estimou-se uma regressão pelo método dos mínimos quadrados, segundo as seguintes especificações:

Modelo Cross Section para os Estados da Federação, em 1995, excluindo-se os Estados do Amapá, Rondônia, Roraima e Acre, pois seus níveis de cobertura da coleta de lixo doméstico não constam da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio (PNAD), tomada como referência de dados.

---

<sup>1</sup> Este trabalho é parte da dissertação de mestrado apresentada pelo autor no CAEN, Curso de Mestrado em Economia, da Universidade Federal do Ceará.

<sup>2</sup> Professor da Universidade Federal do Pará.

Variável dependente: déficit no atendimento do serviço de coleta de lixo doméstico por Estado. Esta variável foi tomada como a razão entre o número de domicílios que não possuem coleta de Lixo Doméstico e o número de domicílios totais.

Variáveis independentes: Produto Interno Bruto per capita dos Estados; densidade demográfica, representada pela razão entre a população residente e a área geográfica do Estado. Além destas, duas outras variáveis foram testadas: dispêndio por Estado com saneamento, como parcela percentual do PIB e nível de Desenvolvimento da População, representado pelo índice de Desenvolvimento Humano - IDH.

Os resultados, estatisticamente significantes, e que demonstraram ser os melhores resultados para fins de previsão, são apresentados abaixo:

$$\text{def} = 0,1338269 - 0,0005556 \text{ dens} + 602,70763 \frac{1}{\text{PIBPc}}$$

(3,00)                    (-2,54)                    (7,60)

$$R^2 = 0,828$$

$$F = 46,03$$

onde, def= déficit no atendimento da coleta de lixo doméstico.  
dens= densidade populacional.  
PIBPc= Produto Interno Bruto per capita.

obs.: estatísticas t-Student entre parênteses.

Pelos resultados obtidos, fica evidente que o déficit no atendimento é explicado satisfatoriamente pela densidade populacional e inverso do PIBPc dos Estados, o que é comprovado pela significância dos parâmetros ao nível de significância de 1%. Estas variáveis podem ser ditas como àquelas que definem satisfatoriamente o déficit no nível de atendimento, haja vista o valor obtido do coeficiente de determinação,  $R^2 = 0,88109$ , ou do Coeficiente de Determinação ajustado,  $R^2 = 0,82289$ .

Além disso, estes resultados corroboram as observações feitas Seroa da Mota (1996) e Diniz (1997), de que existe uma relação inversa entre os índices de atendimento e o nível de riqueza da população atendida, aqui evidenciado pelo Produto Interno Bruto per capita. Assim, quanto maior o PIB per capita do Estado, menor o déficit e, portanto, maior o nível de atendimento da coleta.

Por outro lado, também, se evidencia a relação negativa entre o déficit e a concentração populacional. Quanto mais povoado o Estado, representado pela densidade demográfica, menor será o déficit no serviço de coleta. Este resultado ressalta o fato de existirem Economias de Escala na Coleta dos Resíduos Sólidos Domésticos. Desta forma, quanto maior a concentração populacional, menores os custos médios envolvidos no serviço de coleta, o que aumenta a eficiência nos serviços oferecidos.

### Determinantes da Geração de Lixo no País

A indisponibilidade de informações (séries históricas) dificulta a determinação das variáveis que teriam relevância na geração de lixo no País, especialmente com relação à existência de estatísticas sobre a geração de lixo.

Todavia, com base em algumas informações disponíveis, procurou-se construir esta série e a partir dela verificar os determinantes da geração de lixo no País. Estes resultados são apresentados na Tabela 1.

A Tabela 1 mostra como os dados referentes ao lixo gerado foram construídos. Os procedimentos adotados foram os seguintes: a) adotou-se a série estatística da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 1989, fazendo, entretanto, alguns ajustes para aqueles dados que não pareciam corresponder à

realidade. No caso, as informações foram checadas com os órgãos de Limpeza Pública das capitais a que se referiam os dados; b) Para o ano citado (1989), tomaram-se os índices de cobertura<sup>3</sup> dos serviços de coleta das Regiões Metropolitanas e Estados, citados na Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio (PNAD-1989)<sup>4</sup>; c) com os índices de cobertura calculados, dividiu-se a quantidade coletada de lixo pelo respectivo índice de cobertura para cada Estado. O resultado foi, então, usado como a variável dependente do modelo.

TABELA 1. Geração de lixo segundo as capitais dos Estados (1989).

Capital	Coletado (t)	Índice de cobertura (%)	Lixo gerado (t)
Manaus	1550	0,80	1937,50
Belém	1033	0,84	1229,76
São Luís	350	0,32	1093,75
Terezina	186	0,38	581,25
Natal	632	0,69	915,94
João Pessoa	422	0,71	594,37
Maceió	450	0,63	714,25
Aracaju	500	0,64	781,25
Salvador	1500	0,72	2083,33
Belo Horizonte	1479	0,67	2207,46
Vitória	350	0,66	500,00
Rio de Janeiro	4030	0,69	5840,58
São Paulo	8834	0,95	9298,95
Curitiba	988	0,84	1176,19
Florianópolis	185	0,73	253,42
Porto Alegre	1741	0,85	2048,23
Campo Grande	247	0,78	316,67
Cuiabá	210	0,64	328,12
Goiânia	1050	0,67	1567,16
Brasília	843	0,93	906,45

Fonte: Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB (1989) e PNAD (1989) Tomos I, II, III, IV.

As variáveis explicativas foram escolhidas conforme o que é citado na literatura existente sobre o assunto como fator causal de determinação do lixo gerado. Assim pois, consideraram-se as seguintes variáveis<sup>5</sup>: a) população (residente); b) Renda per capita - adotando-se como proxy o Produto Interno Bruto per capita dos Estados; c) Nível de Instrução da População, adotando-se como variáveis testadas o "Índice de Instrução" e, mesmo, o "Índice de Desenvolvimento Humano - IDH".

Observa-se, ainda, que as variáveis população e PIB per capita, apresentavam elevada multicolinearidade, o que comprometia os resultados da regressão. Assim, a variável população foi substituída pela variável densidade populacional, segundo o que fora definido no modelo anterior.

A melhor fórmula funcional, para fins de previsão, e os resultados da regressão estatisticamente significantes, estimada pelo método dos mínimos quadrados, são apresentados abaixo:

$$\text{lixo ger} = 2554,88 + 0,296 \text{ dens} - 2,28 \text{ PIBPc} + 0,000523 \text{ PIBPc}^2$$

(2,90)            (-3,99)            (2,80)            (5,74)

$$R^2 = 0,895$$

$$F = 42,74$$

onde,  
lixo ger = lixo gerado segundo as capitais dos Estados  
dens = densidade populacional hab./km<sup>2</sup>  
PIBPc = Produto Interno Bruto per capita.

<sup>3</sup> O índice de cobertura é calculado como o número de domicílios com acesso ao serviço de coleta sob o número de domicílios totais.

<sup>4</sup> Foram adotados os seguintes procedimentos, a partir destas informações: i) Para os Estados que possuem Regiões Metropolitanas (PA, BA, BH, RJ, SP, PR, RS), adotou-se o índice de cobertura correspondente ao da Região Metropolitana; ii) para Brasília adotou-se o índice correspondente ao do Distrito Federal. Explica-se que este procedimento foi adotado porque os serviços de coleta que servem às capitais, têm, em geral, abrangência para as Regiões Metropolitanas. Daí, o índice de cobertura para a Região Metropolitana ser uma boa aproximação para os das respectivas capitais. De igual modo, o índice de cobertura do Distrito Federal, parece ser uma boa aproximação do de Brasília; iii) finalmente para os demais Estados, o procedimento adotado partiu da hipótese de que existe uma diferença entre o nível de atendimento para os Estados e para as suas respectivas capitais. Para se achar esta diferença utilizou-se a diferença média existente entre os nove Estados anteriores e suas respectivas Regiões Metropolitanas. O resultado obtido foi que, em média, o nível de atendimento nas Regiões Metropolitanas é 20% superior aos Estados. De posse desse resultado somou-se 20% ao nível de atendimento em cada Estado que não possuía Região Metropolitana.

<sup>5</sup> Com relação às variáveis selecionadas, ver por exemplo Beed & Bloom (1996).

Pelos resultados obtidos, fica evidente que o lixo gerado é explicado satisfatoriamente pela densidade populacional e PIB per capita dos Estados, o que é comprovado pela significância dos parâmetros ao nível de significância de 1%. Ademais, estas variáveis podem ser ditas como as determinantes do lixo gerado no País, pela relevância do coeficiente de determinação  $R^2 = 0,895$  e mesmo do coeficiente de determinação ajustado  $R^2 = 0,874$ .

Os resultados obtidos indicam que a quantidade de lixo gerado é diretamente relacionada ao tamanho da população e, particularmente, com o grau de concentração populacional especificado pela variável densidade populacional. Esta definida como no modelo anterior, isto é, a razão entre a população residente na capital e área geográfica do município da capital. A variável densidade demográfica é usada, então, como proxy da população. De modo que, como a área geográfica do município permanece a mesma, o crescimento da densidade demográfica do município guarda a relação positiva entre o crescimento da população e a quantidade de lixo gerado.

Por outro lado, a quantidade de lixo gerada evidenciou uma relação quadrática com o PIB per capita. Assim, para valores baixos do PIB per capita, a relação com o lixo gerado é negativa, entretanto, para valores altos do PIB per capita, a relação com o lixo gerado é positiva.

Para as cidades com um baixo PIB per capita, um aumento do mesmo leva a um decréscimo do lixo gerado, fato que para ser melhor explicado precisaria de maiores investigações acerca das atividades econômicas

dessas capitais. Todavia, é importante se observar os seguintes elementos: em primeiro lugar, como a variável dependente é lixo gerado (em toneladas), originário de todas as atividades econômicas urbanas, o aumento do PIB per capita nestas cidades pode representar um maior desenvolvimento de atividades que geram menos lixo e assim o volume total do lixo diminua com o aumento do PIB per capita. Em segundo lugar, deve-se relevar os aspectos de natureza qualitativa do lixo, pois pode ocorrer uma mudança qualitativa no lixo gerado, em função do aumento do PIB per capita, o que afeta o peso específico do lixo gerado de cada unidade geradora, no caso pode diminuir, e assim pode ocorrer a diminuição da quantidade total de lixo gerado.

Não obstante, para as cidades com um alto PIB per capita, um aumento do PIB per capita leva a um acréscimo no lixo gerado, fato que pode ser explicado pela maior geração per capita para as faixas de renda mais altas<sup>6</sup>.

O importante com relação aos resultados dos dois modelos, é se poder chegar a uma estimativa aproximada da quantidade de resíduos que se deixa de coletar em um determinado período e, por essa via, ter-se uma noção das externalidades potenciais que serão geradas.

Para comprovar o que foi dito e admitindo a hipótese de que os parâmetros dos modelos permaneçam constantes no tempo, foi feita uma “simulação” dos resultados que seriam obtidos com os mesmos para duas capitais brasileiras: São Paulo e São Luís, com notadas diferenças quanto às variáveis consideradas nos modelos.

<sup>6</sup> Acerca da maior geração de lixo per capita para faixas de renda mais altas ver os resultados apresentados por Beed & Bloom, Op. cit.

### São Paulo: (ano de 1989)

Densidade Populacional do Estado:  
131,65 hab./km<sup>2</sup>

Densidade Populacional da Capital:  
7.194,94 hab./km<sup>2</sup>

PIB per capita: R\$5.897,13

#### Equação 1:

def. = 0,1338269 - 0,0005556 x 131,65 +  
602,70763 x 1/5.897,13

def. = 0,1338269 - 0,07314 + 0,10220

def. = 0,1628 ou 16,28 %

#### Equação 2:

lixo ger = 2.554,88 + 0,296 x 7.194,94 - 2,28  
[5.897,13] + 0,000523 [5.897,13]<sup>2</sup>

lixo ger = 2.554,88 + 2.129,70 - 13.445,45 +  
18.187,92

lixo ger = 9.490,05 t/dia.

Com os resultados dos dois modelos combinados ter-se-ia:

lixo não coletado = 0,1628 x 9.490,05 t/dia =  
1.544,98t/dia.

Cerca de 1.544,98 toneladas por dia não seriam coletadas e, portanto, causariam externalidades. Contabilizando este resultado em um ano, os resultados parecem mais relevantes:

1.544,98 t/dia x 365 dias = 563.917,70 t/ano.

Mais de 500 mil toneladas de lixo que vão causar as externalidades já descritas.

### São Luís: (ano de 1989)

Densidade Populacional do Estado:  
15,57 hab./km<sup>2</sup>

Densidade Populacional da Capital:  
750,656 hab./km<sup>2</sup>

PIB per capita: R\$1.194,32

#### Equação 1:

def. = 0,1338269 - 0,0005556 x 15,57 +  
602,70763 x  $\frac{1}{1.194,32}$

def. = 0,1338269 - 0,008650692 + 0,5046

def. = 0,6297 ou 62,97 %

#### Equação 2:

lixo ger = 2.554,88 + 0,296 x 750,656 - 2,28 [  
1.194,32] + 0,000523 [1.194,32]<sup>2</sup>

lixo ger = 2.554,88 + 222,194 - 2.723,04  
+ 746,0073

lixo ger = 800,041 t/dia.

Com os resultados combinados dos dois modelos ter-se-ia:

lixo não coletado = 0,6297 x 800,041 t/  
dia = 503,78 t/dia.

Cerca de 192 toneladas por dia não seriam coletadas e, portanto, causariam externalidades. Contabilizando este resultado em um ano:

503,78 t/dia x 365 = 183.881,81 t/ano.

O potencial de externalidades geradas seria de 183.881,81 t/ano.

Para se verificar a eficiência do modelo quanto à previsão realizada, calculou-se o erro percentual médio para cada um dos modelos com respeito às duas capitais consideradas.

TABELA 2. Erro percentual médio das variáveis dependentes dos modelos.

Variáveis/Capital	Real (1)	Previsto (2)	2/1	EPM*
def (%) / São Paulo	91	83,72	0,92	
def (%) / São Luís	87	62,97	0,71	0,18
lixo ger.(t) / São Paulo	9.289	9.490	1,02	
lixo ger.(t) / São Luís	1.093	800,041	0,73	0,14

Fonte: Dados da pesquisa.  
\* EPM - Erro Percentual Médio.

Verifica-se na Tabela 2 que o erro percentual médio entre o déficit (def) real e o estimado é de 0,18, enquanto que o erro percentual médio entre o lixo gerado (lixo ger.) real e o estimado é de 0,14.

Comparando os valores reais e os previstos apresentados na Tabela 2, percebe-se, também, que os modelos apresentam melhor previsão para a cidade com maior PIB per capita e maior densidade populacional.

## CONCLUSÃO

Os resultados dos dois modelos propostos neste trabalho: determinantes da coleta de resíduos sólidos domésticos e determinantes da geração de resíduos sólidos, possibilitam, quando usados em conjunto, se estimar a quantidade de lixo não coletado e dessa forma se ter uma aproximação das externalidades ambientais advindas dos resíduos sólidos. Apesar da deficiência dos dados, que impõem certos limites quanto à aplicação do modelo, fica, entretanto, uma alternativa para se estimar os resíduos não coletados pelas administrações municipais, a partir do uso dos modelos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL 1989. Suplemento. Rio de Janeiro, IBGE, 1990.
- BEED, D.; BLOOM, D. The economics of municipal solid waste. *The World Bank Research Observer*, 10 (2), ago. 1995, p. 113-150.
- CEMPRE. COMPROMISSO EMPRESARIAL DA RECICLAGEM; INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). *Manual de gerenciamento integrado*. Rio de Janeiro, 1994.
- DINIZ, M. B. *Resíduos sólidos: uma abordagem da economia ambiental dos métodos de tratamento*. Fortaleza, CAEN/UFC, 1996. (Dissertação de Mestrado)
- INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL (IBAM); CENTRO DE ESTUDOS E PESQUISAS URBANAS (CPV); NÚCLEO DE MEIO AMBIENTE URBANO. *Consulta nacional sobre gestão do saneamento e do meio ambiente urbano: relatório síntese das consultas locais*. São Paulo, 1994.
- IBGE. *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio (PNAD) - 1989*. Rio de Janeiro, 1990. Tomos 1, 2, 3, 4.
- IBGE. *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB)*. Rio de Janeiro, 1992.
- IBGE. *Áreas municipais por unidade da federação. Quadro territorial vigente em 31 de dezembro de 1993*. Rio de Janeiro, 1995.
- IBGE. *Pesquisa Nacional Por Amostra de Domicílio. Síntese dos Indicadores 1993, Brasil*. Rio de Janeiro, 1994.
- IBGE. *Pesquisa Nacional Por Amostra de Domicílio. Síntese dos Indicadores 1995, Brasil*. Rio de Janeiro, 1996.
- IBGE. *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio (PNAD) - 1995*. Rio de Janeiro, 1996.
- PEARCE, D.; BRISSON, I. The economics of waste management. In: HSTER, R. & HARRISON, R. *Issues in Environmental Science and Technology*, n.3, 1995. (Reimpresso de: Waste Treatment Disposal).
- SEROA DA MOTTA, R. *Indicadores ambientais no Brasil: aspectos ecológicos, de eficiência e distributivos*. IPEA/DIPES, Rio de Janeiro, 1996. (Texto para discussão n. 403).

# MEIO AMBIENTE E POLUIÇÃO EM BELÉM, PARÁ: CONTRASTES E DIVERSIDADE ENTRE OS BAIRROS

Agnès Serre<sup>1</sup>

**Resumo:** Coleta seletiva do lixo, reciclagem de detritos recolhidos, e conscientização do meio ambiente são temas que normalmente estão sendo discutidos em relação à crescente produção de detritos das cidades. A situação é particularmente crítica no Terceiro Mundo, onde estão concentradas as maiores aglomerações que não adotaram ou não adotam os meios para resolver o problema. A partir de um estudo realizado em Belém, cidade brasileira, capital da Amazônia Oriental e que conta com um pouco menos de dois milhões de habitantes, este artigo descreve o estilo de vida nos bairros, relacionando infraestrutura, meio ambiente e poluição urbana. A grande quantidade e a presença marcante de detritos urbanos deveriam conduzir o governo municipal a implantar um sistema de eliminação ou reciclagem a ser elaborado em parceria com a sociedade civil.

**Palavras-chave:** Amazônia, Belém, detritos urbanos, saneamento, urbanização, governo municipal, sistema associativo.

## INTRODUÇÃO

Águas servidas, lixo doméstico e detritos industriais, entulhos e resíduos diversos da atividade humana são gerados dentro do contexto das políticas urbanas de organização implantadas pelos governos municipais. Em Belém, as políticas variam em função das épocas. Com efeito, no início do século XX, a cidade de Belém, preocupada com seu ambiente, construiu numerosos passeios públicos, praças e espaço verde, e adotou um forno incinerador para eliminar seus detritos, um dos primeiros da América Latina, o que deu inclusive nome a um bairro, Cremação (Penteado, 1968). Atualmente, a situação é diferente: nem 6% da população está ligada a

uma rede de esgotos, 75% da população utiliza um sistema único de fossas sépticas, cujos canos de escoamento são ligados às galerias das águas das chuvas e 19% da população joga seus detritos diretamente no solo (Plano Diretor Urbano, 1993). Em meio a tais condições, os cursos d'água transformaram-se em verdadeiros esgotos a céu aberto e uma boa parte da cidade é responsável por uma grande produção de detritos, ainda que a situação tenha tendência a melhorar.

Por outro lado, parece que no caso da cidade de Belém, localizada em um ambiente natural ecologicamente muito rico, ainda que frágil, a poluição urbana surge particularmente nefasta em termos de degradação da

---

<sup>1</sup>Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, Centre de Recherches sur le Brésil Contemporain/UFPa-NAEA.

biodiversidade e de rupturas dos equilíbrios naturais. Inclusive, a questão gira em torno de:

– A partir de uma avaliação da situação atual, quais são os sistemas de eliminação do lixo nos diferentes bairros,

– Quais são as medidas adequadas a serem tomadas para limitar a poluição, utilizando-se de maneira racional os recursos humanos e financeiros disponíveis?

## MATERIAL E MÉTODOS

Administrativamente a Região Metropolitana de Belém (RMB) engloba dois municípios: Belém e Ananindeua, administrados de forma independente sob uma coordenação dentro do contexto da RMB. Desde a lei municipal nº 7. 682, emitida em 1994, o município de Belém divide-se em oito distritos administrativos, dos quais seis foram contemplados por este estudo. Os dois outros não foram incluídos por corresponderem a ilhas. Devido ao caráter rural e ao distanciamento, eles não estão submetidos às mesmas estratégias de ocupação do solo. Os seis distritos que correspondem à parte continental do município de Belém dividem-se em bairros. Note-se que os distritos, não reconhecidos em nível federal, não levam em conta a divisão municipal existente. O Mapa 1 apresenta os municípios e os distritos da RMB.

Os resultados apresentados baseiam-se em dados de um estudo realizado entre 1994 e 1996 nos 44 bairros de Belém, que visam estabelecer um diagnóstico da situação urbana global e de bairro por bairro. Uma modificação dos limites municipais é devida à diferença entre o número de bairros estudados e o número considerado de bairros atualmente em vigor.

A realização dos levantamentos desta pesquisa foi beneficiada pela grande colaboração de duas entidades de Belém que englobam dentro de um sistema federativo algumas dezenas de associações de habitantes:

a Comissão dos Bairros de Belém (CBB) e a Federação Metropolitana das Associações de Moradores e dos Centros Comunitários (FMAMCC). Assim, a grande maioria dos interlocutores são os responsáveis pelas associações, centros comunitários e escolas. A informação coletada diz respeito ao habitat, equipamentos coletivos, infra-estrutura de limpeza das ruas e calçadas, acessibilidade e sistema de transporte, assim como à organização social, a fim de avaliar o número e o papel das diversas associações.

Entende-se por equipamentos coletivos, as redes de água e de eletricidade, o sistema de eliminação de dejetos e os órgãos especializados relativos à saúde, educação, lazer e administração. Em matéria de urbanismo, a eliminação de dejetos realiza-se, a princípio, em função da natureza destes últimos: dejetos líquidos, as águas servidas, ou dejetos sólidos, o lixo doméstico e os detritos industriais. Os primeiros são evacuados por um sistema de saneamento chamado comumente de esgoto. Os outros são objeto de coleta de rua e, na melhor das hipóteses, de um tratamento para facilitar a própria reciclagem ou armazenamento.

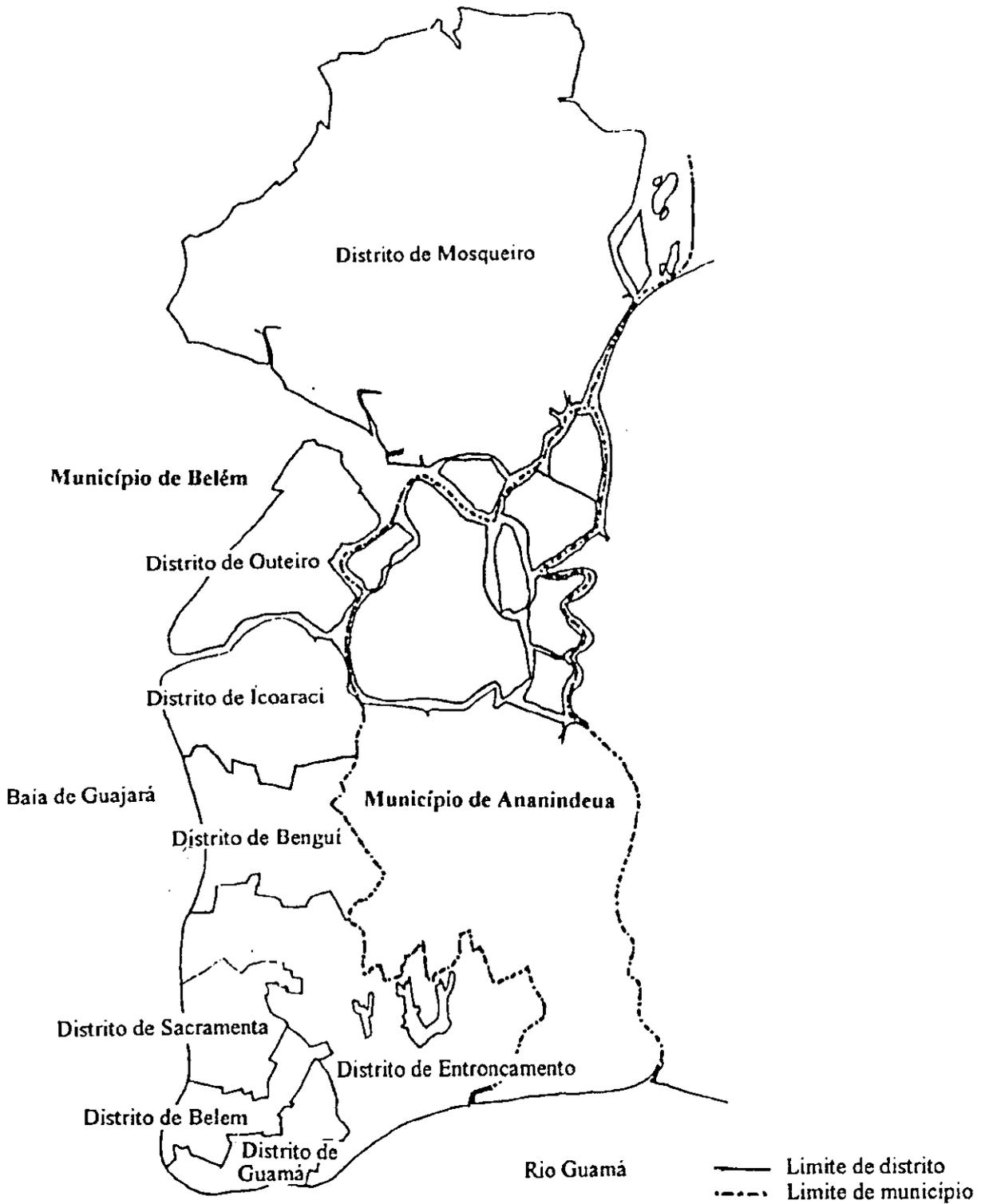
Do questionário geral foram registrados os seguintes elementos (tópicos):

– a identificação do bairro: localização, superfície, história, principais tipos de habitação, acessibilidade e nível de serviço regular de transporte,

– o nível de saneamento, isto é, a coleta, o tratamento e a restituição ao meio natural das águas poluídas pelas atividades humanas,

– a coleta e a eliminação do lixo doméstico e a destinação deste em caso de não haver coleta,

– a organização física do bairro compreendendo um inventário descritivo das subunidades dos bairros.



MAPA 1. Municípios e distritos da Região Metropolitana de Belém.

Uma tipologia dos bairros de Belém foi elaborada a partir de uma análise fatorial das correspondências (AFC) e de uma classificação ascendente hierárquica (CAH). A definição dos tipos baseia-se nas características do modo de ocupação do solo predominante em cada bairro.

## RESULTADOS

A análise dos dados coletados ao longo do estudo leva a dois tipos de resultados em relação à administração do lixo. O primeiro diz respeito à coleta e à eliminação do lixo doméstico nos diferentes bairros de Belém. O segundo diz respeito ao destino do lixo doméstico e detritos industriais, sólidos e líquidos.

1. Um sistema heterogêneo de coleta de dejetos em escala municipal e que reflete o nível de equipamento coletivo dos bairros

Uma representação gráfica da tipologia dos bairros de Belém é demonstrada na Fig. 1. Trinta variáveis foram identificadas para construir esta tipologia: as modalidades das variáveis ativas de AFC utilizadas e a localização da mesmas estão representadas na Fig. 2. Constata-se que o eixo 1, que explica mais de um terço da variância total, caracteriza o nível de equipamento. Ele diferencia os bairros melhor equipados e os mais antigos, situados à esquerda do eixo dos bairros desprovidos de equipamento, os mais novos situados à direita do eixo. O nível de equipamento constitui, então, um critério considerável e significativo de diferenciação. Sabe-se que estão envolvidas na análise as seguintes variáveis: o acesso à água corrente (encanada), o ambiente comercial, o sistema de saneamento, a existência de um sistema de coleta de detritos

domésticos, assim como os equipamentos escolares e de saúde.

Para informação, é mencionado que o segundo eixo caracteriza a densidade de população fortemente correlacionada com o número de associações que coloca em oposição os bairros populares fortemente povoados (tendência horizontal) e os bairros chiques de menor densidade populacional (tendência vertical).

Os seis tipos de bairros apresentam uma grande disparidade quanto ao tipo e forma de habitação, ao estilo de vida, ao seu entorno e à administração do lixo doméstico como indicada na seguinte descrição por tipo. O Mapa 2 indica a localização de cada um destes tipos.

### **Tipo 1. Residencial burguês (oito bairros, 18%)**

As características dos bairros deste primeiro tipo são: de localização central, existência relativamente longa, habitação geralmente de boa qualidade e um nível de equipamentos coletivos satisfatório e excelente para a região. Nestes bairros, que constituem o centro histórico e o centro econômico de Belém, a habitação é em parte vertical, prédios de 12 a 25 andares, e em parte horizontal, casas coloniais e casas individuais de construção moderna. O sistema de eliminação de dejetos líquidos e sólidos pode ser considerado correto. Com efeito, grande parte destes bairros beneficia-se de um sistema de saneamento, esgoto subterrâneo ou a céu aberto, e de uma coleta das lixeiras efetuada todos os dias de forma regular. Nos arredores de mercados e feiras, caçambas são mantidas, e tanto a coleta como a limpeza estão garantidas cotidianamente.

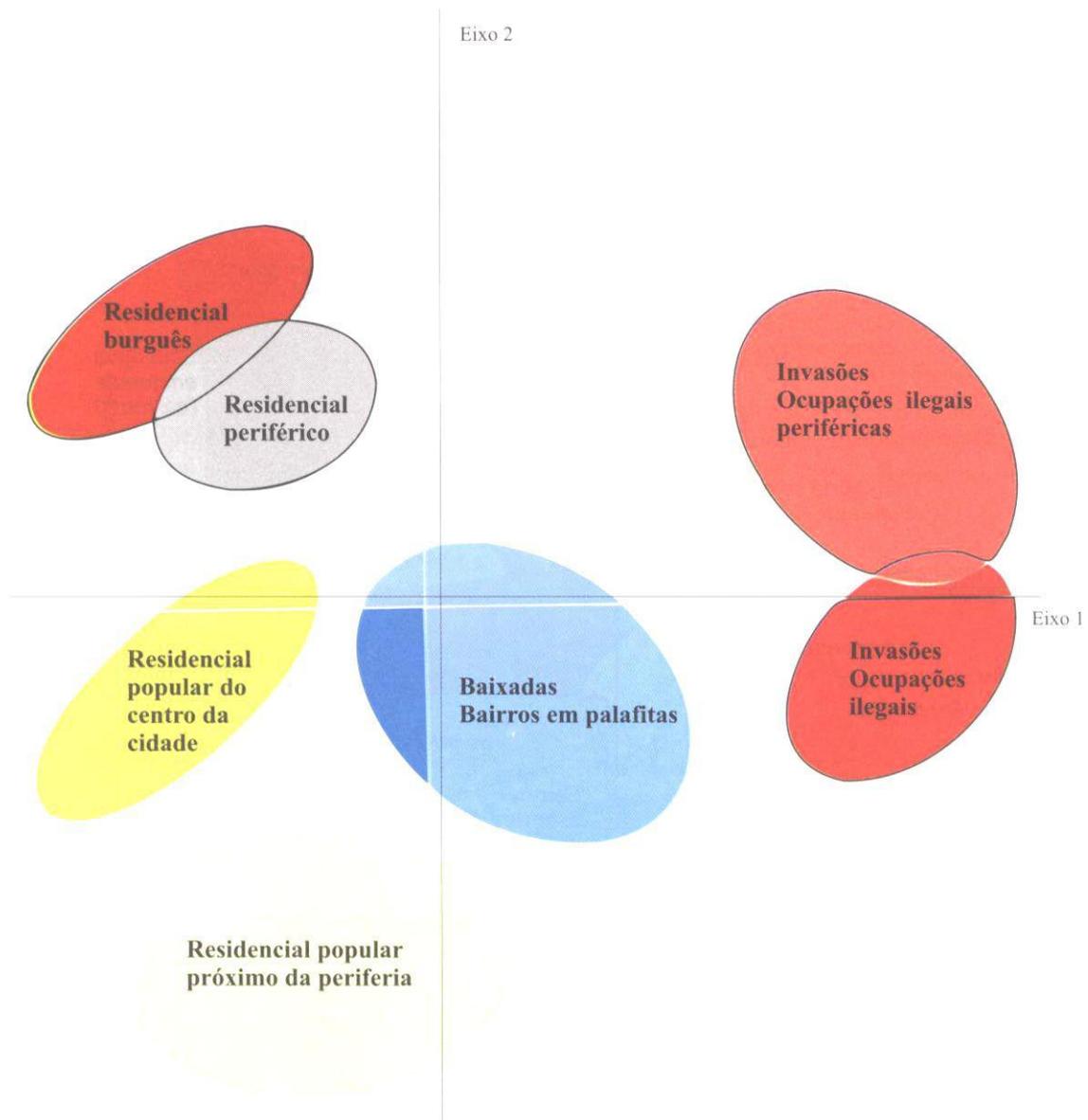


FIG. 1 - Tipos de bairros em função das variáveis ativas no plano fatorial 1 e 2.

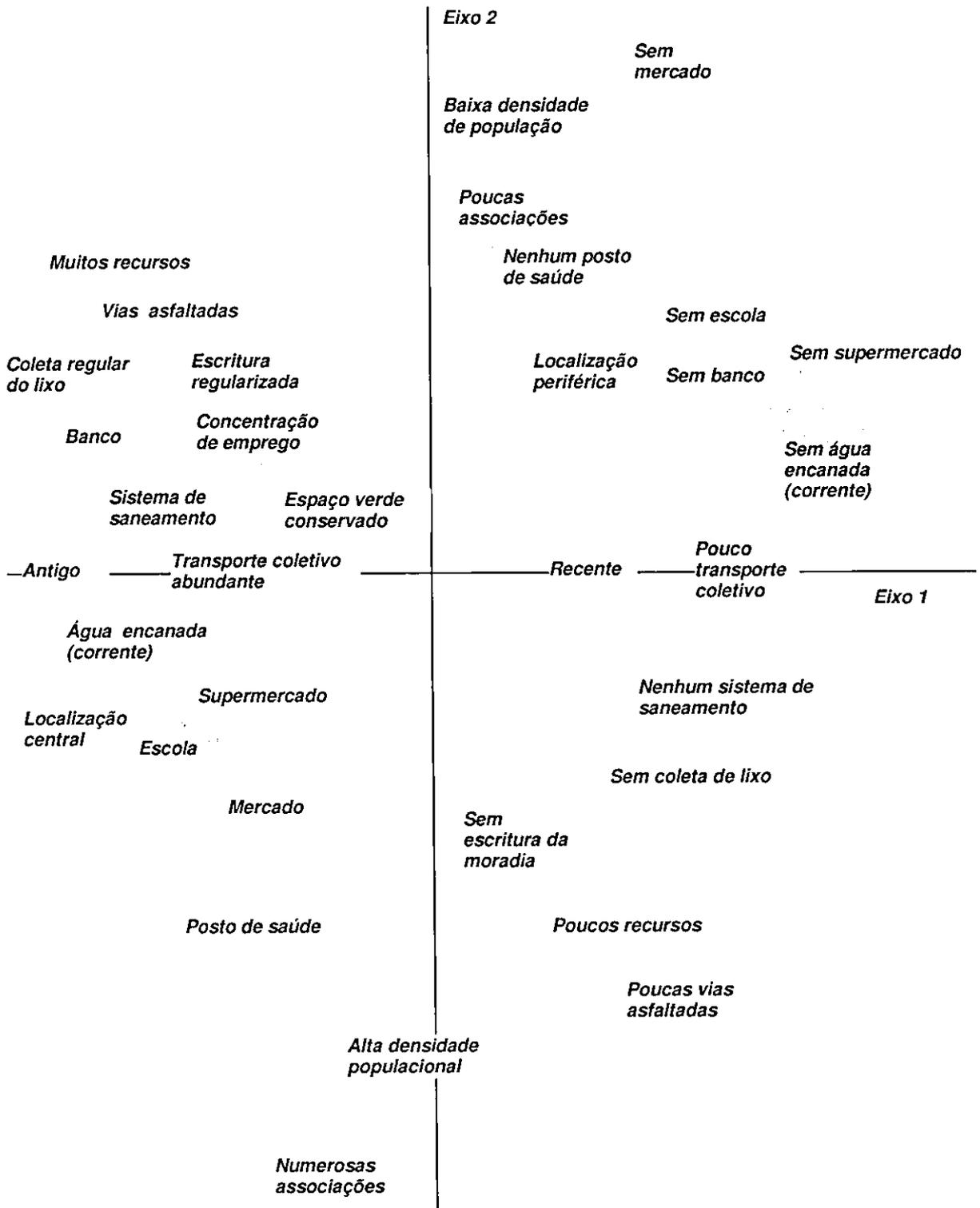


FIG. 2. Modalidades das variáveis ativas no plano fatorial 1 e 2.



## **Tipo 2. Residencial popular do centro da cidade (cinco bairros, 11%)**

Estes bairros têm igualmente uma localização central e são de fácil acesso. Entretanto, eles são claramente menos bem servidos do que aqueles do tipo precedente. A infra-estrutura e os equipamentos coletivos são geralmente satisfatórios, em número suficiente para responder à demanda da população residente. A habitação predominante é horizontal, ainda que estejam sendo construídos cada vez mais prédios de 10 a 15 andares. A coleta do lixo é regular nos grandes eixos de circulação, e esporádica nas zonas menos centrais. A limpeza dos mercados e feiras deixa às vezes a desejar. Nota-se nestes bairros a presença de algumas ilhotas de habitações precárias nos arredores de canais de água não canalizados. Estes últimos, verdadeiros depósitos a céu aberto chegam dificilmente a evacuar o conjunto dos dejetos, pois não são limpos nem tratados. Enquanto não se tem a canalização desses canais, que será acompanhada pela organização destas ilhotas de insalubridade, as redes de água e de esgoto, assim como o nível de higiene e as infra-estruturas de transporte, são particularmente críticas e deficientes.

## **Tipo 3. Residencial popular próximo da periferia (oito bairros, 18%)**

Este tipo engloba os bairros contemporâneos, relativamente distantes do centro da cidade e nem sempre bem servido em transporte coletivo. A habitação é principalmente individual e o nível da infra-estrutura é

médio ou mesmo baixo. As conseqüências desta localização periférica e deste isolamento são numerosas: a falta de manutenção da infra-estrutura de vias públicas que estão freqüentemente prejudicadas até mesmo impraticáveis, sobretudo na estação de chuvas, a falta de equipamentos coletivos, principalmente escolas e postos de saúde, um mau serviço de transporte interno que transforma as zonas mais periféricas em verdadeiras áreas marginalizadas e isoladas, a falta de lojas e de áreas de movimentação, a irregularidade da coleta do lixo, raramente mais de uma vez por semana na melhor das hipóteses e também a ausência de um sistema de saneamento.

## **Tipo 4. Bairros em palafitas, “baixadas” (sete bairros, 16%)**

Entende-se por baixadas, os bairros situados em terrenos inundáveis ou regularmente inundados de acordo com as marés. Trata-se de bairros tradicionalmente construídos sobre palafitas que são progressivamente edificados de acordo com as políticas urbanas e iniciativas pessoais da população.

Situados no perímetro da primeira Léguas patrimonial<sup>1</sup>, próximo, então, do centro, foi invadido no início dos anos 60 pelas famílias pobres sem possibilidades de acesso ao mercado imobiliário. A habitação é de madeira, construída rapidamente, seja diretamente sobre argila recoberta de aterro, seja em palafitas, sobre os terrenos inundáveis para onde escoam os esgotos das áreas mais elevadas. Circular nesses bairros é às vezes perigoso pois as estivas

<sup>1</sup> A primeira léguas patrimonial é o espaço concedido para a cidade de Belém pela Coroa Portuguesa através da Carta de Doação e Sesmarias em 1º de setembro de 1627. Ela corresponde às terras compreendidas dentro de um raio de 6 quilômetros cujo centro era o Forte de Presépio, os limites atuais são aproximadamente as avenidas Dr. Freitas e Perimetral.

de madeira não são consertadas regularmente. Sobre determinadas partes mais secas, ao longo do tempo, por todo tipo de entulho - pedras, detritos diversos, lixo doméstico, grãos de açai provenientes deste fruto de palmeira que, por um sistema de ralação, promove um caldo bastante apreciado e popular....-, casas de alvenaria foram construídas, mas é bastante comum elas se afundarem progressivamente no solo em função de infiltrações. A rede elétrica é em grande parte precária. A situação da rede de água não é melhor. Frequentemente são vistas canalizações danificadas abaixo das passarelas, sujeitas ao choque com as águas do rio quando das marés altas. O único sistema de saneamento consiste em evacuar as águas servidas diretamente abaixo das casas. A coleta do lixo é esporádica nos grandes eixos. É praticamente impossível realizá-la nas zonas acessíveis pelas passarelas. Caçambas são às vezes colocadas no limite das baixadas, mas não chegam necessariamente a ser sempre recolhidas. Concluindo, a ausência total de um sistema de saneamento combinada com uma coleta esporádica do lixo fazem com que estes bairros apresentem um nível de insalubridade elevado.

#### **Tipo 5. Ocupações ilegais, invasões (onze bairros, 11%)**

Entende-se por invasões, as ocupações ilegais de terrenos, frequentemente de áreas de floresta primária ou secundária, que se traduzem pela construção em alguns dias de várias dezenas de barracos de madeira habitados frequentemente por famílias sem recursos. As invasões ganharam bastante vulto e transformaram-se em um verdadeiro modo de urbanização em Belém. Uma invasão caracteriza-se por habitações precárias, população de poucos recursos e sem emprego regular e uma ausência total de infra-estrutura

e de equipamento coletivo. Nenhum sistema durável e eficaz de coleta do lixo doméstico ou de saneamento foi registrado nesses bairros.

#### **Tipo 6. Residencial periférico (cinco bairros, 11%)**

Este tipo compreende os bairros conhecidos localmente sob o nome de Icoroaci. Além da particularidade de uma localização periférica em relação ao centro de Belém e uma identidade municipal, estes bairros caracterizam-se por habitações individuais, um nível de infra-estrutura e de equipamentos relativamente satisfatório, mas por um sistema de transporte insuficiente. Sua estrutura urbana manifesta um esquema de conjunto coerente que data da segunda metade do século XX com blocos regulares de casas separadas por ruas e largas avenidas perpendiculares. A eliminação de dejetos é realizada de forma regular nas grandes avenidas, e o saneamento realiza-se por uma rede de canalizações que lança as águas servidas no rio que contorna a parte norte da “quase-ilha” (município de Belém).

Pode-se extrair desta descrição que a cidade de Belém não se beneficia de um sistema homogêneo de eliminação de dejetos. Está condicionado pelo nível de equipamento do bairro: quanto mais um bairro é equipado, melhor é seu sistema de eliminação e evacuação, e inversamente, os bairros sem nenhum equipamento de base não se beneficiam por nenhum sistema de eliminação de dejetos.

#### **Alternativas implantadas pela população para eliminar o lixo doméstico**

Pode-se, então, considerar que os poderes públicos garantem a eliminação de dejetos em aproximadamente 40% dos bairros de Belém, de maneira correta nos bairros do tipo

“Residencial burguês” e de maneira satisfatória naqueles do tipo “Residencial popular do centro da cidade” e “Residencial periférico” exceto em algumas ilhotas de insalubridade já mencionadas. Por outro lado, para os outros tipos, equivalendo a aproximadamente 2/3 dos bairros, salvo a coleta efetuada ao longo das grandes vias, o problema da eliminação do lixo é total. Também, para enfrentá-lo, a população destes bairros adotam diversas práticas que não são satisfatórias a longo prazo, mas que trazem uma solução imediata, podendo-se ver aqui a descrição tipo por tipo.

Nos bairros do tipo 1 e 2, o problema de eliminação dos dejetos pelas famílias não existe portanto, já que a coleta do lixo é regular nesses bairros. Nota-se que, em geral, o lixo doméstico é estocado em sacos de plástico de supermercados. Seu condicionamento não é bem adaptado, sendo freqüentemente considerado pequeno demais. Mas é interessante se ver nestas práticas a emergência de uma reciclagem.

Nos outros tipos, os dejetos acumulam-se geralmente em via pública, ao longo das vias, o mais longe das casas na medida do possível e em função do espaço disponível. Formando dispersos amontoados, o lixo doméstico é coletado certas vezes, no melhor dos casos, duas a três vezes por semana. Em função do mau condicionamento, a sujeira dos bueiros é grande. Inclusive, dificilmente a totalidade desses entulhos e amontoados de lixo é coletada.

Nas baixadas, o lixo doméstico é igualmente coletado em sacos de plástico. Se uma caçamba de coleta municipal é depositada numa grande via, as famílias que residem na proximidade irão lá depositar seus sacos de lixo. Uma vez cheia a caçamba, e se ela não foi

recolhida, as famílias do perímetro envolvidas não farão mais o esforço de levar seus dejetos. Chega mesmo a acontecer que alguém coloque fogo para desocupar o espaço, mesmo se, no geral, nas baixadas onde tudo é de madeira, a população consciente do perigo que o fogo representa, adote esta solução altamente arriscada. Na ausência de caçambas, um membro da família pode jogar o saco de lixo, na água, por cima de uma passarela sobre o caminho utilizado para sair da baixada. Às vezes, ele pode preferir jogá-lo no canal principal ou ainda deixá-lo nos espaços livres e reservados para a construção de futuras vias. Em certos casos, o saco será simplesmente estocado atrás da casa, sedimentando, assim, o terreno inundado. Enfim, em certas casas, o lixo doméstico é jogado diretamente pela janela da cozinha, especialmente se esta está voltada para o lado ou para trás da casa. As famílias que têm galinhas ou porcos em pequenas áreas construídas (espécie de gaiolas) perto da cozinha sobre as palafitas, realizam uma triagem seletiva dos dejetos, e utilizam os resíduos alimentares para alimentar os animais. Na maré baixa, os animais circulam livremente sob as casas à procura de seu alimento nas diversas zonas individuais e coletivas. Eles podem, a todo momento, voltar para suas gaiolas munidas de rampas de acesso. Outras famílias que residem nos terrenos inundáveis compram ou procuram restos de demolição e outros dejetos sólidos ou semi-sólidos, para estruturar o acesso ou os arredores de suas casas.

Nas invasões, o lixo doméstico é colocado em sacos e depositado em amontoados nas grandes vias de circulação à espera da eventual passagem de um caminhão de lixo. Caso o caminhão demore, freqüentemente o lixo é queimado. Às vezes duas ou três famílias juntam-se e queimam-no em via pública perto

de suas casas. Nas zonas mais periféricas, à margem de floresta ou no fim da rua, freqüentemente se vê grandes “lixões”. Estes às vezes acumulam dejetos industriais abandonados pelas empresas.

Na ausência de qualquer sistema de saneamento nas baixadas, os resíduos líquidos são lançados diretamente sob as casas, seja no canal de água, seja no solo freqüentemente inundado. Assim, pode-se considerar que as baixadas situadas sobre o rio são melhor servidas já que a maré se encarrega da evacuação dos dejetos. Por outro lado, nas invasões, não existe nenhum paliativo eficaz para suportar a ausência de saneamento: em geral, os banheiros correspondem a um buraco feito no quintal, as águas servidas, um canal de água que corre ao longo do terreno. Às vezes, certas famílias prolongam o curso da água servida para um cano que chega em um outro canal de água. Outras se contentam em lançá-las diretamente em seus quintais. Nos melhores casos, um buraco de vários metros é cavado a fim de ser utilizado como fossa séptica.

Paralelamente às alternativas individuais adotadas pelos habitantes, ações coletivas são organizadas por associações ou por centros comunitários para eliminar os dejetos. Algumas dentre elas consistem em organizar, junto aos habitantes, um dia de coleta e de eliminação de dejetos dispersos em um perímetro pré-definido. De porte limitado, tais coletas são realizadas no âmbito de uma rua e de suas vias adjacentes. Uma vez recolhidos os detritos, estes serão queimados. Outras limitam-se a campanhas de informação e de educação da população sobre estes temas. Enfim, outras reuniões buscam a participação efetiva da governo municipal. Sua legitimidade baseia-se nos artigos 119 / III, IV do Plano Diretor de

Belém (1993), os quais indicam que cabe ao governo municipal implantar uma política de reestruturação e organização em matéria de saneamento e de limpeza urbana. Ao longo destas reuniões, uma apresentação da situação do lixo, seja em uma ou em outra parte do bairro, é feita com o apoio de uma montagem fotográfica. O objetivo essencial é o de adquirir poder público para a adoção de medidas eficazes que deverão promover rápida melhoria da situação.

Diferentemente das medidas individuais, o objetivo destas ações coletivas é duplo: iniciar a limpeza das ruas melhorando assim a qualidade de vida desta população e permitir aos habitantes de tomar consciência não somente de seu direito em face dos políticos eleitos, mas também de seu dever quanto à preservação do ambiente.

### **O destino dos dejetos após serem retirados dos bairros**

O transporte de dejetos é feito por companhias privadas. É realizado por caminhões de lixo, caminhões-caçamba ou caminhões porta-caçamba. Transportados pelos dois últimos tipos, não é raro sacos de lixo caírem nas ruas quando de seu transporte, sem falar dos fortes odores que exalam esta carga. Estes incidentes estão relacionados com o mau acondicionamento do lixo e à localização distante do depósito geral de lixo. Os dejetos são encaminhados para serem estocados em um complexo de uma centena de hectares chamado Santana do Aurá, situado na saída de Belém na rodovia BR 316, Km 6. O projeto inicial compreendia duas usinas, uma de incineração de dejetos de alto risco (dejetos hospitalares) e outra de reciclagem e de compostagem, um aterro sanitário e duas áreas de decantação.

Parece que o sistema atual limita-se em estender uma camada de 50 centímetros de terra para recobrir cada camada de três metros de dejetos, assim como para as áreas utilizadas para o tratamento do chorume emitido quando da decomposição dos dejetos. Juntamente a isso, segundo a Secretaria Municipal de Saneamento (SESAN), o complexo de Aurá já teria atingido seus limites de capacidade de armazenamento e de tratamento dos dejetos. O governo municipal, dentro do contexto da RMB, deve então encontrar rapidamente novas soluções para resolver o problema de eliminação do lixo.

A rede de saneamento de Belém é uma rede de esgotos que mal cobre 6% do município de Belém e lança as águas servidas, sem nenhum tratamento, na baía do Guajará. Também a maior parte das águas servidas alcançam igualmente o rio sem tratamento prévio, seja pelo meio indireto da afluência de diversos canais de água naturais, seja pela infiltração pelo solo.

## DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

A diversidade da situação entre os bairros, especialmente em matéria de coleta do lixo doméstico, e a existência de um problema geral de estocagem e de eliminação dos dejetos em uma escala de aglomeração de pessoas, leva a diferenciar dois níveis de intervenção: o bairro e a aglomeração.

### **Necessidade de uma reflexão específica para cada bairro**

Em face da diversidade das situações, não chega a ser realista se aplicarem as mesmas medidas em todos os bairros do município de Belém. Nas baixadas, onde vivem quase um terço da população da cidade, o problema principal é a dificuldade de acesso dos

caminhões de lixo. A coleta racional dos dejetos passa pela melhoria das infra-estruturas de vias públicas juntamente pela implantação de serviço de caçambas que devem ser fechadas regularmente perto das zonas ainda inacessíveis. Além disso, seria imperativo se organizar uma campanha de sensibilização e de formação junto à população envolvida do tipo "Saneamento Participativo".

Para os bairros do tipo invasões e residencial popular próximo à periferia, o problema é diferente: melhorar sua acessibilidade é uma coisa, mas a coleta regular parece ser uma medida primordial. Enfim, medidas coercitivas deveriam ser tomadas para limitar o grande amontoamento especialmente em matéria de dejetos industriais.

Além do mais, a partir dos resultados de uma segunda enquête feita em oito bairros representativos dos tipos expostos acima, o sistema associativo é relativamente desenvolvido, particularmente nos bairros populares. É preciso então explorá-lo tanto para a formação como para organizar coletas seletivas. Ele agrupa numerosas associações e centros comunitários, cuja maioria registrada é de nível municipal ou regional. Uma parte dentre eles não está mais em atividade, mas geralmente souberam conservar uma identidade e um reconhecimento do bairro. A título indicativo, em 209 organizações sociais registradas nos oito bairros desfavorecidos, foi possível encontrar 143 responsáveis de associações, sendo que mais da metade estão em atividade. Associações culturais ou esportivas, rádio de bairro, grupos de mulheres ou de jovens, são intermediários entre o poder público e os habitantes destes bairros. Estas possibilidades de apoio existem e podem ser utilizados para animar reuniões, cujos temas retomam elementos-chave de vulgarização de uma política coerente de coleta,

de eliminação e de reciclagem do lixo. Informar, educar e promover a conscientização dos habitantes de seu papel no destino dos dejetos devem ser os temas principais destas reuniões. Será preciso igualmente recolher as diferentes formas de ver as opiniões e as propostas feitas pela população de forma a garantir uma real participação. Entretanto, para alcançar um máximo de adesão, duas condições devem ser satisfeitas: informar nas reuniões medidas efetivas adotadas pelo poder público para resolver o problema do lixo nesses bairros e motivar financeiramente os intermediários, remunerando-os.

### **Uma política comum para a Região Metropolitana**

Está escrito no artigo 119/ IV do Plano Diretor de Belém: “O sistema de tratamento deverá ser implantado em nível metropolitano, na forma de Convênio entre os municípios ...”.

A intermunicipalidade em matéria de gestão dos dejetos está então inscrita nos textos.

Com efeito, os dois municípios de Belém e Ananindeua são limítrofes e têm saídas muito ligadas. Ananindeua, cuja urbanização linear se fez ao longo do eixo principal BR-316, é a periferia-dormitório de Belém. Ele alberga também as indústrias que, em função de certos poluentes, não puderam se implantar em Belém. Além do mais, Ananindeua tem um papel chave para uma parte do fornecimento alimentar de Belém, por meio de seus numerosos hortifrutigranjeiros. Belém cresce então além de seus limites, os diversos estabelecimentos ou indústrias que o município não deseja integrar em seu território. De acordo com suas funções complementares, os dois municípios estão então envolvidos também, tanto pelo transporte e tratamento do lixo

doméstico, como pela preservação do meio ambiente. É então necessário se definir uma política comum em matéria de evacuação, de eliminação e de reciclagem do lixo.

As ações a serem tomadas conjuntamente poderiam ser as seguintes:

- Implantação de uma política comum de coleta e de eliminação de dejetos urbanos. Tanto na fase de elaboração como na de aplicação, ela deverá se realizar em colaboração com a sociedade civil. Uma de suas prioridades será a de encontrar uma solução comum para reestruturar Aurá.

- Sensibilizar a opinião pública com campanhas de informação, de sensibilização e de educação, a fim de facilitar o trabalho de coleta e diminuir o custo da eliminação de dejetos dos bairros.

- Coleta seletiva do lixo a ser implantada em escolas, hospitais, restaurantes, supermercados e centros comerciais.

- Mobilização de meios financeiros e realização de economia de escala, graças à esta colaboração.

- Formação do pessoal para a coleta e estocagem dos dejetos de modo a valorizar esta tarefa.

Favorecer a reciclagem dos resíduos sólidos em função de sua natureza. Com efeito, a recuperação racional de dejetos urbanos, sobretudo metais, vidro, tecidos, papel, pode ser uma fonte importante de economia de matérias-primas e de energia. As matérias combustíveis poderiam ser queimadas em centrais para produzir eletricidade. As matérias deterioráveis ou orgânicas poderiam ser submetidas à fermentação ou compostagem e servir para a agricultura como adubo orgânico.

Os metais ou ferragens podem ser separados por uma triagem magnética e serem fundidos e reutilizados.

Entretanto, em face da situação atual, a implantação de tal política não poderia ser feita sem encontrar os seguintes obstáculos: a não alocação ou a falta de recursos públicos previstos para esse fim; a falta de vontade dos eleitos quanto à execução destes projetos precisos; a falta de educação da população, todo mundo estando envolvido no problema, aquele que joga papel pelo vidro de seu carro da mesma forma do que aquele que abandona na sarjeta seus cestos de lixo ou a empresa que se desembaraça de seus dejetos em via pública; a baixa qualificação dos técnicos que trabalham nesta área e o nível dos salários; a legislação frequentemente não adaptada, obsoleta, que não encoraja fiscalmente as empresas que desejam preservar o ambiente.

Todos estes limites permanecem em suspenso e mostram bem o quanto a tarefa do poder público é complexa para se implantar uma política de reciclagem dos dejetos urbanos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BECHARA e SILVA, E. *Uma contribuição ao estudo do problema na Região metropolitana de Belém*. Brasília, 1993. Tese Mestrado.
- Lei nº 7. 603 de 13 de janeiro de 1993. *Plano Diretor do Município de Belém e da outras providências*". Belém, Diário Oficial do Município de Belém, 13 janeiro de 1993, nº 7 434.
- Lei nº 7. 682 de 5 de janeiro de 1994. *Regionalização administrativa do município de Belém*. Diário Oficial do município de Belém, 11 de janeiro de 1994, nº 7 680.
- Lei nº 7. 806 de 30 de julho de 1996. *Delimita as áreas que compõem os bairros de Belém e dá outras providências*. Diário Oficial do município de Belém, 7 de agosto de 1996, nº 8 325.
- MERLIN, P.; CHOAY, F. *Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement*. Paris, PUF, 1988. 723 p.
- PENTEADO, A.R. *Belém, estudo de geografia urbana*. Belém, Universidade Federal do Pará, 1968.
- SACHS, I. *Ecodesenvolvimento: crescer sem destruir*. São Paulo, Vértice, 1986.
- SANTOS, V. *A questão do lixo urbano e seu impacto sobre o meio ambiente*. Belém, NAEA, 1997. (Curso Especialização).

# BIORREMEDIAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS POR RESÍDUOS SÓLIDOS: A EXPERIÊNCIA DO BRASIL

Luiz Mário Queiroz Lima<sup>1</sup>

## INTRODUÇÃO

Os problemas causados pelos lixões ou vazadouros a céu aberto de resíduos sólidos podem ser solucionados pela aplicação da tecnologia de biorremediação, que utiliza microorganismos, particularmente bactérias anaeróbias aclimatadas por técnicas de recombinação de DNA, possibilitando tratar de forma eficiente os resíduos, sem causar danos ambientais e a custos relativamente baixos e acessíveis aos municípios brasileiros.

A técnica de biorremediação utilizada por este grupo de trabalho no Brasil é baseada na lixiviação microbiana, definida por McCarty<sup>1</sup> como o princípio de duas fases. Inicialmente, bactérias autóctones acidófilas, ou nativas estimuladas, acetogênicas, são utilizadas para produzir ácido acético e outros ácidos a partir da matéria orgânica e outros compostos biodegradáveis presentes nos resíduos sólidos. Em seguida, bactérias metanogênicas e acetotróficas, também autóctones, são usadas para consumir a carga de ácidos produzindo biogás e um composto biogênico mais estável e resistente à ação das espécies decom-

positoras. Após a fase metanogênica, em função das reações bioquímicas e da mudança do pH, os metais pesados são solubilizados, precipitados e encapsulados, ou seja, levados a formas mais estáveis, menos solúveis, finalizando o tratamento biológico, bioquímico e físico-químico dos resíduos sólidos e líquidos simultaneamente.

O sistema desenvolvido por Lima permite ainda a minimização de impactos ambientais causados por aterros sanitários e a ampliação de sua vida útil por períodos não inferior a 20 anos, solucionando, por longo prazo, a questão do esgotamento dos aterros e a escassez de áreas urbanas apropriadas ao tratamento e destino final dos resíduos sólidos urbanos.

Este sistema vem sendo aplicado com sucesso em vários municípios brasileiros, a saber: Americana, SP; Praia Grande, SP; Campinas, SP; Piracicaba, SP; Rio Claro, SP; Guarulhos, SP; Caxias do Sul, RS; Porto Alegre, RS; Salvador, BA; Manaus, AM; Recife, PE; Petrolina, PE; Caruaru, PE e Belo Horizonte, MG. Obviamente, por se tratar de um processo não muito conhecido, existem alguns problemas

---

<sup>1</sup>Doutor Engenharia Hidráulica e Saneamento - EESC-UPS, Diretor da LM- Tratamento de Resíduos.

que serão oportunamente aqui discutidos. Assim, este trabalho tem como escopo avaliar o sistema em pauta e abordar suas vantagens e desvantagens, objetivando sua aplicabilidade na realidade brasileira.

## HISTÓRICO

### Estudos anteriores

Um sumário sobre a retrospectiva conceitual mostra que a decomposição de lixo em aterro é realizada em fases distintas. Uma das primeiras observações sobre a divisibilidade do processo surgiu em 1951, sendo atribuída a Kaplovsky (3), o qual verificou que, no início do processo, ácidos orgânicos são produzidos e, no final, gases, como o dióxido de carbono e metano são os produtos finais. Kaplovsky baseou suas conclusões nos estudos de Imhoff, que separou o processo de decomposição em dois momentos. Pela ordem cronológica, acredita-se que esta observação foi a precursora do princípio de duas fases. No entanto, este princípio, tal como hoje é compreendido, deve-se aos esforços de Barker (4), que o deduziu em 1956 quando estudava a fermentação bacteriana. Segundo este autor, o processo de decomposição pode ser esquematizado como mostra a Fig. 1.

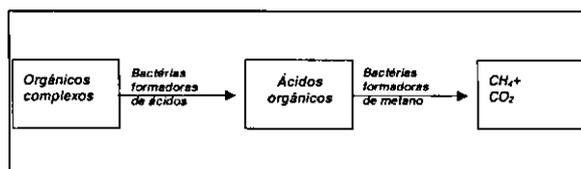


FIG. 1. Princípio de duas fases, segundo Kaplovsky.

Como se observa, inicialmente a matéria orgânica do lixo é atacada por bactérias formadoras de ácidos. Como resultado desta primeira fase, ácidos graxos, açúcares e outros compostos orgânicos de baixo peso molecular são produzidos. Em seguida, na segunda fase,

os ácidos são consumidos por bactérias formadoras de metano, onde  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$  são os produtos finais.

No ano de 1964, McCarty (1) tornou mais claro o princípio de duas fases quando apresentou um interessante esquema onde algumas rotas de transformação foram simuladas, como ilustrado na Fig. 2.

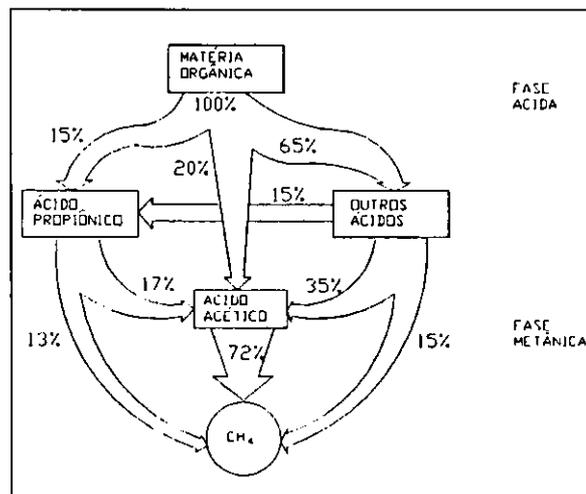


FIG. 2. Rotas de transformação de biomassa, segundo McCarty.

Segundo as observações de McCarty, outros autores, Imshenetsky (5), Kotze et alli (6), Teorien e Hatting (7) confirmaram a tese sobre a divisibilidade do processo de decomposição anaeróbia.

Resumindo as conclusões conceituais da época, o processo de decomposição anaeróbia ocorre em dois estágios:

– **Estágio não-metanogênico**- as reações de hidrólise iniciam o estágio não-metanogênico pela redução da matéria orgânica complexa a compostos solúveis menores através de enzimas extracelulares. Os produtos da hidrólise incluem ácidos graxos, açúcares simples, aminoácidos e outros compostos orgânicos de baixo peso molecular. Durante a hidrólise, os microorganismos que participam do processo dependem mais energia do que

conseguem ganhar. Apesar de que, aumenta a disponibilidade energética do meio, função das alterações sofridas pela matéria orgânica, fonte de energia a ser utilizada nas reações subseqüentes. Atividades adicionais, neste estágio, complementam as modificações da matéria orgânica como a captura de energia, a formação de ácidos orgânicos, a produção de amônia, água e de gases como o  $H_2$  e o  $CO_2$ .

– **Estágio metanogênico** - segundo o pensamento da época, os microorganismos atuantes no estagio metanogênico são geralmente bactérias do gênero *Methanobacterium*, habitante comum do solo, do rúmen e dos esgotos domésticos como tentaram demonstrar os pesquisadores Alexander (8), e Teorien e Hatting. Estes microorganismos obtêm energia a partir de duas reações principais: redução do  $CO_2$  pela adição de  $H_2$  para formar  $CH_4$  e  $H_2O$ , e a partir da quebra do  $CH_3COOH$ , formando metano e dióxido de carbono. Segundo Alexander, outros gases são também produzidos neste estágio, como exemplo  $N_2$  e  $H_2S$ . O nitrogênio é produzido a partir do processo microbiano de desnitrificação, no qual, o íon nitrato é reduzido ao mesmo tempo em que atua como acceptor de elétrons. Informações posteriores deste mesmo autor revelam que a desnitrificação ocorre imediatamente após a depleção do oxigênio. O  $H_2S$  é produzido por microorganismos redutores de sulfato com o íon sulfeto agindo como acceptor de elétrons. Segundo o autor, esta reação ocorre em pH neutro ou ligeiramente alcalino. Também durante este estagio outros gases são produzidos,  $CH_3CH_3$ ,  $CH_3CH_2CH_3$  e  $PH_3$ , porém em quantidades insignificantes, como demonstrou Stadtman (9).

Em resumo, durante a decomposição anaerobia, segundo o principio de duas fases, gases como  $CO_2$ ,  $H_2$ ,  $CH_4$ ,  $N_2$  e  $H_2S$ , são

produzidos por dois grupos distintos de microorganismos, os formadores de ácidos e os formadores de metano.

### **Estudos de Gandolla (1983)**

Os estudos de Gandolla (10) foram conduzidos em Bioggio, Suíça, tratando-se de experimentos em escala real, onde o lixo antes de ser aterrado, sofre um processo de segregação mecânica (trituração, separação de metais e vidros) e em seguida, é inoculado com lodo de esgoto digerido. Por estes estudos, observa-se que a intervenção do homem na decomposição de resíduos em aterro pode ser realizada por dois caminhos principais: - favorecendo o processo de decomposição no início do tratamento, atividades que podem ser classificadas como de pré-tratamento, dentre elas figuram a trituração do lixo ou aumento da superfície específica; aumento da densidade pela técnica da forte compactação, e inoculação ou mistura com lodo de esgoto; - utilizando a atividade biológica existente nas células mais antigas para tratar os resíduos nas células mais recentes; atividade classificada como de pós-tratamento, figurando entre elas, a adição de soluções tampões e nutrientes, a inoculação de lodo de esgoto e a reciclagem de chorume.

Os estudos de Gandolla constituem-se, na verdade, nos primeiros esforços no sentido de tratar os resíduos através da metodologia de aterro sanitário celular, partindo da intervenção do homem no processo. Embora, na época, Gandolla não tenha feito referências à metodologia tal como hoje e postulada por Lima, se faz necessário reconhecer que Lima partiu dos estudos de Gandolla, e que, obviamente, houve uma evolução do pensamento técnico-científico nestes últimos dez anos.

### **Estudos de Beard e McCarty (1983)**

Os estudos de Beard e McCarty (11) foram conduzidos em escala de laboratório, na Universidade de Stanford, USA, onde os efeitos de adição de água, inoculo bacteriano e solução tampão foram testados no tratamento de resíduos em aterro sanitário.

Os resultados destas pesquisas são de grande importância, quer pelos avanços obtidos, quer pelas técnicas empregadas, como exemplo, o ensaio de toxicidade de anaerobiose (ETA) e o ensaio de potencial bioquímico de metano (PBM). Estes resultados podem ser assim resumidos:

Foi possível realizar um tratamento acelerado de chorume, oriundo de aterro sanitário, utilizando um reator biológico operado a 35°C;

O chorume proveniente do aterro sanitário de Mountain View não é tóxico ou inibitório ao tratamento anaeróbio;

Pequeno ou nenhum período de aclimação foi requerido, nem a adição de produtos químicos foi necessária para o tratamento do chorume no reator biológico;

O teor de metano no gás produzido foi de 70%;

Neutralização ou tamponamento do chorume não foram necessários quando a técnica de reciclagem ou lixiviação foi utilizada;

Uma carga orgânica de 15 kg de DQO por metro cúbico de volume do reator por dia foi considerada como ótima;

Tempo de retenção hidráulica tão curto, como um dia, mostrou-se hábil para promover um eficiente tratamento do chorume;

A produção de metano e a eficiência de remoção da DQO dependem da carga orgânica presente no chorume.

Uma análise mais aprofundada dos estudos de Beard e McCarty mostra que o chorume proveniente de aterro sanitário (tratado em reatores biológicos anaeróbios, adquire propriedades de grande interesse técnico-científico. A conversão de chorume em inóculo metanogênico com propriedades enzimáticas é um destes fatores de interesse.

### **Estudos de Lima (1983)**

Os estudos de Lima (12) foram conduzidos no Brasil, na cidade de Campinas, SP, onde experimentos em escala de laboratório e em escala real foram realizados no sentido de desenvolver e testar mecanismos de aceleração da metanogênese em aterro sanitário.

Os estudos de laboratório consistiam de seis lisímetros de plástico, preenchidos com lixo, isolados com lã de vidro e providos de sistema de alimentação e coleta de sólidos, líquidos e gases.

Dentre os seis lisímetros, um serviu de testemunho e os outros cinco foram inoculados com diferentes substratos: lodo de esgoto digerido; chorume tratado em reator anaeróbio; chorume cru com alta DQO (80.000 mg/l); chorume cru com baixa DQO (1000 mg/l); esterco de gado cru e esterco de gado digerido em reator anaeróbio. Os resultados destes estudos levaram o autor a concluir que a reciclagem de chorume tratado em reator anaeróbio apresentou resultados mais favoráveis em termos de aceleração do processo antropogênico de decomposição.

Os estudos em escala real foram conduzidos no Aterro Sanitário de Campinas, em duas células contendo 100 mil toneladas de resíduos cada uma. As células foram

preenchidas utilizando-se as técnicas usuais de aterramento. Uma das células foi provida de um reator biológico e de um sistema de reciclagem de chorume, lixiviação bacteriana. A outra célula, a testemunha, foi operada pelo método tradicional, sem adição de inóculo e sem reciclagem de chorume.

Os resultados deste experimento demonstraram que a reciclagem de chorume tratado em reatores biológicos anaeróbios, lixiviação bacteriana, permite a aceleração do processo antropogênico de decomposição na razão de dez vezes, se comparado com o processo sem lixiviação bacteriana. Além disso, o autor observou que existia forte interação entre a célula de aterramento e o reator biológico, e que era possível tratar sólidos e líquidos pela integração dos dois dispositivos, surgindo assim o que mais tarde foi denominado de “sistema integrado”, ou seja, o conjunto célula de aterro + reatores.

### **Estudos de Lacava e Lima (1987)**

Os estudos de Lacava e Lima (13) foram conduzidos em escala de laboratório na Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento da Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL), na cidade de Campinas, SP, onde o chorume de aterro celular foi utilizado como inóculo na aceleração do processo antropogênico de decomposição de lixo. Para tanto, 12 lisímetros foram utilizados e cinco tipos de inóculo foram testados. Os resultados dos testes levaram à conclusão de que o chorume tratado no conjunto célula de aterro + reator anaeróbio, consiste de um complexo enzimático extracelular com capacidade celulolítica, lipolítica e proteolítica, capaz de alterar a cinética do processo de decomposição, reduzindo o tempo de digestão. Os autores também revelaram que além de enzimas, este

líquido continha elevado número de células microbianas específicas, tais como bactérias acetogênicas e bactérias metano-gênicas, e que estas células poderiam ser reproduzidas em larga escala em função das fases do processo.

### **Estudos de Lima e Povinelli (1989)**

Os estudos de Lima e Povinelli (14) foram conduzidos pela Escola de Engenharia de São Carlos, USP, onde a técnica de reciclagem de chorume, lixiviação bacteriana, visando à aceleração da fase metanogênica, foi abordada e discutida, em seus aspectos históricos e conceituais, e nos mecanismos pelos quais a aceleração da metanogênese pode reduzir a inércia dos processos antropogênicos e, assim, possibilitar um tratamento eficiente e adequado aos resíduos.

Na fase experimental foram utilizados lisímetros, no estudo da influência da reciclagem de chorume na aceleração da metanogênese em aterro, compreendendo cinco tratamentos, em duplicata, onde quatro diferentes tipos de inóculos foram testados e comparados com um sistema em escala real.

Os resultados desta pesquisa serviram para provar que é possível a aceleração da fase metanogênica com o uso do sistema integrado: célula de aterro + reator anaeróbio. Além disso, foi possível avaliar o comportamento dos fatores que influem no processo de decomposição, tais como: pH, Eh, SV, DQO e temperatura.

### **Estudos de Lima (1993)**

Os estudos de Lima (15) foram conduzidos na Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, tratando-se de um estudo de caso em escala real, ocorrido

na cidade de Americana, SP, sendo uma aplicação do sistema integrado: célula de aterro + reator, na remediação de uma área de 19 hectares contaminada por resíduos perigosos, metais pesados, os quais foram dispostos inadequadamente causando impactos ambientais no solo, ar e recursos hídricos.

Nestes estudos, Lima apresentou a metodologia de aplicação do sistema integrado na remediação de áreas degradadas, onde as fases do processo foram implementadas de forma seqüencial permitindo a remediação do sítio e sua transformação em local de manejo e tratamento de resíduos, bem como a consolidação de seu modelo.

Além da descontaminação do sítio, Lima apresentou a formulação de uma terceira fase do processo de decomposição, a fase alcalinogênica, onde, em função das reações bioquímicas que ocorrem no meio, há a formação de hidróxidos e o encapsulamento de metais pesados, tornando-os mais estáveis e menos solúveis. A Fig. 3 ilustra de forma esquemática as reações seqüenciais que ocorrem durante o processo de decomposição, onde se observa a ocorrência da terceira fase, a alcalinogênese, postulada por Lima.

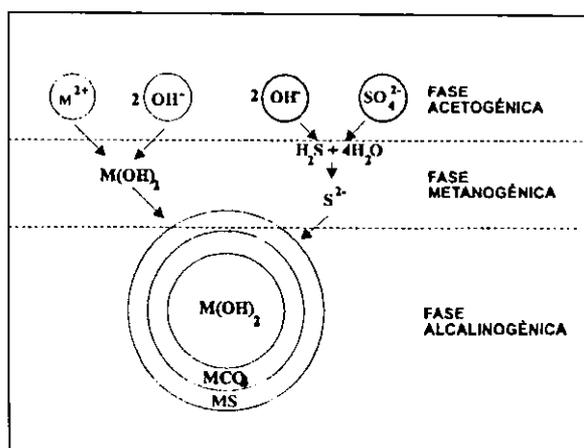


FIG. 3. Rotas de decomposição - Ocorrência da fase alcalinogênica, segundo Lima.

## CLASSIFICAÇÃO E FUNDAMENTOS DO SISTEMA

Do ponto de vista operacional, a aplicação da biorremediação requer o uso simultâneo de diversos processos físicos, químicos e biológicos. Assim, pode-se classificá-la como um processo *in situ* e *ex situ*, envolvendo quatro fases:

Fase I: Estudos preliminares:

Fase II: Tratamento primário

Fase III: Tratamento secundário

Fase IV: Tratamento terciário

Em analogia, as definições da Environmental Protection Agency, citadas por CASARINI (16), o processo de biorremediação utilizado por este grupo de trabalho no Brasil pode ser definido como: "tratamento em reator", ou seja, o lixo contaminado, na forma saturada ou não-saturada, e removido do local e disposto em um reator (a célula de aterro), onde é misturado com inoculantes, nutrientes, etc., para biodegradar o poluente, devendo a matéria descontaminada retornar ao local de origem, os aterros de inertes.

Do ponto de vista biológico, a biorremediação pode ser classificada como um processo de decomposição anaeróbia natural, associado a processos físico-químicos, similar ao que ocorre no trato dos ruminantes.

Segundo Lima, a célula de aterro assume o comportamento de um biodigestor ou reator biológico, podendo ser definido, guardando as particularidades, como um reator heterogêneo não-convencional, pois a matéria orgânica presente no lixo, quando aterrada, sofre um processo de digestão similar ao que ocorre nos tratos digestivos de um ruminante. Conforme cita Hungate (17) a Fig. 4 mostra de forma esquemática esta formulação e a analogia

existente entre o trato digestivo dos ruminantes e o sistema proposto por Lima.

Como se observa, o sistema de tratamento de lixo postulado por Lima, célula de aterro + reatores, segue as leis naturais e fundamenta-se na simulação de um modelo real, o trato digestivo dos ruminantes, que vem funcionando com eficácia no processamento de resíduos sólidos há milhares de anos, sendo detentor de um potencial genético capaz de permitir, por semelhança, o tratamento do lixo urbano, em particular a fração orgânica presente nos resíduos.

Este exemplo, também serve para mostrar que o homem pode encontrar soluções para seus problemas, observando atentamente a natureza, uma vez que ela se constitui em uma fonte inesgotável de conhecimento e saber.

## METODOLOGIA DE EXECUÇÃO DO SISTEMA

A metodologia de biorremediação, segundo Lima, envolve quatro fases distintas e seqüenciais, as quais permitem o efetivo tratamento do sítio contaminado e dos resíduos, respectivamente, como se segue:

**Fase I: Estudos Preliminares** - consistem na pesquisa e estudos técnico-científicos e o levantamento de parâmetros necessários à elaboração de uma estratégia para solução do problema, como ilustra a Fig. 5.

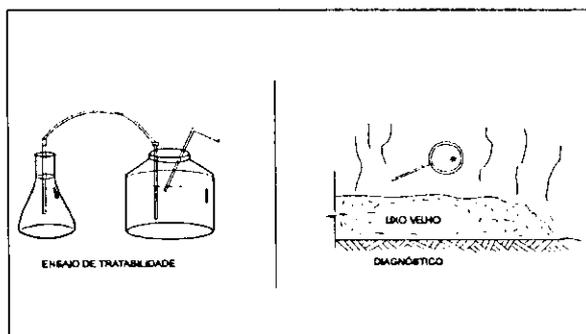


FIG. 5. Estudos preliminares.

## Ações de Remediação:

- levantamento topográfico plani-altimétrico
- prospecção hidrogeológica e geotécnica
- avaliação preliminar de impacto ambiental
- ensaios de tratabilidade
- diagnóstico
- formulação de modelo
- projeto técnico

**Fase II: Tratamento Primário** - consiste na aplicação dos processos físicos que não alteram as características químicas e biológicas dos resíduos e dos contaminantes (Fig. 6). Considerando a classificação da EPA, o tratamento primário definido neste sistema, pode ser comparado, por analogia, ao "landfill", que é a fase onde os resíduos são simplesmente aterrados ou confinados em reatores, requerendo, neste caso, várias ações.

## Ações de Remediação:

- preparação de acessos
- drenagem de águas pluviais
- escavação e remoção de resíduos velhos
- drenagem e retenção de percolados
- drenagem e retenção de gases
- isolamento e divisão em células
- aterramento celular de resíduos velhos e novos
- aumento de nutrientes

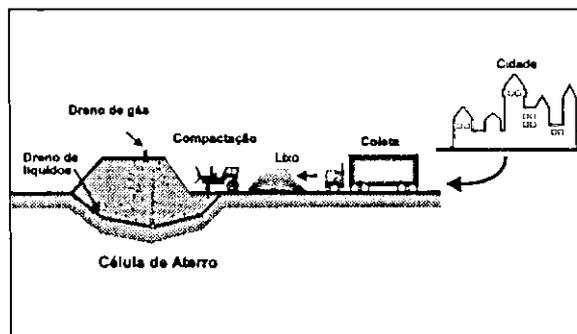


FIG. 6. Fase II: Tratamento primário, segundo Lima.

**Fase III: Tratamento Secundário** - consiste na aplicação dos processos biológicos capazes alterar as características dos resíduos e seus contaminantes. Esta fase é também conhecida como biorremediação (Fig. 7). Por analogia, a classificação da EPA, este sistema pode ser definido como um "tratamento em reato", onde os resíduos são removidos e dispostos em nas células de aterro recebendo cargas de inoculantes microbianos ate atingir a bioestabilização.

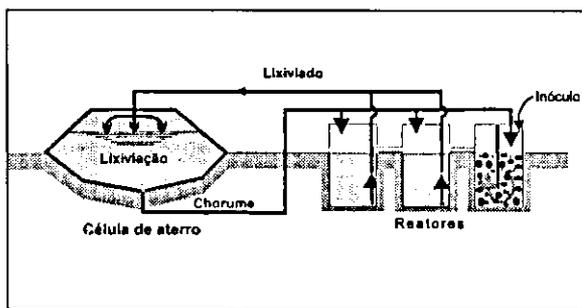


FIG. 7. Fase III: Tratamento secundário, segundo Lima.

#### Ações de Remediação:

- controle de fatores físico-químicos influentes no processo
- inoculação e partida dos reatores
- lixiviação bacteriana acetogênica
- lixiviação bacteriana metanogênica

O processo de biorremediação é eficiente quando ele é capaz de mudar a concentração dos poluentes, reduzindo-a, e alterar as características dos resíduos. O processo envolve dois importantes dispositivos da bioengenharia: células de aterro e reatores anóxicos atuando de forma integrada, como mostrados na Fig. 7. Inicialmente, na fase acetogênica, o chorume é drenado da célula e introduzido nos dois reatores anóxicos, físico-químicos, e em seguida, no terceiro reator, o biológico, que consiste de um vaso de fluxo misto, descen-

dente-ascendente, preenchido com meio poroso, onde os microorganismos são fixados. Durante cinco dias o líquido é reciclado através dos três reatores para produzir o lixiviado com características acetogênicas. Após este período, o líquido é injetado na célula de aterro, iniciando a fase acetogênica. Com a partida do sistema, a matéria orgânica é rapidamente convertida em ácidos voláteis. O ácido acético representa a maior porção de todos os outros ácidos presentes. O pH decresce para a faixa de 4 a 6.5. O Eh, conseqüentemente, decresce situando-se entre - 100 a - 350 mV. Neste meio anóxico singular os metais pesados presentes na massa são solubilizados como mostrado na Fig. 3. A duração desta fase é de 180 dias, correspondendo a 20 inoculações acetogênicas, necessárias para transformar grande parcela da matéria orgânica em ácidos voláteis de cadeias menores que a glicose. Quando a carga orgânica estiver suficientemente alta (DQO: 10.000 a 100.000 mg/l), função da concentração de ácidos, bactérias metanogênicas são introduzidas no reator biológico. Então, o líquido resultante da fase acetogênica é reciclado através dos três reatores, agora com características metanogênicas e acetotróficas, para preparar o lixiviado metanogênico. Após o período de detenção de cinco dias, o líquido é injetado no aterro celular iniciando a fase metanogênica. A carga orgânica, com alta concentração de ácidos é assim reduzida pelo consumo dos microorganismos e convertida em gás metano, dióxido de carbono e água, liberando calor. De modo análogo, a matéria orgânica remanescente é convertida em um composto orgânico biogênico e mais resistente à ação das espécies decompositoras. A taxa de ácidos húmicos aumenta e a relação carbono:nitrogênio decresce para a faixa de 17:1 a 10:1.

Como mostrado na Fig. 3, os metais pesados são precipitados na presença de sulfato. O pH aumenta para a faixa de 7 a 7,5. O Eh continua decrescendo. -350 a 400 mV, finalizando o processo biológico.

### **Inoculação e partida dos reatores**

A inoculação e partida dos reatores é a chave do sucesso do processo de biorremediação utilizado por este grupo de trabalho. Para um melhor entendimento do processo utilizado foi feita uma breve revisão da metodologia de laboratório e de campo, as quais permitem o preparo dos inóculos e a partida dos reatores.

### **Mecanismos de recombinação de DNA em bactérias**

A técnica do DNA recombinante é uma das ferramentas da engenharia genética e consiste na introdução de genes de uma espécie em outro organismo, de modo que esses genes estranhos possam duplicar-se, ser transferidos e traduzidos no meio ambiente celular, permitindo aplicações práticas destas bactérias, como é o caso da produção de Insulina pela *Escherichia coli* e o tratamento de resíduos pela *Methanobacterium ruminantium*, a qual é capaz de converter ácidos orgânicos em metano, dióxido de carbono e água.

Os microorganismos utilizados no tratamento dos resíduos sólidos, via biorremediação, em particular os ácidos orgânicos e metais pesados, estão sujeitos às alterações de seu genótipo devido à transmissão da informação genética de uma bactéria para outra. Este processo de transferência permite uma variação genética das bactérias, ou uma biodiversidade microbiana capaz de realizar combinações de

caracteres de várias raças ou linhagens, favorecendo a sobrevivência dos microorganismos portadores das melhores combinações de caracteres hereditários, ou seja, aqueles, cujos resultados da recombinação de DNA permitiram melhor adaptação ao meio antrópico e heterogêneo, a célula de aterro, graças aos mecanismos de seleção natural.

As bactérias utilizadas no processo de biorremediação têm grande capacidade de transcodificação do DNA. Calcula-se que somente uma bactéria tenha DNA suficiente para codificar de 2.000 a 3.000 proteínas de peso médio.

Os mecanismos de transferência ou codificação genética são vários, dentre eles a transferência através de plasmídios sexuais. As bactérias utilizadas na biorremediação possuem fímbrias, que são pequenos filamentos rígidos de natureza protéica, não associados à locomoção, sendo mais finos e mais curtos que os conhecidos flagelos. As fímbrias são compostas de subunidades protéicas e são responsáveis pela formação de canais de transferência de DNA entre duas bactérias, quando linhagens diferentes são postas em contato, em meios seletivos.

Em termos genéricos, a transmissão de informação genética entre bactérias utilizadas nessa metodologia de biorremediação de áreas degradadas por resíduos sólidos, é feita através de dois mecanismos: conjugação e transformação.

O primeiro mecanismo utilizado no preparo dos inóculos ou partida dos reatores é a conjugação, a qual consiste na transferência de informação genética através de pontes ou ligações citoplasmáticas que se estabelecem entre linhagens diferentes. Neste caso específico, entre as bactérias do rúmen bovino e as

bactérias do chorume. Como ilustra a Fig. 8, a passagem do material genético se dá através das pontes citoplasmáticas, onde uma das cepas transfere ou doa informação genética a outra. Desse modo, a bactéria nativa oriunda do rúmen bovino ao ser conjugada com a bactéria do chorume dão origem a uma nova bactéria capaz de sobreviver ao meio heterogêneo e potencialmente inibidor pela presença de substâncias que conferem toxicidade às bactérias decompositoras, tais como: antibióticos, metais pesados, cátions alcalinos e alcalinos terrosos, amônia, sulfetos, ácidos orgânicos voláteis, detergentes, cianetos, etc., que compõem o meio ambiente da célula de aterramento de resíduos. Na conjugação, a nova célula adquire fatores de transferência de resistência, mais conhecidos como RTF (resistance transfer factors), os quais conferem aos microorganismos determinadas habilidades que possibilitam sua sobrevivência em ambientes adversos à capacidade de sobrevivência de seus antecessores.

O segundo mecanismo utilizado no preparo do inóculo e partida dos reatores, é a transformação, que consiste na adição de fragmentos de DNA extraídos por processos físico-químicos, lise bacteriana, e por enzimas

de restrição, na cultura de bactérias previamente conjugadas, onde os fragmentos são incorporados dando origem a uma nova célula, a célula transformada. Como ilustra a Fig. 9, a bactéria obtida na conjugação recebe fragmentos de DNA de bactérias aclimadas a resíduos com elevadas cargas orgânicas e elementos tóxicos, capazes de realizar com eficiência os fenômenos de acetogênese e metanogênese, respectivamente, em função dos mecanismos específicos, transdutores sensoriais, adquiridos, sendo os de maior importância ao processo de biorremediação a organotaxia e a quimiotaxia, aqui definidos como os movimentos das bactérias em direção à matéria orgânica, ácido acético, metais pesados, ou outro produto tóxico definido como alvo.

Com estes dois mecanismos é possível obter linhagens de alto rendimento, influenciando, tanto na acetogênese como na metanogênese, possibilitando bioestabilizar a massa de resíduos no intervalo de doze meses corridos, que é um tempo relativamente curto, se comparado com os "processos naturais" que demoram de dez a vinte anos para alcançar o mesmo rendimento microbiano.

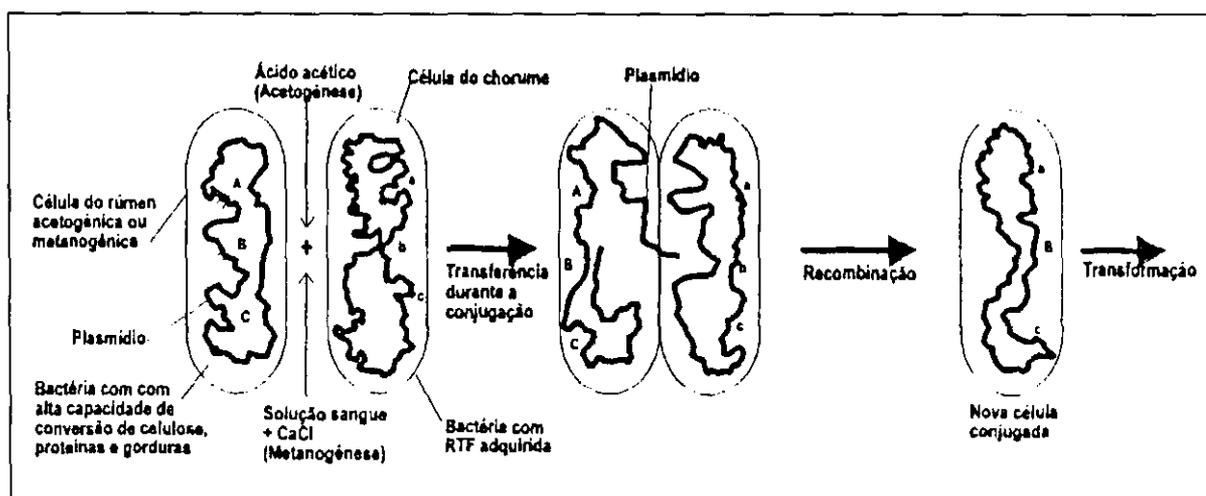


FIG. 8. Primeira parte: Conjugação a partir do rúmen e do chorume.

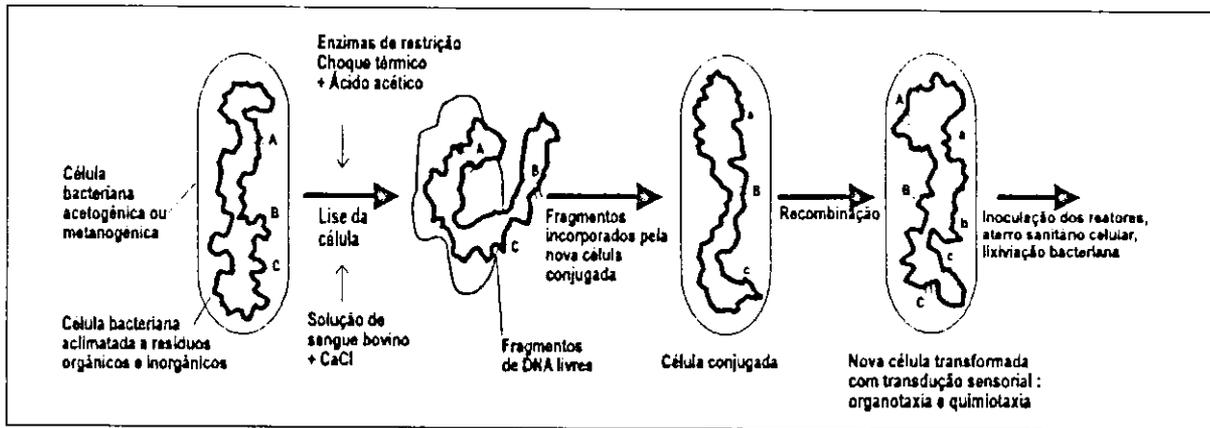


FIG. 9. Segunda parte: Transformação a partir do inóculo conjugado.

## Reatores

Os reatores são dispositivos importantes no sistema integrado postulado por Lima, pois junto com a célula de aterro, permitem o efetivo tratamento, tanto dos resíduos sólidos, quanto dos líquidos e gasosos. É justamente a integração desses dispositivos e seu objetivo e emprego que diferenciam conceitualmente o aterro sanitário celular do aterro sanitário convencional. Na visão inovativa, o aterro celular, a preocupação é com o efetivo tratamento dos resíduos sólidos e seus efluentes. Na visão tradicional, a preocupação é com o confinamento da fração sólida e posterior tratamento das frações líquida e gasosa.

O uso correto do sistema integrado: aterro celular + reatores, permite a redução, em tempos relativamente curtos, da carga orgânica presente nas frações sólida e líquida, tratando in situ, os problemas de poluição causados pelos resíduos.

Os reatores, em geral, são constituídos de três vasos cilíndricos fabricados em concreto armado, impermeabilizados e revestidos internamente, com proteção anti-ácida, providos de tampa, bomba, filtro, agitador, tubulações, válvulas e conexões. Estes vasos

também podem ser fabricados em aço carbono e revestidos internamente com proteção contra corrosão.

Os reatores são utilizados de acordo com a fase do tratamento. No tratamento secundário, servem para preparar os lixiviados acetogênicos e metanogênicos. No tratamento terciário, são utilizados na desinfecção, filtração e clarificação dos líquidos, assemelhando-se a uma estação compacta de tratamento convencional de água, permitindo realizar as operações de floculação, decantação, filtração, remoção de lodo, clarificação, cloração e descarte do efluente final dentro dos padrões de potabilidade de água.

## Inoculação e partida

Os reatores, para entrar em operação, devem ser submetidos a procedimentos de inoculação e partida. Assim, a inoculação é o ato de introduzir microorganismos nos reatores, em particular no reator biológico. A partida dos reatores é considerada efetivada quando é possível reproduzir microorganismos acetogênicos ou metanogênicos em quantidades suficientes para a lixiviação da massa aterrada na célula. Em geral, a relação mássica

entre o lixiviado e os resíduos aterrados é de 2:1000 (litros de lixiviado: quilo de matéria orgânica).

O procedimento de inoculação aqui descrito é válido, tanto para a fase acetogênica, como para a metanogênica.

Como ilustra a Fig. 10, os procedimentos diferem apenas na qualidade do inóculo e dos

substratos. Na inoculação acetogênica, são utilizados 20 litros de ácido acético comercial, 5%N, e 200 ml de inóculo contendo microorganismos acetogênicos celulolíticos, proteolíticos, lipolíticos, amilolíticos, hidrolíticos e fermentativos.

O procedimento de partida da fase acetogênica é iniciado com a utilização de um

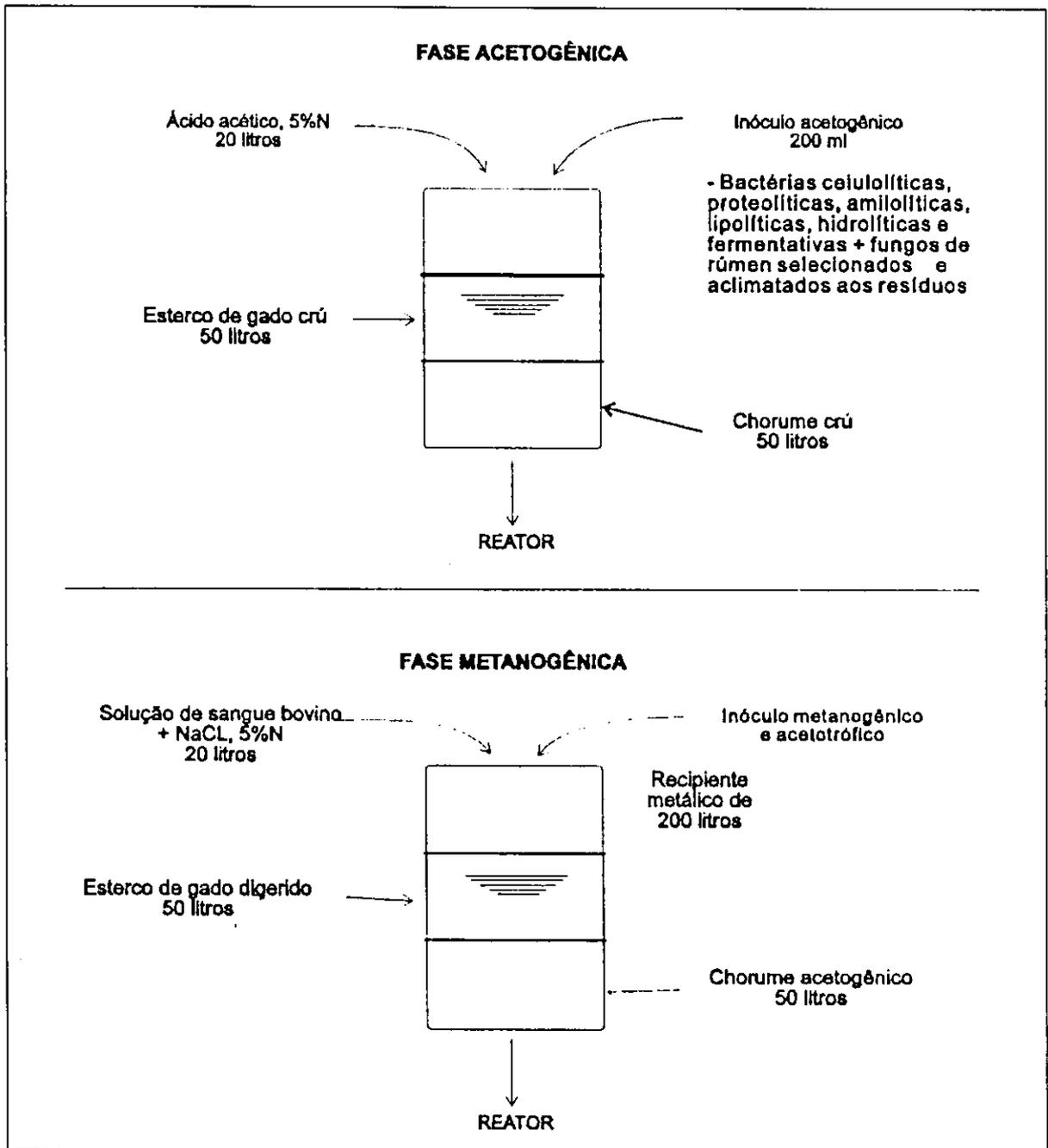


FIG. 10 - Procedimentos de inoculação e partida dos reatores fases acetogênica e metanogênica.

recipiente com capacidade volumétrica de 200 litros, o qual deve ser, previamente, desinfectado e limpo com detergente e água. Em seguida, introduz-se 50 litros de chorume cru, e mistura-se com 50 litros de esterco de gado cru. Após a homogeneização, ácido acético deve ser adicionado paulatinamente na razão de 2 litros por dia. No final do décimo dia, adiciona-se o inóculo acetogênico. O recipiente deve ser mantido fechado no final de cada operação. Após a introdução do inóculo acetogênico, a massa em processo deve ser homogeneizada durante 5 minutos, uma vez por dia. Após 20 dias da inoculação, a massa em processo deve ser introduzida no reator biológico, dando, assim, a partida no mesmo. No segundo dia de partida, procede-se a recirculação entre os três reatores para preparação do lixiviado acetogênico. No quinto dia de partida, o lixiviado está preparado para ser introduzido na célula de aterro, dando início à lixiviação acetogênica.

De modo análogo, o procedimento de partida da fase metanogênica é iniciado com a utilização de um recipiente de 200 litros, que também deve ser, previamente desinfectado e limpo com detergente e água. Em seguida, introduz-se 50 litros de chorume da fase acetogênica, e mistura-se com 50 litros de esterco de gado digerido. Após a homogeneização, solução de sangue bovino + 5% de NaCl, deve ser adicionada paulatinamente, na razão de 2 litros por dia. No final do décimo dia, adiciona-se o inóculo metanogênico. O recipiente deve ser mantido fechado no final de cada operação. Após a introdução do inóculo metanogênico, a massa em processo deve ser homogeneizada durante 5 minutos, uma vez por dia. Após 20 dias da inoculação, a massa em processo deve ser introduzida no reator biológico, o qual deve passar por limpeza previa, dando assim, partida no mesmo.

No quarto dia de partida, procede-se a recirculação entre os três reatores para preparação do lixiviado metanogênico. No nono dia de partida, o lixiviado está preparado para ser finalmente introduzido na célula de aterro, iniciando a lixiviação metanogênica.

### Lixiviação

A lixiviação bacteriana é dividida em duas fases: acetogênica e metanogênica, enquanto a lixiviação química é realizada em uma única fase, a alcalinogênese. Para todos os casos, os procedimentos operacionais de lixiviação são idênticos. Assim, após o preparo do lixiviado, os líquidos armazenados nos dois reatores físico-químicos são bombeados para dentro da célula, utilizando-se da rede de lixiviação, a qual deve ser projetada e construída segundo a técnica do mosaico, ou seja, a superfície da célula é dividida em 20 quadrículas imaginárias, de tal modo, que todo o corpo da célula seja atingido pelos líquidos, como ilustrado na Fig. 11. Os pontos de lixiviação devem ser utilizados alternadamente para efeitos de homogeneização do meio.

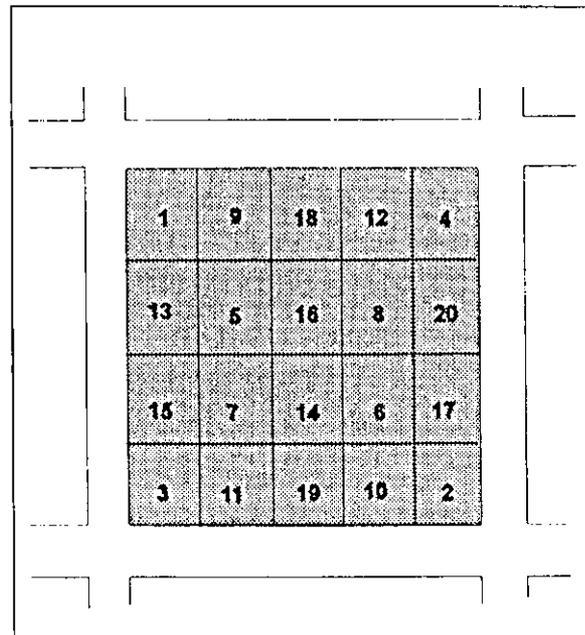


FIG. 11 - Estratégia de lixiviação - Técnica do mosaico.

Em suma, estes são os artifícios utilizados nestes trabalhos de biorremediação de lixões nos vários municípios, guardadas as particularidades de cada sítio.

**Fase IV: Tratamento Terciário** - consiste no tratamento e destinação final dos resíduos e na sua inertização. Esta fase é dividida em dois passos. O primeiro passo ocorre na própria célula de aterro, ou seja, tratamento **in situ**, e o segundo passo, fora da célula, **ex situ**, na unidade de segregação, como ilustram as Figs. 12 e 13. Considerando a classificação da EPA, o tratamento terciário utilizado nesse sistema pode ser comparado ao “landfill mining”, uma

vez que há uma intervenção direta na massa de resíduos aterrada e tratada com o objetivo de reciclar os materiais disponíveis e utilizar o espaço remanescente, conforme se segue.

**Ações de Remediação - Primeiro Passo:**

- lixiviação alcalinogênica (quando necessária)
- extração forçada e queima dos gases
- rebaixamento da manta líquida
- desinfecção e descarte dos líquidos
- remoção da cobertura final
- abertura das células

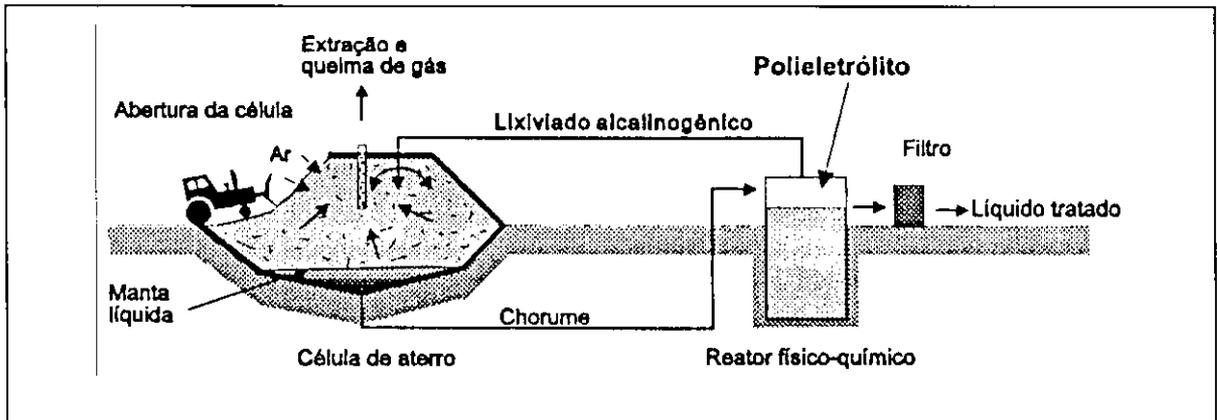


FIG. 12 - Fase IV: Tratamento terciário, primeiro passo.

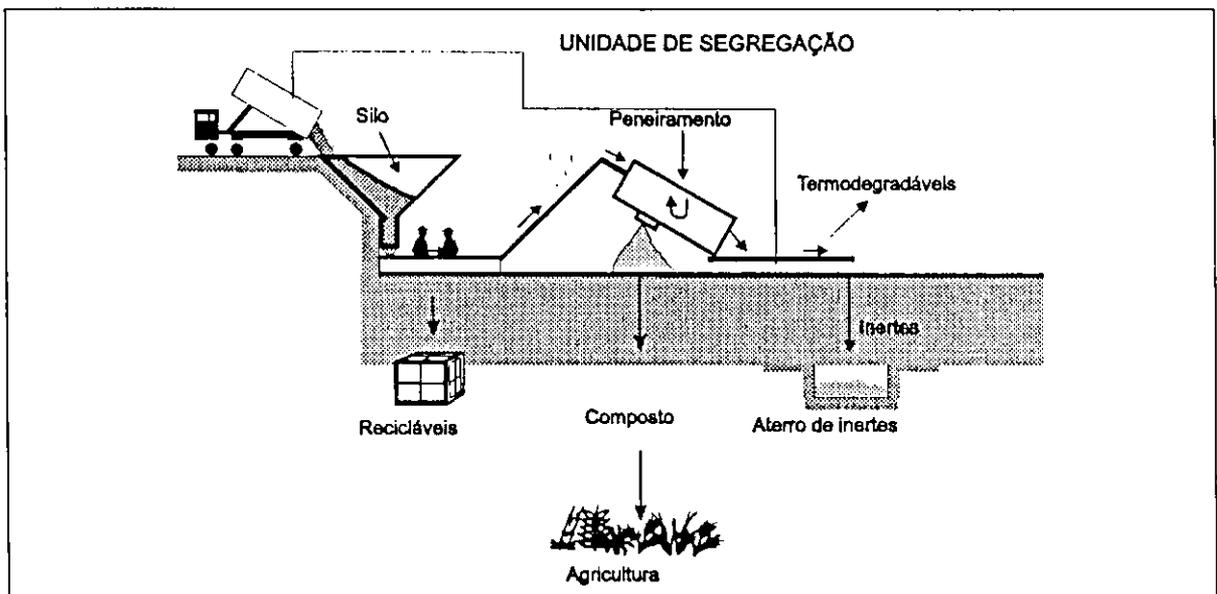


FIG. 13 - Fase IV: Tratamento terciário, segundo passo.

## APLICABILIDADE DO SISTEMA

A aplicação prática deste sistema é recomendada na minimização de impactos ambientais causados pela disposição inadequada de resíduos sólidos, domésticos, industriais e hospitalares, particularmente aqueles contaminados com metais pesados e ácidos orgânicos. Além disso, é possível remediar áreas degradadas e já exauridas, ou seja, com a aplicação do sistema há a possibilidade de ampliar a vida útil dos processos convencionais de manejo, tratamento e destino final de resíduos sólidos.

## AValiação Crítica dos Projetos Existentes

A experiência brasileira mostra que o processo de biorremediação postulado por Lima (19) já foi aplicado, no período de 1983 a 1995, em 14 municípios no Brasil, cobrindo cinco Estados e cinco grandes capitais, mostrando que apesar da não-existência de uma política nacional sobre o tema, os municípios têm procurado soluções próprias para os problemas dos lixões.

Em termos gerais, os resultados variam de projeto para projeto, demonstrando que o sucesso está associado mais às questões políticas e gerenciais do que às questões propriamente técnicas, como pode ser visto na seqüência.

### Projeto de Campinas, SP

Iniciado em 1983, consistindo de uma área de 10 hectares, situada no Bairro Santa Bárbara, onde por alguns anos o município depositou seus resíduos de forma desordenada, sem qualquer tratamento, causando impactos ambientais no solo, ar e recursos hídricos superficiais.

O projeto foi iniciado por pressão da população do bairro, onde os odores liberados pela massa em decomposição descontrolada foram decisivos na tomada de decisão em remediar o sítio.

O processo foi coordenado por Lima (19) e teve a participação de professores e alunos da UNICAMP e PUCCAMP. Inicialmente foram feitas várias caracterizações físico-químicas da massa de resíduos, obtendo-se uma DQO inicial de 40.000 mg/l de chorume. O processo utilizado era o aterro celular associado a um sistema de lagoas de estabilização com reciclagem do chorume, conforme preconizava Pohland (20). Infelizmente, a reciclagem de chorume a partir de lagoas inibiu o processo de decomposição, causando sérios problemas de odores e descontrole do processo, fazendo com que a DQO fosse elevada para 142.000 mg/l. Na época, a inibição foi atribuída ao excesso de ácidos voláteis. No entanto, atualmente, sabe-se que o fator de inibição foram as enzimas de restrição ou endonucleases de restrição que dificultam o tratamento da fração sólida e líquida. O problema da inibição generalizada foi solucionado pela substituição das lagoas por sistemas de reatores tal como descrito em Lima (21). Apesar dos problemas de adoção de tecnologia não adequada, o projeto de Campinas solucionou os impactos ambientais causados pelos resíduos. Em termos de eficiência do processo, tomando como parâmetro a remoção de DQO, segundo Lima (22), a eficiência em 12 meses foi de 99%. Em termos tecnológicos, o projeto de Campinas serviu para demonstrar que o sistema de lagoas de estabilização não se aplica ao tratamento de chorume, assim, como a reciclagem direta de chorume cru inibe o processo de decomposição. Além disso, ficou evidenciado que a dificuldade de tratar chorume é função direta da concentração de enzimas de restrição.

### **Projeto de Americana, SP**

Iniciado em 1984, consistindo de uma área de 19 hectares situada na Fazenda Salto Grande, a 15 km do centro da cidade, onde por 20 anos o município depositou seus resíduos de forma desordenada, sem qualquer tratamento, causando impactos ambientais no solo, ar e, particularmente recursos hídricos superficiais, uma vez que a área contaminada situa-se às margens do rio Jaguari, principal afluente do rio Piracicaba que é a fonte de abastecimento de água potável de vários municípios.

O projeto foi iniciado após o estabelecimento de uma correlação entre os problemas de saúde na população e a suspeita de que metais pesados estavam sendo liberados pela massa em decomposição descontrolada, sendo estes os fatores decisivos na tomada de decisão em remediar o sítio, além da escassez de áreas apropriadas ao tratamento de resíduos no município.

O processo foi coordenado por Lima (23) e sua equipe. Inicialmente foram feitas várias caracterizações físico-químicas da massa de resíduos, obtendo-se uma DQO inicial de 89.000 mg/l de chorume. O processo utilizado era o aterro celular associado a sistemas de reatores, tal como descrito em Lima (21). Em função da elevada contaminação por metais pesados, o processo não funcionou a contento, sofrendo inibições severas. Assim, foram testados vários tipos de inóculos até obter cepas resistentes à ação dos metais pesados. Uma vez mais, o emprego de endonucleases de restrição, via conjugação, foram fundamentais no preparo dos inóculos. Em termos de eficiência do processo, tomando como parâmetro a remoção de DQO, a eficiência em 24 meses foi de 94%. Em termos tecnológicos, o projeto de

Americana serviu para demonstrar que quando há contaminação por metais pesados se faz necessário adotar técnicas de DNA recombinante.

Infelizmente, o projeto original sofreu alterações, sem a devida autorização do autor, fato que vem comprometendo os resultados atuais, ou seja, em função das mudanças, nas células novas não está se obtendo a mesma eficiência de remoção de DQO, provando que o processo proposto por Lima está sujeito a falhas, principalmente, quando não é operado por pessoal habilitado e devidamente treinado

### **Projeto de Praia Grande, SP**

Iniciado em 1985, consistindo de uma área de 10 hectares situada em região de mangue, no Bairro Vila Sônia, a 7 km do centro da cidade, onde por 12 anos o município depositou seus resíduos de forma desordenada, sem qualquer tratamento, causando impactos ambientais no solo, ar e, particularmente nos recursos hídricos superficiais, uma vez que a área contaminada situava-se no mangue.

O projeto foi iniciado por ação da Superintendência de Desenvolvimento do Litoral Paulista (SUDELPA), a qual tinha como escopo auxiliar os municípios nos problemas de infra-estrutura urbana. A questão da poluição do mangue e os impactos ambientais foram os fatores decisivos na tomada de decisão em remediar o sítio.

O processo foi coordenado por Lima (23) e teve a participação de alunos da PUCCAMP. Inicialmente foram feitas várias caracterizações físico-químicas da massa de resíduos, obtendo-se uma DQO inicial de 19.000 mg/l de chorume. O processo utilizado era o aterro celular associado a sistemas de reatores *in situ*, tal

como descrito em Lima (24). O processo funcionou a contento, sem problemas de inibição. Em termos de eficiência do processo, tomando como parâmetro a remoção de DQO, a eficiência em 12 meses foi de 99%. Em termos tecnológicos, o projeto de Praia Grande serviu para demonstrar que é possível remediar áreas de mangues e reverter o processo de poluição quando técnicas adequadas são empregadas com controle efetivo. Infelizmente, o projeto sofreu descontinuidade em função do fechamento da SUDELPA, por decisão governamental.

### **Projeto de Piracicaba, SP**

Iniciado em 1990, consistindo de uma área de 7 hectares situada em área rural, no Bairro Pau Queimado, a 15 km do centro da cidade, onde por 12 anos o município depositou seus resíduos de forma desordenada, sem qualquer tratamento, causando impactos ambientais no solo, ar e, particularmente recursos hídricos superficiais.

O projeto foi iniciado por ação da Prefeitura. A questão dos impactos ambientais e a escassez de áreas urbanas foram os fatores decisivos na tomada de decisão em remediar o sítio.

O processo foi coordenado por Lima (24) através da empresa Sistemas de Proteção Ambiental Ltda (SPA). Inicialmente foram feitas varias caracterizações físico-químicas da massa de resíduos, obtendo-se uma DQO inicial de 20.000 mg/l de chorume. O processo utilizado era o aterro celular associado a sistemas de reatores, tal como descrito em Lima (24). O processo funcionou a contento, sem problemas de inibição. Em termos de eficiência do processo, tomando como parâmetro a remoção de DQO, a eficiência em 12 meses foi de 92%. Em termos tecnológicos, o projeto de Piracicaba

serviu para demonstrar que é possível remediar áreas contaminadas e reverter o processo de poluição de vazadouros, quando técnicas adequadas são empregadas com controle e monitoramento efetivos. Infelizmente, o projeto sofreu descontinuidade em função da mudança da administração municipal. As divergências políticas entre os partidos foi a causa principal da interdição de vários projetos, inclusive o projeto de biorremediação.

### **Projeto de Porto Alegre, RS**

Iniciado em 1990, consistindo de uma área de 70 hectares situada no banhado, na Zona Norte da cidade, onde por dez anos o município depositou seus resíduos de forma desordenada, sem qualquer tratamento, causando impactos ambientais no solo, ar e, particularmente recursos hídricos superficiais, uma vez que o banhado é considerado como área de preservação permanente.

O projeto foi iniciado por ação da Prefeitura. A questão dos impactos ambientais e a escassez de áreas urbanas foram os fatores decisivos na tomada de decisão em remediar o sítio.

O processo foi coordenado por Lima (26) através da empresa SPA. Inicialmente foram feitas varias caracterizações físico-químicas da massa de resíduos, obtendo-se uma DQO inicial de 10.000 mg/l de chorume. O processo utilizado era o aterro celular associado a sistemas de reatores *in situ*, tal como descrito em Lima (21). O processo funcionou a contento, sem problemas de inibição. Em termos de eficiência do processo, tomando como parâmetro a remoção de DQO, a eficiência em 12 meses foi de 98%. Em termos tecnológicos, o projeto de Porto Alegre serviu para demonstrar que é possível reverter o processo de poluição

de banhados quando técnicas adequadas são empregadas com controle e monitoramento efetivos.

### **Projeto de Caxias do Sul, RS**

Iniciado em 1991, consistindo de uma área de 4 hectares situada em área urbana, no Bairro São Giácomo, onde por dois anos o município depositou seus resíduos de forma desordenada, sem qualquer tratamento, causando impactos ambientais no solo, ar e, particularmente recursos hídricos superficiais.

O projeto foi iniciado por ação movida pelo Ministério Público contra a Prefeitura. A questão dos impactos ambientais e a escassez de áreas urbanas foram os fatores decisivos na tomada de decisão em remediar o sítio.

O processo foi coordenado por Mandelli e Lima (27), através da Universidade de Caxias do Sul e a empresa SPA. Inicialmente foram feitas várias caracterizações físico-químicas da massa de resíduos, obtendo-se uma DQO inicial de 800 mg/l de chorume, sendo uma carga muito baixa quando comparada com os líquidos de outros municípios. Em função desta DQO reduzida, verificou-se que o chorume apresentava dificuldades no tratamento. Após a construção das três células foi possível determinar DQO da ordem de 31.300 mg/l, conforme citado em Hamada (28), favorecendo o tratamento biológico e físico-químico. O processo utilizado era o aterro celular associado a sistemas de reatores, tal como descrito em Lima (21). O processo funcionou a contento, sem problemas de inibição, com exceção do período inicial em função da baixa carga de DQO. Em termos de eficiência do processo, tomando como parâmetro a remoção de DQO, a eficiência em 24 meses foi de 99,6%. Em termos tecnológicos, o projeto de Caxias do Sul

serviu para demonstrar que é possível reverter o processo de poluição de vazadouros quando técnicas adequadas são empregadas com controle e monitoramento efetivos.

A participação da Universidade foi de fundamental importância no sucesso do projeto. Vários trabalhos científicos foram desenvolvidos permitindo a qualificação e capacitação de pessoal na área de biorremediação.

Pelo sucesso obtido, o exemplo de Caxias do Sul deve ser seguido, como um modelo eficiente de solucionar problemas urbanos através da participação de vários setores da sociedade.

### **Projeto de Rio Claro, SP**

Iniciado em 1991, consistindo de uma área de 6 hectares situada em área rural, a 10 km do centro da cidade, onde por 12 anos o município depositou seus resíduos de forma desordenada, sem qualquer tratamento, causando impactos ambientais no solo, ar e, particularmente recursos hídricos subterrâneos.

O projeto foi iniciado por ação da Prefeitura. A questão dos impactos ambientais e a escassez de áreas urbanas foram os fatores decisivos na tomada de decisão em remediar o sítio.

O processo foi coordenado por Lima (29) através da empresa SPA. Inicialmente foram feitas várias caracterizações físico-químicas da massa de resíduos, obtendo-se uma DQO inicial de 40.000 mg/l de chorume. O processo utilizado era o aterro celular associado a sistemas de reatores, tal como descrito em Lima (24). O processo funcionou a contento, sem problemas de inibição. Em termos de eficiência do processo, tomando como parâmetro a remoção de DQO, a eficiência em 12 meses foi

de 99%. Em termos tecnológicos, o projeto de Rio Claro serviu para demonstrar, uma vez mais, que é possível remediar áreas degradadas e reverter o processo de poluição quando técnicas adequadas são empregadas com controle e monitoramento efetivos.

### **Projeto de Salvador, BA**

Iniciado em 1992, consistindo de uma área de 60 hectares situada na malha urbana, no Bairro Canabrava, onde por 18 anos o município depositou seus resíduos de forma desordenada, sem qualquer tratamento, causando impactos ambientais no solo, ar e, particularmente recursos hídricos superficiais.

O projeto foi iniciado por ação da Prefeitura. A questão dos impactos ambientais e a escassez de áreas urbanas foram os fatores decisivos na tomada de decisão em remediar o sítio.

O processo foi coordenado por Lima (30) através da empresa LM - Tratamento de Resíduos. Inicialmente foram feitas várias caracterizações físico-químicas da massa de resíduos, obtendo-se uma DQO inicial de 43.000 mg/l de chorume. O processo utilizado era o aterro celular associado a sistemas de reatores, tal como descrito em Lima (24). O processo funcionou a contento, sem problemas de inibição. Em termos de eficiência do processo, tomando como parâmetro a remoção de DQO, a eficiência em 12 meses foi de 88,3%. Em termos tecnológicos, o projeto de Salvador serviu para demonstrar que é possível remediar áreas e reverter o processo de poluição de vazadouros quando técnicas adequadas são empregadas com controle e monitoramento efetivos.

### **Projeto de Manaus, AM**

Iniciado em 1993, consistindo de uma área de 14 hectares situada em zona rural, a 30 km do centro da cidade, onde por oito anos o município depositou seus resíduos de forma desordenada, sem qualquer tratamento, causando impactos ambientais no solo, ar e, particularmente recursos hídricos superficiais.

O projeto foi iniciado por ação da Prefeitura. A questão dos impactos ambientais e a escassez de áreas urbanas foram os fatores decisivos na tomada de decisão em remediar o sítio.

O processo foi coordenado por Lima (31) através da empresa LM - Tratamento de Resíduos. Inicialmente foram feitas várias caracterizações físico-químicas da massa de resíduos, obtendo-se uma DQO inicial de 40.000 mg/l de chorume. O processo utilizado era o aterro celular associado a sistemas de reatores, tal como descrito em Lima (24). O processo está funcionando a contento, sem problemas de inibição. Em termos de eficiência do processo, tomando como parâmetro a remoção de DQO, a eficiência em 12 meses foi de 90%. Em termos tecnológicos, o projeto de Manaus serviu para demonstrar que é possível remediar áreas contaminadas e reverter o processo de poluição de vazadouros quando técnicas adequadas são empregadas com controle e monitoramento efetivos.

### **Projeto de Recife, PE**

Iniciado em 1994, consistindo de uma área de 60 hectares situada em zona rural, no município de Jaboatão dos Guararapes, onde por oito anos os municípios de Recife e Jaboatão vêm depositando seus resíduos de forma desordenada, sem qualquer tratamento, causando impactos ambientais no solo, ar e, particularmente recursos hídricos superficiais.

O projeto foi iniciado por ação da Prefeitura do Recife e da FIDEM. A questão dos impactos ambientais e a escassez de áreas urbanas foram os fatores decisivos na tomada de decisão em remediar o sítio.

O processo está sendo coordenado por Lima e Jucá (32) através da ATEPE e da LM - Tratamento de Resíduos. Inicialmente foram feitas várias caracterizações físico-químicas da massa de resíduos, obtendo-se uma DQO inicial de 2.000 mg/l de chorume, caracterizando-se como um chorume de difícil tratabilidade. O processo a ser utilizado será o de aterro celular associado a sistemas de reatores *in situ*, tal como descrito em Lima (21). O processo está na fase inicial, tratamento primário, com a construção de duas células de aterro.

#### **Projeto de Petrolina, PE**

Iniciado em 1995, consistindo de uma área de 12 hectares situada na malha urbana, onde por dez anos o município vem depositando seus resíduos de forma desordenada, sem qualquer tratamento, causando impactos ambientais no solo, ar e, particularmente recursos hídricos superficiais.

O projeto foi iniciado por ação da Prefeitura e da UNICEF. A questão dos impactos ambientais e a escassez de áreas urbanas foram os fatores decisivos na tomada de decisão em remediar o sítio.

O processo está sendo coordenado por Lima e Moraes (33) através da UNICEF e da empresa da LM - Tratamento de Resíduos. Inicialmente foram feitas várias caracterizações físico-químicas da massa de resíduos, obtendo-se uma DQO inicial de 10.000 mg/l de chorume, caracterizando-se como um chorume de difícil tratabilidade. O processo a ser utilizado será o de aterro celular associado a sistemas de reatores *in situ*, tal como descrito em Lima (21).

O processo está na fase inicial, tratamento primário, com a construção da primeira célula de aterro.

#### **Projeto de Caruaru, SP**

Iniciado em 1995, consistindo de uma área de 10 hectares situada na zona rural, no município, onde por 16 anos o município vem depositando seus resíduos de forma desordenada, sem qualquer tratamento, causando impactos ambientais no solo, ar e, particularmente recursos hídricos superficiais.

O projeto foi iniciado por ação da Prefeitura. A questão dos impactos ambientais e a escassez de áreas urbanas foram os fatores decisivos na tomada de decisão em remediar o sítio.

O processo está sendo coordenado por Lima (34) através da empresa LM - Tratamento de Resíduos. Inicialmente foram feitas várias caracterizações físico-químicas da massa de resíduos, obtendo-se uma DQO inicial de 40.000 mg/l de chorume. O processo a ser utilizado será o de aterro celular associado a sistemas de reatores *in situ*, tal como descrito em Lima (21). O processo está na fase inicial, tratamento primário, com a construção da primeira célula de aterro.

#### **Projeto de Belo Horizonte, MG**

Iniciado em 1995, consistindo de uma área de 100 hectares situada na zona urbana do município, onde por mais de 20 anos o município vem depositando seus resíduos de forma desordenada, porém com algum tratamento, causando impactos ambientais no solo, ar e, particularmente recursos hídricos superficiais.

O projeto foi iniciado por ação da Prefeitura e da SLU - Superintendência. A questão dos impactos ambientais e a escassez de áreas urbanas foram os fatores decisivos na tomada de decisão em remediar o sítio.

O processo está sendo coordenado por Lima (35), através da empresa LM -Tratamento de Resíduos. Inicialmente foram feitas várias caracterizações físico-químicas da massa de resíduos, obtendo-se uma DQO inicial de 2.000 mg/l de chorume, caracterizando-se como um chorume de difícil tratabilidade. O processo a ser utilizado será o de aterro celular associado a sistemas de reatores *ex situ*, tal como descrito em Lima (21). O processo está na fase inicial, tratamento primário, com a construção da primeira célula de aterro. No entanto, já foram construídas duas unidades de reatores para tratar os resíduos líquidos acumulados em uma lagoa.

### Projeto de Guarulhos, SP

O projeto foi iniciado em agosto de 1995 por ação da Prefeitura através de uma ação do Ministério Público, que exigiu a remediação do sítio de 66 hectares, onde a Prefeitura vem dispondo seus resíduos por mais de 20 anos sem qualquer tratamento.

O projeto está sendo coordenado por Lima (36), através da empresa LM -Tratamento de Resíduos e executado pela empresa Quitauna Construções Cíveis Ltda. O projeto está na Fase I: Estudos Preliminares.

### Resumo dos resultados dos projetos

A Tabela 1 mostra de forma sumária os resultados dos 14 projetos implementados no Brasil. Como se observa, a eficiência de remoção de DQO em 12 meses e superior a 90%, evidenciando que o processo de biorremediação é eficiente no tratamento de resíduos heterogêneos, inclusive resíduos perigosos como metais pesados, enzimas de restrição e ácidos orgânicos, particularmente quando é realizado o monitoramento do processo.

Os únicos projetos que apresentaram problemas foram: Americana, SP, Piracicaba, SP e Praia Grande. No caso de Americana, os problemas surgiram devido às alterações não autorizadas no projeto original, tendo como conseqüência o descontrole da célula nova, que felizmente representa 5% da área total. Não obstante, as células velhas, já tratadas, 17 hectares mostram que o processo foi eficiente enquanto durou o monitoramento e o controle. No caso de Piracicaba e Praia Grande, a paralisação foi de cunho político, não merecendo qualquer discussão técnica.

TABELA 1. Resumo dos resultados dos projetos de biorremediação.

Projeto	Início	Área (ha)	Eficiência remediação (%)	Tempo (meses)	Estágio Atual
Campinas, SP	1983	10	99	12	(A) (3)
Americana, SP	1984	19	94	24	(A) (1) (2) (3)
Praia Grande, SP	1985	10	99	12	(B) (1)
Piracicaba, SP	1990	7	92	12	(3)
Porto Alegre, RS	1991	70	98	12	(B) (1) (2)
Caxias do Sul, RS	1991	4	99,6	24	(A) (1) (2) (3)
Rio Claro, SP	1991	6	99	12	(B) (1) (2)
Salvador, BA	1992	60	88,3	12	(A) (1) (2)
Manaus, AM	1993	14	90,6	12	(A) (1) (2)
Recife, PE	1994	60	—	—	(A) (1) (2)
Petrolina, PE	1995	12	—	—	(A) (1)
Guarulhos, SP	1995	66	—	—	(A) (1)
Belo Horizonte, MG	1995	100	—	—	(A) (1) (3)

Legenda: (A) em andamento; (B) concluído; (C) paralisado; (1) tratamento primário; (2) tratamento secundário; (3) tratamento terceiro

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- McCARTY, P.L. *Anaerobic waste treatment fundamentals*. Part I. Public Works. Sept., Oct., Nov., Dec, 1964.
- LIMA, L.M.Q. *Lixo tratamento e biorremediação*. 3a. Edição revista e ampliada. São Paulo, Hemus Editora, 1995. 265 p.
- KAPLOVSKY, A.A. *Volatile acids production during the digestion of seeded, unseeded and limed fresh solid sewage and industrial wastes*, 23: 713, 1951.
- BARKER, A.A. *Bacterial fermentations*. CIBA Lectures in microbial biochemistry, Institute of microbiology, Rutgers, New Jersey, USA, 1956.
- IMSHENETSKY, A.A. *The ecology of soil bacteria*. In: An International Symposium. University of Liverpool, 1968.
- KOTZE, J.P.; THIEL, P.; TEORIEN, D.F.; HATTING, W.H.J.; SIEBERT, M.L. A Biological and chemical study of several anaerobic digesters. *Water Res.*, 2:198, 1968.
- TEORIEN, D.F.; HATTING, W.H.J. Anaerobic digestions - The microbiology of anaerobic digestions. *Water Res.* 3:385-416, 1969.
- ALEXANDER, M. *Microbial Ecology*. New York, John Wiley and Sons Inc., 1971.
- STADTMAN, T.C. Methanefermentation. *Ann. Rev. Mic.* 21:212-142, 1967.
- GANDOLLA, M. *Proposal for future optimizations of sanitary landfills gas urban refuse*. Consorzio per l'eliminazione dei rifiuti del Luganase (CER), Bioggio, Swiss, 1983.
- BEARD, V.; McCARTY, P.L. *Anaerobic treatment of leachate from the Mountain View Landfill*. Environmental Engineering and Science Department of Civil Engineering Stanford University, CA, 1983.
- LIMA, L.M.Q. *Estudos de otimização do Processo de metanização de lixo em aterro sanitário*. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, modalidade Térmica e Fluidos. UNICAMP, 1983 (não publicado).
- LACAVA, P.M.; LIMA, L.M.Q. *Análise microbiológica da decomposição do lixo*. In: XIV Congresso Brasileiro de Microbiologia, 1987. Viçosa, MG.
- LIMA, L.M.Q. *Estudo da influência da reciclagem de chorume na aceleração da metanogênese em aterro sanitário*. Tese de doutorado. EESC - USP, 1989.
- LIMA, L.M.Q. Bioremediation of degraded sites by solid waste. In: *Proceedings of the Ninth International Conference on Solid Waste Management*, 1993. Philadelphia, PA. USA.
- CASARINI, D.C.P. *Biorremediação de locais contaminados com hidrocarbonetos*. Curso de Biorremediação - CETESB 28/11 a 01/12/94. Coordenação de Martins, T. São Paulo, SP, 1994.
- HUNGATE, R.E. *The microbiology of biodigestion*. In: I Simpósio Latino Americano sobre produção de biogás, 1982. São Paulo.
- VILLAS BOAS, D.M.F. *Estudo da microbiota anaerobia hidrolítica fermentativa em aterro sanitário*. Tese de Mestrado. EESC - USP, 1990.
- LIMA, L.M.Q. *Pesquisa de Resíduos Sólidos em Campinas*. Projeto Phoenix Prefeitura Municipal de Campinas, 1984.
- POHLAND, F.G.; MAYER, P.R. *Landfill stabilization with leachate recycle*. In: Proceedings of the Third Annual Environmental Engineering and Science Conference, Louisville, Kentucky, March, 1973.
- LIMA, L.M.Q.; LACAVA, P.M. *Proposta de construção de um reator de fluxo ascendente com manta de lodo sintética para produção de inóculos a partir de chorume de aterro sanitário*. Projeto de Pesquisa CPFL - Assessoria de Pesquisa e Desenvolvimento, Campinas, SP, 1985.
- LIMA, L.M.Q. *Estudo da influência da reciclagem de chorume na aceleração da metanogênese em aterro sanitário*. Tese de Doutorado apresentada a Escola de Engenharia de São Carlos - USP, novembro 1988.
- LIMA, L.M.Q.; AKUTSU, J. *Sistema Integrado de Reciclagem Energética de Resíduos Urbanos*. Trabalho apresentado a Prefeitura Municipal de Americana, SP. Compêndio de publicações da CPFL, 6(2):13-28, 1986.
- LIMA, L.M.Q. *Pesquisa de resíduos sólidos no Litoral Paulista*. Trabalho apresentado no Primeiro Seminário sobre Tratamento e Destino Final de Resíduos no Litoral Paulista, promovido pela Prefeitura da Estância Balnearia de Praia Grande em 06/10/85. Compêndio de publicações da CPFL, 4(2): 22-28, 1985.

- LIMA, L.M.Q. *Proposta para biorremediação do vazadouro de Piracicaba - SPA*. (Proposta conceitual e comercial), abril 1990.
- LIMA, L.M.Q. *Proposta para biorremediação do vazadouro da Zona Norte da cidade de Porto Alegre. SPA*. (Proposta conceitual e comercial), junho, 1990.
- MANDELLI, S.M.C.; LIMA, L.M.Q.; TEIXEIRA, C.E. Estudo de destinação de resíduos sólidos urbanos de Caxias do Sul - Proposição do modelo a curto, médio e longo prazo. in: *Tratamento de Resíduos Sólidos - Compêndio de Publicações*. Capítulo X, UCS, 1991.
- HAMADA, J. Remediação de áreas degradadas por resíduos sólidos - Sistemas de tratamento de chorume. in: *Tratamento de Resíduos Sólidos - Compêndio de Publicações*. Capítulo XVI, UCS, 1991.
- LIMA, L.M.Q. *Proposta de biorremediação do vazadouro de Rio Claro, SP*. SPA (Proposta conceitual e comercial), junho 1991.
- LIMA, L.M.Q. *Proposta de biorremediação do vazadouro de Canabrava, Salvador, BA*. LM - Tratamento de Resíduos (Proposta conceitual e comercial), janeiro 1992.
- LIMA, L.M.Q. *Proposta de biorremediação do vazadouro de Manaus, AM*. LM - Tratamento de Resíduos (Proposta conceitual e comercial), setembro 1993.
- LIMA, L.M.Q. *Proposta de biorremediação do vazadouro de Muribeca, Recife, PE*. LM - Tratamento de Resíduos (Proposta conceitual e comercial), fevereiro 1994.
- LIMA, L.M.Q. *Proposta de biorremediação do vazadouro de Petrolina, PE*. LM - Tratamento de Resíduos (Proposta conceitual e comercial), maio 1995.
- LIMA, L.M.Q. *Proposta de biorremediação do vazadouro de Caruaru, PE*. LM - Tratamento de Resíduos (Proposta conceitual e comercial), setembro 1995.
- LIMA, L.M.Q. *Proposta de biorremediação do Aterro BR-040 - Belo Horizonte, MG*. LM - Tratamento de Resíduos (Proposta conceitual e comercial), outubro 1995.
- LIMA, L.M.Q. *Proposta de biorremediação do vazadouro de Guarulhos, SP*. LM - Tratamento de Resíduos (Proposta conceitual e comercial), agosto 1995.



# ASPECTOS A SEREM ESTUDADOS EM UM PROJETO SOBRE IMPACTO AMBIENTAL DO LODO DE ESGOTO NA AGRICULTURA

Wagner Bettiol<sup>1</sup>

**Resumo:** Nas últimas décadas, visando à despoluição dos rios, os esgotos de algumas cidades começaram a ser tratados, resultando na produção de um lodo rico em matéria orgânica e nutrientes, denominado lodo de esgoto ou biossólido, que necessita de uma adequada disposição final. Entre as diversas alternativas existentes para a utilização do lodo de esgoto, a para fins agrícolas apresenta-se como uma das mais convenientes, pois, como o lodo é rico em nutrientes e com alto teor de matéria orgânica é amplamente recomendada sua aplicação como condicionador de solo e/ou fertilizante. Entretanto, o lodo de esgoto apresenta em sua composição metais pesados e organismos patogênicos ao homem. A utilização do lodo de esgoto como fertilizante causa alterações na comunidade de organismos do solo nos teores de metais pesados do solo e, conseqüentemente, das plantas, nas propriedades físico-química dos solos e na decomposição de matéria orgânica entre outras. Portanto, em todo e qualquer estudo com uso de lodo de esgoto na agricultura, há necessidade de se conhecer o que ocorre com essas características, haja vista que cada uma delas está desempenhando um papel fundamental na vida do solo. O desconhecimento dos efeitos do lodo de esgoto na comunidade de organismos, nos teores de metais pesados e nas propriedades físico-química nos solos tropicais é um dos problemas relacionados com a sua utilização agrícola. Sabendo-se que a aplicação do lodo de esgoto causa essas alterações, há necessidade de conhecê-las e verificar suas conseqüências. Assim, o presente projeto tem por objetivo geral estudar os impactos ambientais do uso agrícola do lodo de esgoto e como objetivos específicos: avaliar o efeito da aplicação do lodo de esgoto sobre a comunidade de organismos do solo, mais especificamente sobre: atividade microbiana do solo; micorrizas; sobrevivência de patógenos do homem nos solos; artrópodos do solo e populações de minhocas; avaliar o efeito da aplicação do lodo de esgoto sobre os fitopatógenos habitantes do solo, doenças e pragas das plantas; avaliar o efeito da composição química, da taxa e freqüência de aplicação de lodo de esgoto sobre os teores, evolução das formas químicas e mobilidade dos metais pesados; avaliar o efeito da aplicação de lodo de esgoto na absorção de metais pesados pelas plantas e na retenção em minhocas; quantificar o efeito da adição de lodo de esgoto sobre o comportamento de carbono no solo; estimar a taxa de mineralização, absorção pelas plantas e lixiviação de nitrogênio do lodo de esgoto; avaliar as alterações na estrutura do solo e na dinâmica da água causadas pela aplicação de lodo de esgoto; estabelecer a capacidade de suporte do solo Latossolo Vermelho escuro quanto à aplicação do lodo de esgoto e avaliar o efeito da solarização na sobrevivência de patógenos do homem em lodo de esgoto.

---

<sup>1</sup> Pesquisador Embrapa Meio Ambiente, CP 69; CEP13820-000 Jaguariúna, SP. E-mail: bettiol@cnpma.embrapa.br.

## INTRODUÇÃO

Toda atividade humana leva invariavelmente à produção de resíduos. Assim, a transformação e disposição racional destes resíduos, de forma a preservar o ambiente em equilíbrio com as atividades econômicas, é um dos problemas mais sérios a ser enfrentado. Entre os resíduos produzidos, as águas servidas (esgotos) são um dos mais problemáticos. Nas últimas décadas, com a crescente poluição dos rios, os esgotos começaram a sofrer um tratamento biológico que resulta na produção de um lodo rico em matéria orgânica e nutrientes para as plantas, denominado lodo de esgoto ou biossólido. Este necessita de uma adequada disposição final para não causar contaminação ambiental. Atualmente a região metropolitana da Grande São Paulo produz em torno de 500 Mg/dia de lodo de esgoto, com estimativa dessa região produzir 1.500 Mg/dia de lodo de esgoto até o ano 2005. Diversas outras localidades brasileiras estão produzindo lodo de esgoto, como Brasília-DF, Curitiba-PR, Londrina-PR, Franca-SP, Presidente Prudente-SP, São José dos Campos-SP e outras, com tendência de outras cidades, de médio e grande porte, passarem a tratar o esgoto nos próximos anos. Entre as diversas alternativas existentes para a utilização do lodo de esgoto (aterro sanitário; descarga em oceanos, lagoas e rios; incineração; produção de agregado leve e uso agrícola), a mais conveniente é a para fins agrícolas, pois como o lodo é rico em nutrientes e tem alto teor de matéria orgânica é recomendada sua aplicação, como condicionador de solo e/ou fertilizante. Entretanto, apesar dessas características que o torna apropriado para uso agrícola, o lodo de esgoto, além de poder apresentar diferentes teores de metais pesados em sua composição, contém

patógenos humanos. Assim, apesar do seu reconhecido potencial como fertilizante, há necessidade de se conhecer as alterações provocadas por esse material no sistema solo-água-planta.

O lodo de esgoto poderá causar alterações na comunidade de organismos do solo e com isso induzir problemas de doenças e pragas em plantas; reduzir a comunidade dos organismos benéficos, como os fixadores de nitrogênio, os micorrízicos e antagonistas; alterar a ciclagem de nutrientes; elevar o número de patógenos do homem nos solos e outros problemas. A presença de metais pesados no lodo de esgoto faz com que o conhecimento do comportamento desses elementos no solo, seja fundamental para o seu uso agrícola. Além desses dois aspectos, a aplicação de lodo de esgoto conduzirá a mudanças nas propriedades físicas e químicas do solo, bem como nos ciclos de carbono e de nitrogênio. Portanto, em todo e qualquer estudo com uso de lodo de esgoto na agricultura há necessidade de se conhecer o que ocorre com esses componentes do sistema. Essa necessidade decorre de que cada componente está desempenhando um papel fundamental em processos ecológicos, na estrutura física e nas propriedades químicas dos solos.

O desconhecimento dos efeitos do lodo de esgoto na comunidade de organismos, na dinâmica de carbono e nitrogênio, nas propriedades físicas e químicas, e no comportamento dos metais pesados nos solos tropicais é um dos problemas relacionados com a sua utilização agrícola. Sabendo-se que a aplicação do lodo de esgoto causa alterações nesses compartimentos há necessidade de identificá-las para verificar se não serão deletérias para os organismos, para o

desenvolvimento das culturas e para o ambiente. Como nas condições de solos tropicais praticamente não existem trabalhos que avaliem o efeito do lodo de esgoto na agricultura e seus impactos ambientais, é fundamental que tais estudos sejam realizados. Assim, o presente projeto tem por objetivos: avaliar o efeito da aplicação do lodo de esgoto sobre a comunidade de organismos do solo, mais especificamente sobre a atividade microbiana do solo; as micorrizas; a sobrevivência de patógenos do homem nos solos; os artrópodos do solo e populações de minhocas; avaliar o efeito da aplicação do lodo de esgoto sobre os fitopatógenos habitantes do solo, doenças e pragas das plantas; a sobrevivência de patógenos do homem após solarização; avaliar o efeito da composição química, da taxa e freqüência de aplicação de lodo de esgoto sobre os teores, evolução das formas químicas e mobilidade dos metais pesados; avaliar o efeito da aplicação de lodo de esgoto na absorção de metais pesados pelas plantas; quantificar o efeito da adição de lodo de esgoto sobre o comportamento de carbono no solo; estimar a taxa de mineralização, absorção pelas plantas e lixiviação de nitrogênio do lodo de esgoto; avaliar as alterações na estrutura do solo causadas pela aplicação de lodo de esgoto e conseqüências sobre a dinâmica da água no solo.

Na conferência "Lodo de esgoto: utilização agrícola e ambiente", realizada nos USA, em 1994, foram discutidos e apresentadas como extremamente importante a realização de pesquisas sobre os efeitos ecológicos do uso do lodo de esgoto, principalmente sobre a comunidade de organismos, mineralização de carbono e nitrogênio e os efeitos dos metais pesados nos solos e na água (Clapp et al., 1994),

sendo esses justamente os objetivos dos subprojetos que compõe o projeto, demonstrando a pertinência da realização desses trabalhos nas condições tropicais.

### Revisão de literatura

Evidências arqueológicas têm estabelecido o conceito de tratamento e disposição de esgoto na antigüidade. Entretanto, a prática sistemática de coleta e tratamento de esgoto e conseqüente disposição do lodo gerado vêm ocorrendo apenas neste último século (Page & Chang, 1994). O tratamento dos esgotos domésticos e industriais é fundamental tanto para a despoluição dos mananciais hídricos já poluídos, como para a preservação daqueles não poluídos. O tratamento, por meio de separação da fração sólida da líquida, é realizado pela combinação de processos físicos, químicos e biológicos (SABESP, 1979) e tem como subproduto o lodo de esgoto ou biossólido. No Brasil, o tratamento dos esgotos teve início na década de 80, ocorrendo apenas na última década um aumento significativo na quantidade tratada. O lodo de esgoto produzido no Brasil apresenta em sua composição, aproximadamente, 2,5% de N; 4,0% de  $P_2O_5$ ; 0,7% de  $K_2O$  e todos os demais nutrientes essenciais para as plantas (Bettiol et al., 1983; Ludivice, 1996; Miyazawa et al., 1996). Considerando a estimativa de produção de lodo de esgoto, apenas da Grande São Paulo, para o ano 2005 (1500 Mg/dia), ocorrerá uma reciclagem diária de 47,5 Mg de N, 60 Mg de  $P_2O_5$ ; 10,5 Mg de  $K_2O$ . Esses dados atingirão níveis consideráveis quando se analisa que o total de lodo de esgoto gerado por dia/habitante no Brasil, gira em torno de 37 g. Cogger & Sullivan (1991) estimaram em 500 mil dólares o valor de N e P no lodo de esgoto gerado em Washington. Ainda segundo esses autores, com

o uso do N do lodo de esgoto de Washington, 220.000 galões de combustível fóssil foram economizados.

Apesar dos benefícios como condicionador de solo e como fornecedor de nutrientes para as plantas, o lodo de esgoto apresenta dois problemas para a sua utilização agrícola: a presença de metais pesados e de patógenos do homem. Desses dois aspectos, o mais importante é a presença de metais pesados, mesmo porque os patógenos do homem podem ser completamente eliminados com tratamento químico, físico ou biológico do lodo (Logn & Mattiazzo-Prezzotto, 1992; Bettiol et al., 1983; Fernandes et al., 1996ab; Moscalewki et al., 1996; Hay, 1996). Entretanto, esse estudo para as condições tropicais é essencial devido a escassez de informações, pois alguns desses patógenos podem sobreviver por anos nos solos.

A origem do esgoto determina a qualidade final do lodo gerado. A composição do lodo de esgoto está relacionada com o nível sócio-econômico do povo, pois é resultante dos hábitos alimentares, saneamento básico e estágio da industrialização (Carvalho, 1982). A composição química do lodo de esgoto é muito variável e depende da origem dos resíduos (domésticos ou industriais) e do tipo de tratamento empregado (Parr & Willson, 1980; Sommers, 1977; Fortuny & Fuller, 1979; Miyazawa et al., 1996; Ludovice, 1996). De forma geral, os lodos são constituídos de compostos orgânicos, nutrientes para as plantas e metais pesados. Considerando as normas da União Européia e do EPA, os lodos de esgotos produzidos no Brasil, de forma geral, estão dentro dos padrões para uso agrícola (ISWA, 1995), exceção feita ao lodo gerado na Grande São Paulo em determinados períodos, que apresenta níquel acima dos limites tolerados.

Independente da origem do lodo, quando for para uso agrícola há necessidade de sua caracterização química para determinar a quantidade a ser aplicada.

O lodo de esgoto pode fornecer às plantas, em quantidades satisfatórias, com exceção do potássio, todos os nutrientes essenciais para culturas como Pinus, milho, trigo, soja, arroz, feijão, sorgo, pastagens e cana-de-açúcar (Schreeg & Jarrett, 1996; Bettiol et al., 1982/1983; Boaretto et al., 1992; Cogger & Sullivan, 1991; Dias, 1994; Logsdon, 1993; Marques, 1990; Silva, 1995; Biscaia & Miranda, 1996; Lourenço et al., 1996). Esses autores verificaram ainda que para essas culturas, a aplicação do lodo de esgoto propiciou produtividade semelhante à fertilização mineral. Em milho, Faust & Oberst (1996) verificaram que a aplicação de lodo de esgoto proporcionou produtividade igual ou superior aos fertilizantes minerais e Logsdon (1993) apresentou informações sobre aumento de 35% na produtividade da cultura. Segundo Page & Chang (1994), resultados de campo demonstram que as culturas desenvolvem-se adequadamente em solo onde o lodo de esgoto foi aplicado e não acumulam As, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni ou Zn em quantidades que possam causar problemas aos consumidores.

A maioria dos nutrientes no lodo de esgoto está na forma orgânica (Sabey, 1980). Para condições de clima temperado, Walsh (1979) acredita que os nutrientes do lodo de esgoto são liberados lentamente com o desenvolvimento das plantas, reduzindo as perdas. Entretanto, não se conhece a dinâmica para solos tropicais, onde a decomposição da matéria orgânica é mais intensa. Berton et al. (1989) e Mello et al. (1994) verificaram aumento na CTC e no pH do solo com a incorporação de lodo de esgoto.

Apesar da reconhecida qualidade do lodo de esgoto como condicionador do solo e fontes de nutrientes, segundo Page & Chang (1994), são necessárias informações sobre os riscos de uso por longo período, associado à aplicação no solo, principalmente o potencial de lixiviação de nitrato, transferência de elementos tóxicos e fitotoxicidade.

Efeito de lodo de esgoto sobre fitopatógenos habitantes do solo, doenças de plantas e atividade microbiana, matérias orgânicas, quando incorporadas ao solo, reduziram a incidência de doenças causadas por fitopatógenos habitantes do solo (Hoitink, 1980; Lumsden et al. 1983; Van Assche & Uyttebroeck, 1981). As primeiras citações envolvendo lodo de esgoto para o controle de fitopatógenos são de Cook et al. (1964) e Markland (1969), citados por Liu (1995), os quais testaram fertilizantes nitrogenados e verificaram que os fertilizantes inorgânicos não reduziram a doença "dollar spot" em gramados, sendo reduzida com a aplicação de lodo de esgoto compostado. Millner et al. (1982) e Lundsden et al. (1986) verificaram que lodo de esgoto compostado controlou **Sclerotinia minor** da alface. Ainda Millner et al. (1982) e Lumsden et al. (1983) verificaram que o lodo de esgoto compostado foi efetivo no controle de **Aphanomyces euteiches** em ervilha, **Rhizoctonia solani** em algodão, feijão e rabanete, **Phytophthora capsici** em pimentão. Entretanto, esses mesmos autores verificaram que o lodo de esgoto não apresentou efeito no controle de: **Pythium ultimum** e **Fusarium solani** em ervilha, **Pythium aphanidermatum** e **Thielaviopsis basicola** em feijão. Trabalhando com lodo de esgoto, Bettioli & Krugner (1984) verificaram que, além de estimular o crescimento das plantas, esse resíduo reduziu a severidade da

podridão de raiz (**Pythium arrhenomanes**) em sorgo. Matéria orgânica compostada além de controlar os fungos fitopatogênicos habitantes do solo, induzem as plantas a se tornarem resistentes a patógenos da parte aérea (Hoitink et al. 1997), sendo esse aspecto importante no manejo integrado de doenças.

McIlveen & Cole (1977), estudando a influência do lodo de esgoto sobre os componentes biológicos do agroecossistema milho, verificaram que o lodo de esgoto não afetou a incidência de murcha bacteriana, mas a aplicação crescente de lodo aumentou a podridão de *Gibberella*. Verificaram ainda que aplicações de 22 e 44 Mg/ha aumentaram as populações de bactérias e de actinomicetos no solo, o mesmo ocorrendo com a população de algas na superfície do solo. Entretanto, comparando com a aplicação de esterco, nas mesmas concentrações do lodo, concluíram que os efeitos dos materiais são semelhantes.

A efetividade de compostos de diferentes matérias orgânicas no controle de patógenos habitantes do solo é bem conhecida (Hadar & Mandelbaum, 1992; Hoitink et al. 1986, 1991, 1993; Trankner, 1992). Diversos estudos concluíram que a supressividade de **Pythium** é diretamente correlacionada com a atividade microbiana sustentada pela incorporação de compostos no solo (Chen et al., 1987, 1988ab, Mandelbaum & Hadar, 1990, Hadar & Mandelbaum, 1992). Compostos produzidos a partir de lodo de esgoto também têm sido relatados como supressivo a **Pythium** (Kuter et al, 1988; Hoitink et al., 1993). Entretanto, em alguns estudos não foi verificado efeito de compostos na supressividade de fitopatógenos. Outros estudos demonstraram que a supressividade não ocorreu logo após a incorporação do lodo de esgoto, mas sim um

ano após (Lumsden et al., 1983). Craft & Nelson (1996) também verificaram que compostos de lodo de esgoto não foram inicialmente supressivos ao tombamento causado por **Pythium** em gramados, mas tornaram supressivos com o aumento da maturação do material. Esses autores também observaram que o composto de lodo de esgoto foi supressivo a **Pythium graminicola**, agente causal de podridão de raiz em gramados, e que a severidade da doença foi negativamente correlacionada com a atividade microbiana, avaliada por meio da hidrólise de diacetato de fluoresceína.

Bettiol & Krugner (1986ab) e Bettiol et al. (1986) verificaram que lodo de esgoto, além de inibir o crescimento de fungos micorrízicos em concentrações superiores a 1.000 ppm, também inibiu a formação de micorrizas em mudas de Pinus. Berry & Marx (1976) verificaram que lodo de esgoto propiciou maior desenvolvimento de Pinus e que as mudas com micorrização artificial apresentaram maior desenvolvimento do que as naturalmente infectadas. Bohn & Liberta (1992) não verificaram supressão na formação de micorriza vesículo-arbuscular com aplicação de lodo de esgoto em milho. Estudando a disponibilidade de metais pesados do lodo de esgoto e micorrização em solo arenoso, Weissenhorn et al. (1995) não encontraram correlação entre a micorrização e a exposição aos metais, sugerindo uma certa tolerância das populações selvagens dos fungos micorrízicos aos metais pesados. Nas condições tropicais não foram encontrados relatos dos possíveis efeitos de lodo de esgoto em micorriza vesículo-arbuscular.

Miller (1973) discute os aspectos microbiológicos da utilização de lodo de esgoto na agricultura, demonstrando que ocorre

aumento nas populações de bactérias, fungos e actinomicetos com a incorporação do lodo de esgoto.

São escassos os trabalhos sobre o efeito de lodo de esgoto em pragas de plantas, mas aplicando lodo de esgoto em milho, Schreeg & Jarrett (1996) verificaram aumento de broca dos colmos, com redução na produtividade.

Um dos riscos do uso agrícola do lodo de esgoto é a presença de patógenos humanos. Como uma das principais funções do tratamento do esgoto é a eliminação ou redução dos patógenos do homem, quando esse material é aplicado no solo apresenta um menor potencial de contaminação. Entretanto, os patógenos apresentam diferentes capacidade de sobrevivência nos solos, sendo de dias, como os coliformes fecais, até anos com os ovos de helmintos (Angle, 1994), havendo necessidade de estudar a sobrevivência dos patógenos em cada condição de uso.

**Efeito de lodo de esgoto sobre oligoquetas.** Minhocas são grandes aliadas do solo, melhorando principalmente suas propriedades físicas. A presença de matéria orgânica é essencial para seu desenvolvimento e, em decorrência sua preferência por habitats com alta concentração desse material. Pallant & Hilster (1996) observaram que as minhocas desenvolveram-se bem em áreas onde bio sólidos foram aplicados e estimularam o crescimento dos vegetais. A concentração de matéria orgânica, pela aplicação de bio sólidos, aumentou a densidade e biomassa de minhocas em área cultivada (Edwards & Lofty, 1982; Hamilton & Dindal, 1989), ocasionando intenso “esburacamento”, o que estimulou a respiração microbiana e aumentou o fluxo de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> (Stevenson et al., 1984). Por outro lado, a aplicação de bio sólidos contaminados com

metais pesados pode ocasionar efeitos nocivos em oligoquetas, destacando-se, porém, o acúmulo de metais nessa fauna. Foi observado que minhocas acumulam Cd, Cu, Pb e Zn em concentrações mais elevadas que aquelas encontradas em solos onde bio sólidos foram aplicados ( Pietz et al., 1984; Kruse & Barret, 1985; Levine et al., 1989; Benninger-Truax & Taylor, 1993). Em parcelas com aplicação de bio sólidos durante 11 anos, as minhocas apresentaram concentrações de cádmio 105 vezes maiores que o solo (Brewer & Barret, 1995). Em campo com quatro anos de aplicação, a concentração desse metal foi nove vezes maior em minhocas de parcelas com bio sólidos do que naquelas em que somente aplicaram-se fertilizantes químicos (Kruse & Barret, 1985). Pietz et al. (1984) observaram que a concentração de metais em minhocas aumentou com o tempo, ocorrendo acúmulo, em ordem decrescente de concentração de Cu, Cd, Ni, Cr, Pb e Zn. A minhoca não excreta os metais ingeridos, estes acumulam em suas glândulas e sacos calcíferos (Schrader, 1992). Isto pode representar risco aos animais que a utilizam como alimento, tais como répteis, anfíbios, aves e alguns mamíferos (Brewer & Barret, 1995). A vermicompostagem é técnica muito utilizada na produção de húmus e essa produção poderia ser incrementada, pela adição de bio sólidos a esterco ou a outros resíduos. Haimi & Huhta (1987) compararam a produção de húmus por vários meios, e observaram que minhocas **Eisenia fetida** processaram esses bio sólidos em um mês, resultando em homogênea massa húmica. Brewer & Barret (1995) citaram que minhocas talvez funcionassem como absorvente biológico para metais pesados. Elvira et al. (1996), estudando a bioconversão de polpa de papel com lodo de esgoto primário, através de

**E. andrei**, obtiveram que a minhoca acelerou a mineralização da matéria orgânica, favorecendo a quebra de polissacarídeos estruturais e aumentou a taxa de humificação, resultando em produto final com menor taxa C:N e menor grau de extratibilidade de metais pesados.

**Problemas com os metais pesados do lodo de esgoto.** Embora contenham quantidades consideráveis de nutrientes, os lodos de esgoto contêm também metais pesados que são potencialmente tóxicos às plantas, animais e ao homem (Mortvedt, 1996). A periculosidade desses metais deve-se ao fato de substituírem outros metais constituintes das enzimas necessárias às atividades metabólicas dos seres vivos, prejudicando ou mesmo suprimindo sua função vital (Lagerwerff, 1972). Adicionados ao solo através do lodo, esses metais podem acumular no solo e passar para a cadeia alimentar. Além do risco de contaminação do solo, plantas e animais, os metais pesados contidos no lodo podem sofrer movimentação no perfil dos solos mediante processos físico-químicos ou biológicos, oferecendo risco de contaminação das águas subterrâneas e superficiais (McBride et al., 1997). Indicação nesse sentido é dada por resultados citados por McBride et al. (1997), que mostram contaminação da água de poços com cádmio em áreas que receberam lodo de esgoto por longo tempo. Segundo Mortvedt (1996), taxas de aplicação anuais de lodo e cargas máximas permitidas nos solos devem integrar os conhecimentos das características do lodo e dos solos onde serão aplicados, bem como das culturas a serem plantadas nessas áreas. Nos países onde o uso agrônômico de lodo de esgoto já é comum, foram estabelecidos critérios de aplicação em áreas agrícolas. Segundo esses critérios a dose máxima de aplicação anual é ditada em geral pelo teor de N ou P do lodo e

pela exigência nutricional da cultura para tais elementos e o período de aplicação, em anos, é ditado pelas quantidades de metais pesados neles contidos.

No Brasil, as pesquisas sobre o uso de lodo de esgoto na agricultura, desenvolvidas até o momento, estiveram, em geral, voltadas para a avaliação da eficiência agrônômica desses produtos, tendo-se constatado, sua efetividade no aumento de produtividade das culturas e como fornecedor de nutrientes para as plantas (Bettiol et al., 1983; Gushi et al., 1982; Guimarães et al., 1982; Boaretto, 1986; Silva, 1995). O efeito de sua aplicação em áreas agrícolas, em relação ao seu potencial de contaminação do solo, das águas e das plantas com metais pesados, ainda é pouco conhecido. Também as formas químicas que os metais pesados contidos nos lodos assumem, a partir do momento que aportam ao solo, são ainda pouco estudadas nas condições edafo-climáticas dos trópicos. Este é um aspecto importante do uso agrônômico do lodo de esgoto, pois o movimento dos metais pesados no sistema solo-água-planta dependem das relações de equilíbrio entre as formas químicas encontradas no solo após a adição desses materiais.

Independente de condições edafoclimáticas, os metais pesados encontram-se no solo sob diversas formas: adsorvidos eletrostaticamente e especificamente, participando de reações de precipitação-dissolução, formando complexos com a matéria orgânica, e na solução do solo (Sposito, 1989). Resultados de diversos trabalhos conduzidos em regiões de clima temperado indicam que as formas químicas de alguns metais pesados em solos tratados com lodo de esgoto modificam-se com o tempo, sugerindo concomitante alteração na sua solubilidade e mobilidade no sistema solo-

água-planta e na disponibilidade para as plantas (Korcak & Fanning, 1978; Silveira & Summers, 1977; McGrath & Cegarra, 1992; McBride, 1995). Sing & Narvall (1984), Chang et al. (1982), Chu & Wong (1987), McLean et al. (1987) e Rappaport et al. (1987) mostram aumentos nos teores de metais pesados no solo e nas plantas cultivadas em solos tratados com lodo de esgoto. Esses metais podem permanecer no solo por longo tempo e apresentar efeitos residuais nas plantas cultivadas. McBride et al. (1997), avaliando o comportamento de metais pesados em área de solo argilo-siltoso, tratado com 240 t/ha de lodo de esgoto, 15 anos antes, verificaram que Cd e Zn remanescentes na camada arável, após esse período encontravam-se ainda em formas disponíveis e provocaram fitotoxicidade em plantas de milho. Os autores observaram evidências de lixiviação de Cd, Zn, Cu e Hg da camada arável do solo. Brown et al. (1997) também verificaram movimento de metais pesados no perfil do solo, mas somente com doses elevadas de lodo, ou com lodos com altas concentrações de metais pesados. Segundo os autores, não há indicação de que os metais pesados se movimentem no perfil do solo em áreas que recebam doses agronomicamente adequadas de lodo.

Os lagos e reservatórios constituem os ambientes deposicionais para os metais pesados. A forma de transporte desses elementos é, principalmente, particulada, no caso de contaminação originada de áreas agrícolas (Esteves, 1983). A relação entre a concentração de metais pesados nos sedimentos e dissolvido na água pode chegar à ordem de 1.900 vezes, como observaram Esteves & Tolentino (1986) em represas de São Paulo. Devido ao efeito de acumulação na cadeia trófica, mesmo pequenas concentrações de

metais pesados na água podem originar efeitos tóxicos nas comunidades bióticas, e por conseguinte, atingir o homem caso este venha a utilizar estes recursos.

**Mineralização do nitrogênio e do carbono do lodo de esgoto, no solo.** A utilização do lodo no solo com fins agrícolas exige uma regulamentação para minimizar a contaminação do ambiente. Normalmente, as recomendações são baseadas no valor de fertilização (N, P e K), levando-se em consideração as concentrações de metais pesados presentes no lodo (Sommers, 1977). A variação na composição química do lodo de uma estação de tratamento e entre diferentes estações (Sommers et al., 1976; Sommers, 1977; Hall, 1984) indica a necessidade de adequada monitoração para efeito de recomendação da quantidade a ser aplicada no solo. O teor médio de nitrogênio total no lodo varia de 2 a 6% (Sommers, 1977; Sommers et al., 1976) apresentando uma variação menor que 0,1 a 17,6% (Sommers, 1977). A proporção do nitrogênio solúvel apresenta uma variação de menor que 5 a maior que 70% (Hall, 1984), sendo representado principalmente pelo íon  $\text{NH}_4$  que pode participar em mais de 90% da porção inorgânica do nitrogênio.

A United States Environmental Protection Agency (USEPA, 1993) regulamenta o uso agrícola do lodo produzido pelas estações de tratamento de efluentes domésticos. A premissa básica desta regulamentação é que a aplicação do lodo no solo deve ser baseada em taxas de aplicação agrônômica, relacionadas à necessidade de nitrogênio (N) por parte das culturas, embora em algumas situações o fósforo (P) ser o elemento limitante. A determinação dessa taxa é crítica para prevenir a lixiviação de nitrato para as águas subterrâneas. Como

grande parte do nitrogênio presente no lodo encontra-se na forma orgânica, a taxa de mineralização é um dos principais fatores que deverá determinar a quantidade anual de aplicação do lodo para satisfazer às exigências das culturas. Tais recomendações, entretanto, não deverão provocar a formação excessiva de nitrato no solo. Vários estudos sobre estimativas de mineralização do N do lodo em condições controladas estão disponíveis. A maioria dos resultados estão confinados ao N mineralizado num prazo de um ano após a aplicação.

Parker & Sommers (1983) encontraram as seguintes variações nas taxas de mineralização de N baseadas em incubações de 16 semanas em laboratório: 25% de um lodo primário, 40% de um lodo ativado, 15% de um lodo anaeróbico e 8% de um lodo na forma de composto. Lindermann et al. (1988) trabalhando com solo que recebeu aplicação de lodo pela primeira vez, verificaram mineralização de 65% do N durante incubação de 16 semanas e que a taxa de mineralização do N foi independente da aplicação anterior de lodo. Lerch et al. (1992) registraram uma variação na taxa de mineralização do N de 27% a 55% durante um período de incubação de 12 semanas, com sete diferentes lodos de esgoto. Magdoff & Amadon (1980) encontraram uma média de mineralização de N; no âmbito de campo, para o primeiro ano de aplicação em torno de 55%, bastante próximo do valor encontrado de 54% em experimento de incubação em laboratório, durante 17 semanas. Keeney et al. (1975) sugeriram a seguinte série de declínio do N orgânico: de 15% a 20%, 6%, 4% e 2% para o primeiro, segundo, terceiro e quarto anos após a aplicação, respectivamente. Boyle & Paul

(1989) verificaram que o potencial de mineralização de N aumentou com as doses de aplicação de lodo e que o potencial de mineralização de cálcio (C) não se correlacionou com as doses de aplicação. Estes mesmos autores verificaram que após três anos de aplicação de lodo no solo, a decomposição da fração orgânica pode ser descrita por um conjunto de equações cinéticas de primeira ordem, caracterizadas por uma fração com elementos estáveis que se apresenta em maior quantidade; e por uma segunda fração, em menor quantidade, consistindo de elementos mais lábeis.

A microbiota do solo contém substanciais quantidades de C e N, que após a morte são prontamente mineralizadas pelos organismos sobreviventes (Jenkinson & Powlson, 1976). Em um estudo de campo, Lybch & Panting (1980) verificaram no período de ano, uma flutuação no tamanho da biomassa em um solo agrícola de 1,1% a 2,7% do C total do solo. Apesar da biomassa microbiana representar uma percentagem bastante baixa, em relação às quantidades de C e N totais no solo, é um compartimento dinâmico, cuja atividade é responsável pelas principais transformações destes elementos no solo. Robertson (1988) verificou que 20% do carbono mineralizável é relacionado com o declínio da biomassa nas primeiras doze semanas de incubação. Boyle & Paul (1989) verificaram que o declínio médio do conteúdo de C na biomassa microbiana atingiu a metade do valor inicial, após 21 semanas de incubação.

Efeito do lodo de esgoto nas propriedades físicas do solo. O lodo de esgoto, além de fornecer elementos químicos às plantas, são também condicionadores das propriedades físicas do solo, dada à grande quantidade de matéria orgânica que comportam (Bernardes, 1982). As propriedades que podem sofrer

alteração pela adição deste resíduo são a densidade, a capacidade de retenção de água (Moraes, 1990) e a estabilidade dos agregados (Allison, 1973). Cick & McCoy (1993) verificaram aumento na infiltração e retenção de água e redução na temperatura do solo após a incorporação de compostos de lodo de esgoto.

Lal (1994) agrupa os atributos do solo em três grandes grupos que permitem separar os principais processos que ocorrem. O primeiro grupo, denominado de mecânico, inclui a textura, a estrutura, a distribuição de tamanhos de poros e a profundidade do solo. Estes atributos influenciam em vários processos que modificam a estrutura do solo como compactação, densidade, formação de crosta, selamento da superfície, infiltração de água e escoamento superficial. O segundo grupo, denominado de hidrológico, inclui a retenção e transmissão de água, drenagem de superfície e subsuperfície que interferem nos processos de lixiviação, drenagem profunda e nos fluxos de subsuperfície. O terceiro grupo, chamado de térmico, que consiste na capacidade de aquecimento e na condutividade térmica, os quais interagem com o clima e com o regime de umidade do solo e influenciam na temperatura do solo e no fluxo de calor. Estes atributos influenciam amplamente os processos de mineralização da matéria orgânica, respiração microbiana, desnitrificação e na biodiversidade do solo, além de interferir nas trocas gasosas entre solo e atmosfera.

## OBJETIVOS DO PROJETO

O projeto tem como objetivo geral obter informações sobre os impactos ambientais do uso agrícola do lodo de esgoto, para fins de adequação de uso e de estabelecimento de capacidade de suporte dos solos.

Os objetivos do projeto são:

Avaliar o efeito da aplicação do lodo de esgoto sobre a comunidade de organismos do solo, mais especificamente sobre: atividade microbiana do solo; micorrizas; sobrevivência de patógenos do homem nos solos; artrópodos do solo e populações de minhocas;

Avaliar o efeito da aplicação do lodo de esgoto sobre os fitopatógenos habitantes do solo, doenças e pragas das plantas;

Avaliar o efeito da composição química, da taxa e frequência de aplicação de lodo de esgoto sobre os teores, evolução das formas químicas e mobilidade dos metais pesados;

Avaliar o efeito da aplicação de lodo de esgoto na absorção de metais pesados pelas plantas e na retenção em minhocas;

Quantificar o efeito da adição de lodo de esgoto sobre o comportamento de carbono no solo;

Estimar a taxa de mineralização, absorção pelas plantas e lixiviação de nitrogênio do lodo de esgoto;

Avaliar as alterações na estrutura do solo e na dinâmica da água causadas pela aplicação de lodo de esgoto;

Estabelecer a capacidade de suporte do solo Latossolo Vermelho escuro quanto à aplicação do lodo de esgoto;

Avaliar o efeito da solarização na sobrevivência de patógenos do homem em lodo de esgoto.

## COMENTÁRIOS GERAIS

No momento esse projeto encontra-se em julgamento, com início previsto para janeiro de 1999. Seria importante receber críticas para o seu aperfeiçoamento. Além das críticas, a participação pode ser discutida, haja vista, que se trata de um projeto de longo prazo.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos seguintes colegas que colaboraram na elaboração deste projeto: José Flávio Dynia, Marco Antônio F. Gomes, Marco Antônio V. Ligo, Mariette S.B. Brandão, Luiz Antônio Silveira Melo, Rosana F. Vieira, Heloisa F. Filizola, Manoel Dornelas de Souza.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGLE, J.S. Sewage sludge: pathogenic considerations. In: Clapp, C.E.; Larson, W.E.; Dowdy, R.H. *Sewage sludge: Land utilization and the environmental*. American Society of Agronomy, Madison, p.35-39, 1994.
- BERNARDES, L.F. *Efeitos da aplicação do lodo de esgoto nas propriedades físicas do solo*. Jaboticabal, UNESP/FCAV, 1982. 50p.
- BERRY, C.R.; MARX, D.H. Sewage sludge and *Pisolithus tinctorius ectomycorrhizae*: their effect on growth of pine seedlings. *Forest Science*, v.22, p.351-358, 1976.
- BERTON, R.S.; VALLADARES, J.M.A.S. Potencial agrícola do composto de lixo orgânico no Estado de São Paulo. *O Agrônomo* 43(2/3): 87-93, Campinas, 1991.
- BERTON, R.S. Fertilizantes e poluição. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do solo e nutrição de plantas. 20. Piracicaba, 1992. *Anais*. Campinas, Fundação Cargill, 192, 425p.
- BERTON, R.S.; CAMARGO, O.A.; VALADARES, J.M.A.S. Absorção de nutrientes pelo milho em resposta à adição de lodo de esgoto a cinco solos paulistas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.13, p.187-192, 1989.
- BETTIOL, W.; CARVALHO, P.C.T. Utilização de lodo de esgoto primário e fertilizantes organo-mineral na cultura de milho. *Fertilizantes* 4(1): 14-15, São Paulo, 1982.
- BETTIOL, W.; KRUGNER, T.L. Influência do lodo de esgoto na severidade da podridão de raiz do sorgo causada por *Pythium arrhenomanes*. *Summa Phytopathologica*, v.10, p.243-251, 1984.

- BETTIOL, W.; KRUGNER, T.L. Influência de matéria orgânica na formação de ectomicorrizas em mudas de Pinus por Pisolithus tinctorius e Thelephora terrestris. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.26, p.619-624, 1986a.
- BETTIOL, W.; KRUGNER, T.L. Influência de matéria orgânica no crescimento dos fungos ectomicorrízicos Pisolithus tinctorius e Thelephora terrestris. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.21, p.829-835, 1986b.
- BETTIOL, W.; FRANCO, B.J.D.C.; CARVALHO, P.C.T. Utilização do lodo de esgoto como fertilizante para cultura de arroz (*Oryza sativa* L. cv. IAC 165). *Anais do II Congr. Bras. Inic. Cient. Ciênc. Agrárias*, Piracicaba, ESALQ, 1982. p.218-219.
- BETTIOL, W.; CARVALHO, P.C.T.; FRANCO, B.J.D. Utilização do lodo de esgoto como fertilizante. *O Solo*, v.75, n.1, p.44-54, 1983.
- BETTIOL, W.; AUER, C.G.; KRUGNER, T.L.; PREZOTTO, M.E.M. Influência de lodo de esgoto e de acículas de Pinus na formação de ectomicorrizas em mudas de Pinus caribaea var. hondurensis pelos fungos Pisolithus tinctorius e Thelephora terrestris. *IPEF*, v.34, p.41-46, 1986.
- BETTIOL, W.; MIGHELI, Q.; GARIBALDI, A. Controle, com matéria orgânica, do tombamento do pepino, causado por *Pythium ultimum*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.32, p.57-61, 1997.
- BISCAIA, R.C.M.; MIRANDA, G.M. Uso de lodo de esgoto calado na produção de milho. *SANARE*, v.5, n.5, p.86-89, 1996.
- BENNINGER-TRUAX, M.; TAYLOR, D.H. Municipal sludge metal contamination of old-field ecosystems: do liming and tilling affect remediation. *Environ. Toxicol. Chem.*, 12(10):1931-43, 1993.
- BOARETTO, A.E. (coord.). *Uso do lodo de esgoto como fertilizante*. Botucatu, FINEP, 1986. 185p.
- BOARETTO, A.E.; MURAOKA, T.; NAKAGAWA, J.; CHITOLINA, J.C. Níquel e cádmio em grãos de feijão produzidos em solo incubado com lodo de esgoto. In: *Reunião Brasileira de Fertilidade do solo e nutrição de plantas*, 20. Piracicaba, 1992. *Anais*. Campinas, Fundação Cargill, 1992, p.400-401.
- BOYLE, M; BOARETTO, A.E.; A. PAUL. Carbon and Nitrogen mineralization kinetics in soil previously amended with sewage sludge. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 53: 99-103, 1989
- BROOKES, P.C.; LANDMAN, A.; PRUDEN, G.; JENKINSON, D.S. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 17:837-842, 1985.
- BREWER, S.R.; BARRET, G.W. Heavy metal concentrations in earthworms following long-term nutrient enrichment. *Bull. Environ. Toxicol.*, 54(1):120-7, 1995.
- BROWN, S.; CHANEY, R.; ANGLE, J.S. Subsurface liming and metal movement in soils amended with lime-stabilized biosolids. *J. Environ. Qual.*, 26: 724-732, 1997.
- CETESB. *Coliformes totais e fecais: determinação do número mais provável pela técnica de tubos múltiplos*. São Paulo: Cetesb, 1984a. 37p.
- CETESB. *Streptococos fecais: determinação do número mais provável pela técnica de tubos múltiplos*. São Paulo: Cetesb, 1984b. 32p.
- CETESB. *Salmonella: isolamento e identificação - método de ensaio*. São Paulo: Cetesb, 1987, 51p.
- CETESB. *Helmintos e protozoários patogênicos: contagem de ovos e cistos em amostras ambientais*. São Paulo: Cetesb, 1989. 22p.
- CHANG, A.C.; PAGE, A.L.; WARNECK, J.E.; JOHANSON, J.B. Effects of sludge application on the Cd, Pb and Zn levels of selected vegetable plants. *Hilgardia*, 50: 7-14, 1982.
- CHEN, W.; HOITINK, H.A.J.; SCHMITTHENNER, A.F. Factors affecting suppression of *Pythium damping-off* in container media amended with composts. *Phytopathology*, v. 77, p.755-760, 1987.
- CHEN, W.; HOITINK, H.A.J.; MADDEN, L.V. Microbial activity and biomass in container media for predicting suppressiveness to damping-off caused by *Pythium ultimum*. *Phytopathology*, v.78, p.1447-1450, 1988a.
- CHEN, W.; HOITINK, H.A.J.; SCHMITTHENNER, A.F.; TUOVINEN, O.H. The role of microbial activity in uppression of damping-off caused by *Pythium ultimum*. *Phytopathology*, v.78, p.314-322, 1988b.

- CHU, L.M.; WONG, M.H. Heavy metal contents of vegetable crops treated with refuse compost and sewage sludge. *Plant and Soil*, 103(2): 191-197, 1987.
- COGGER, C.; SULLIVAN, D. *Recycling municipal wastewater sludge in Washington*. Washington State University, CEB1638. 1991. 9p.
- Council of the European Communities (CEC). Council directive on the protection of the environment and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture. *Official Journal of The European Communities*. Nº L 181/ 6-12. 1986.
- CRAFT, C.M.; NELSON, E.B. Microbial properties of composts that suppress damping-off and root rot of creeping bentgrass caused by *Pythium graminicola*. *Applied and environmental microbiology*, v.62, p.1550-1557, 1996.
- DIAS, F.L.F. *Efeito da aplicação de calcário, lodo de esgoto e vinhaça em solo cultivado com sorgo granífero (Sorghum bicolor L.)*. Jaboticabal, UNESP/FCAV, 1994, 74p.
- DICK, W.A.; MCCOY, E.L. Enhancing soil fertility by addition of compost. In: Hoitink, H.A.J. & Keener, H.M. (ed). *Science and engineering of composting: Design, environmental, microbiological and utilization aspects*. Renaissance Publ., Worthington, OH, p.622-644, 1993
- DOU, H.; ALVA, A.K.; KHAKURAL, B.R. Nitrogen mineralization from citrus tree residues under different production conditions. *Soil Science Society of American Journal*, 61:1226-1232, 1997.
- EDWARDS, C.A.; LOFTY, J.R. Nitrogenous fertilizers and earthworm populations In: agricultural soils. *Soil Biol. Biochem.*, 14 (5): 515-21, 1982.
- ELVIRA, G.C.; GOICOECHEA, M.; SAMPEDRO, L.; MATO, S.; NOGALES, R. Bioconversion of solid paper-pulp mill sludge by earthworms. *Bioresource Technology*, 57(2) :173-7, 1996.
- ESTEVEZ, F. A. *Fundamentos de Limnologia*. Interciência/FINER, Rio de Janeiro, 575p., 1988.
- ESTÈVES, F.A.; TOLENTINO, M. Identificação e caracterização de alguns grupos de represas do Estado de São Paulo, com base na composição química dos seus sedimentos. *Ciê. e Cul.* 38: 540-545. 1986.
- FAUST, J.G.; OBERST, R.L. Economic value of biosolids to farmers. *Biocycle*, v.37, n.1, p.67-69, 1996.
- FERNANDES, F.; COELHO, L.O.; NUNES, C.W.; SILVA, S.M.C.P. Aperfeiçoamento da tecnologia de compostagem e controle de patógenos. *SANARE*, v.5, n.5, p.36-45, 1996a.
- FERNANDES, F.; ANDRAUS, S.; ANDREOLI, C.V.; BONNET, B.R.P.; BORGES, J.C.; CANTO, L.A.; MEDEIROS, M.L.B. Eficiência dos processos de desinfecção do lodo da Ete-Belém com vista a seu uso agrícola. *SANARE*, v.5, p.46-58, 1996b.
- FOG, K. The effect of added nitrogen on the rate of decomposition of organic matter. *Biological Reviews*, 63:433-462.
- FOSTER, N.W.; BEAUCHAMP, E.G.; CORKE, C.T. Reactions of 15-N- labelled urea with jack pine forest-floor materials. *Soil Biology and Biochemistry*, 17:699-703, 1985.
- GOMES, P.C.; FONTES, M.P.F.; COSTA, L.M.; MENDONÇA, E.S. Extração fracionada de metais pesados em latossolo vermelho-amarelo. *R. bras. Ci. Solo*, 21:543-551, 1997.
- GUIMARÃES, C.R.B.; BOARETTO, A.E.; NAKAGAWA, J. Utilização do lodo de esgoto em comparação com fertilizantes químicos feijão irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 2., Piracicaba, 1982. *Anais*. Piracicaba, ESALQ, 1982. p.216-8.
- GUSHI, R.S.; BOARETTO, A.E.; NAKAGAWA, J. Utilização do lodo de esgoto em comparação com fertilizantes químicos - feijão não irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 2., Piracicaba, 1982. *Anais*. Piracicaba, ESALQ, 1982. p.214-6.
- GRISI, B.M. Método químico de medição da respiração edáfica: alguns aspectos técnicos. *Ciência e Cultura*, v.30, n.1, p.82-88, 1978.
- HADAR, Y.; MANDELBAUM, R. Suppressive compost for biocontrol of soilborne plant pathogens. *Phytoparasitica*, v.20, p.113-116, 1992.
- HAIMI, J.; HUHTA, V. Comparison of composts produced from identical wastes by vermistabilization and conventional composting. *Pedobiologia*, 30(2):137-44, 1987.

- HALL, J.E. Predicting the nitrogen values of sewage sludges. In: LHERMIT, P. & OTT, H. eds. Processing and use of sewage sludge. *Proceedings of the third international symposium held at Brighton, September 27-30, 1983*. Dordrecht, D. Reided Publishing Company. p. 268-277, 1984.
- HAMILTON, W.E.; DINDAL, D.L. Impact of landspread sewage sludge and earthworm introduction on established earthworm and soil structure. *Biol. Fertil. Soils*, 8(2):160-5, 1989.
- HAY, J.C. Pathogen destruction and biosolids composting. *Biocycle*, v.37, n.6, p.67-76, 1996.
- HOITINK, H.A.J. Composted bark, a lightweight growth medium with fungicidal properties. *Plant Disease*, v.64, p.142-147, 1980.
- HOITINK, H.A.J.; BOEHM, M.J.; HADAR, Y. Mechanisms of suppression of soilborne plant pathogens in compost-amended substrates. In: HOITINK, H.A.J. & KEENER, H.M. (ed). *Science and engineering of composting: design, environmental, microbiological and utilization aspects*. Renaissance Publications, Worthington, Ohio. p.601-621, 1993.
- HOITINK, H.A.J.; FAHY, P.C. Basis for the control of soilborne plant pathogens with composts. *Annual Review of Phytopathology*, v. 24, p.93-114, 1986.
- HOITINK, H.A.J.; ZHANG, W.; HAN, D.Y.; DICK, W.A. Making compost to suppress plant disease. *Biocycle*, v.38, p.40-42, 1997.
- IPT/CETESB *Aproveitamento do lodo de esgoto como fertilizante*. São Paulo, IPT, 1983. v.2.
- JENKINSON, D. S.; D. S. POWLSON. The effect of biocidal treatment on metabolism in soil. V. A method for measuring soil biomass. *Soil Biol. Biochem.* 8:209-213, 1976.
- KORCAK, R.F.; FANNING, D.S. Extractability of Cd, Cu, Ni and Zn by double acid versus DTPA and plant content at excessive soil levels. *J. Environ. Qual.*, 7(4):506-512, 1978.
- KRUSE, E.A.; BARRET, G.W. Effects of municipal sludge and fertilizer on heavy metal accumulation in earthworms. *Environ. Pollution*, 38(3):235-44, 1985.
- KUTER, G.A.; HOITINK, H.A.J.; CHEN, W. Effects of municipal sludge compost curing time on suppression of Pythium and Rhizoctonia diseases of ornamental plants. *Plant Disease*, v. 72, p.751-756, 1988. \*
- LAGERWERFF, J.V. Lead, mercury and cadmium as environmental contaminants. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M.; LINDSAY, W.L. (ed.). *Micronutrients in agriculture*. Madison, SSSA., 1972. p. 593-628.
- LAL, R. *Methods and guidelines for assessing sustainable use of soil and water resources in the tropics*. SMSS Technical Monograph nº 21. The Ohio State University, 1994. 78p.
- LEVINE, M.B.; HALL, A.T.; BARRET, G.W.; TAYLOR, D.H. Heavy metal concentrations during ten years of sludge treatment to an old-field community. *J. Environ. Quality*, 18(4): 411-8, 1989.
- LIBARDI, P.L. *Dinâmica da água no solo*. Piracicaba, o autor, 1995. 497p.
- LINDEMANN, W.C., G. CORNELL; N. S. URQUHART. Previous sludge addition effects on nitrogen mineralization in freshly amended soil. *Soil Soc. Am. J.*, 52:109-112, 1988.
- LOGAN, T.J.; MATTIAZZO-PREZOTTO, M.E. Avaliação da possibilidade de uso agrônomo de lodo de esgoto tratado com resíduo de indústria de cimento (CKD-Sludge). In: Reunião Brasileira de Fertilidade do solo e nutrição de plantas, 20. *Anais*, Piracicaba, 1992. Resumo. Campinas, Fundação Cargill, 1992, p.386-387, 1992.
- LONGSDON, G. Beneficial biosolids. *Biocycle*, v.34, n.2, 43-44, 1993.
- LOURENÇO, R.S.; ANJOS, A.R.M.; LIBARDI, P.L.; MEDRADO, M.J.S. Efeito do lodo de esgoto na produtividade de milho e feijão, no sistema de produção da bracinga. *SANARE*, v.5, n.5, p.90-92, 1996.
- LUDUVICE, M.L. *Uso e disposição final de lodos orgânicos – Biosólidos*. Seminário Internacional de Tratamento e Disposição de Esgotos Sanitários – Tecnologia e Perspectivas para o Futuro. Brasília, DF – 09-12/07/1996. p.85-96, 1996.
- LUMSDEN, R.D.; MILLNER, P.D.; LEWIS, J.A. Suppression of lettuce drop caused by Sclerotinia minor with composted sewage sludge. *Plant Disease*, v. 70, p.197-201, 1986.
- LUMSDEN, R.D.; LEWIS, J.A.; MILLNER, P.D. Effect of composted sewage sludge on several soilborne pathogens and diseases. *Phytopathology*, v. 73, p.1543-1548, 1983.

- LYNCH, J. M.; L. M. PANTING. Cultivation and soil biomass. *Soil Biol. Biochem.* 12:29-33, 1980.
- MACLEAN, K.S.; ROBINSON, A.R.; MACCONELL, H.M. The effect of sewage-sludge on the heavy metal content of soils and plant tissue. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 18 (11): 1303-1316, 1987.
- MANN, S.S.; RITCHIE, G.S.P. The influence of pH on the forms of cadmium in four west australian soils. *Aust. J. Soil Res.*, Melbourne, 31: 255-270, 1993.
- McBRIDE, M.B. Toxic metal accumulation from agricultural use of sludge: Are USEPA regulations protective? *J. Environ. Qual.* 24: 5-18, 1995.
- McBRIDE, M.B.; RICHARDS, B.K.; STEENHUIS, T.; RUSSO, J.J.; SAUVÉ, S. Mobility and solubility of toxic metals and nutrients in soil fifteen years after sludge application. *Soil Science*, 162(7): 487-500, 1997.
- McGRATH, S.P.; CEGARRA, J. Chemical extractability of heavy metals during and after long-term applications of sewage sludge to soil. *J. Soil Sci.*, 43(2).313-321, 1992.
- MORTVEDT, J.J. Heavy metal contaminants in inorganic and organic fertilizers. *Fertilizer Research*, 43: 55-61, 1996.
- MAGDOFF, FR.; J.FAMADON. Nitrogen availability from sewage sludge. *J. Environ. Qual.* 9:451-455. 1980.
- MANDELBAUM, R.; HADAR, Y. Effects of available carbon source on microbial activity and suppression of **Pythium aphanidermatum** in compost and peat container media. *Phytopathology*, v.80, p.794-804, 1990.
- MARQUES, M.O. *Efeitos da aplicação do lodo de esgoto na produtividade e qualidade da cana-de-açúcar*. Piracicaba: USP/ESALQ, p.164, 1990. Tese de Doutorado.
- McILVEEN, W.D.; COLE Jr, H. Influence of sewage sludge soil amendment on various biological components of the corn field ecosystem. *Agriculture and Environment*, v.3, p.349-361, 1977.
- MELLO, W.J.; MARQUES, M.O.; SANTIAGO, G.; CHELLI, R.A.; LEITE, S.A.S. Efeito de doses crescentes de lodo de esgoto sobre as frações da matéria orgânica e CTC de um solo latossolo cultivado com cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.18, p.449-455, 1994.
- MILLER, R.H. Soil microbiology aspects of recycling sewage sludge and waste effluents on land. *Proceedings of the Joint conference on Recycling municipal sludges and effluents on land*. July 9-13, 1973. Champaign, Illinois, p.79-90, 1973.
- MIYAZAWA, M.; KAMAGAWA, M.Y.; MATTOS, M.S.; MORAES, S.R.; PARRA, M.S. Lixiviação de metais pesados do lodo de esgoto no solo. *SANARE*, v.5, n.5, p.63-67, 1996.
- MILLNER, P.D.; LUMDSEN, R.D.; LEWIS, J.A. Controlling plant disease with sludge compost. *Biocycle*, v.23, p.50-52, 1982.
- MORAES, S.P. *Utilização do composto de lixo em solo agrícola*. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, UFRGS. Dissertação, 1990. 104p.
- MOSCALEWKI, W.S.; LEAL, T.E.; RAUTENBERG, L.C.X.B.; SENFF, A.M.; SERATIUCK, L.I.K.I.; SOUZA, C.L.G. Eliminação por tratamento químico do *Vibrio cholerae* em amostras de lodo. *SANARE*, v.5, n.5, p.59-62, 1996.
- PAGE, A.L.; CHANG, A.C. Overview of the past 25 years: technical & perspective. In. Clapp, C.E.; Larson, W.E.; Dowdy, R.H. *Sewage sludge: Land utilization and the environmental*. American Society of Agronomy, Madison, p.3-5, 1994.
- PARKER, C.F.; SOMMERS, L.E. Mineralization of nitrogen in sewage sludges. *Journal of Environmental Quality*, v.12, n.1, p.150-156, 1983.
- PARR, J.F.; WILSON, G.B. Recycling organic wastes to improve soil productivity. *Hort Science*, v.15, n.2, p.162-166, 1980.
- PALLANT, E.; HILSTER, L.M. Earthworm response to 10 weeks of incubation in a potwith acid mine spoil, sewage sludge, and lime. *Biol. Fertil. Soils*, v. 22, n. 4, p. 355-8, 1996.
- PIETZ, R.I.; PETERSON, J.R.; PRATER, J.E.; ZENS, D.R. Metal concentrations in earthworms from sewage sludge-amended soils at a strip mine reclamation site. *J. Environ. Quality*, v. 13, n. 4, p. 651-4, 1984.
- RAPPAPORT, B.D.; MARTENS, D.C.; RENEAU, R.B.; SIMPSON, T.W. Metal accumulation in corn and barley grown on a sludge-amended Typic Ochraqualf. *J. Environ. Qual.*, 16 (1): 29-33, 1987.

- ROBERTSON, K., J. SCHNURER, M. CLARHOLM, T.A.A. BONDE, & T. ROSWELL. Microbial biomass in relation to C and N mineralization during laboratory incubations. *Soil Biol. Biochem.* v.20, p.281-286, 1988.
- SABESP. SANEGRAN: *Saneamento da Grande São Paulo*. (São Paulo). Superintendência de Divulgação. 1979. 16p.
- SABEY, B.R. The use of sewage as a fertilizer. In: Bewick, M.W. *Handbook of organic waste conversion*, van Nostrand Reinhold, 1980, p. 72-107.
- SCHRADER, S. Energy-dispersive X-ray microanalysis of the calciferous glands of **Lumbricus terrestris** L. (Oligochaeta) contaminated with heavy metals. *Soil Biol. Biochem.*, v. 24, n.12, p.1755-9, 1992.
- SOMMERS, L.E. Chemical composition of sewage sludge and analysis of their potential use as fertilizers. *Journal of Environmental Quality*, v.6, n.2, p.225-232, 1977.
- SOMMERS, L.E.; NELSON, D. W.; YOST, K.J. Variable nature of chemical composition of sewage sludges. *Journal of Environmental Quality*, v.5, n.3, p.303-306, 1976.
- SINGH, M. Microbial activity during decomposition of sugarcane trash. *Journal Indian Society Soil Science*, v.39, p.811-813, 1991.
- SINGH, M.; SHARMA, R.K.; JOSHI, B.B. Decomposition of trash under field conditions: rate of organic matter loss. *Indian Journal of Sugarcane Technology*, v.7, p.83-86, 1992.
- STANFORD, G.; S. J. SMITH. Nitrogen mineralization potentials of soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* v.36, p.465-472, 1972.
- STEVENSON, B.G.; PARKINSON, C.M.; MITCHELL, M.J. Effect of sewage sludge on decomposition processes in soils. *Pedobiologia*, 26(2):95-105, 1984.
- SCHREEG, T.M.; JARRET III, D.L. Biosolids cut fertilizer costs by \$200 na acre. *Biocycle*, v.37, n.10, p.69-71, 1996.
- SILVA, F.C. *Uso agrônômico de lodo de esgoto: efeitos em fertilidade do solo e qualidade da cana-de-açúcar*. Piracicaba: USP/ESALQ, p.154, 1995. Tese de doutoramento.
- SILVEIRA, D.J.; SOMMERS, L.E. Extractability of copper, zinc, cadmium, and lead in soils incubated with sewage sludge. *J. Environ. Qual.*, 6(1):47-52, 1977.
- SINGH, B.R.; NARWALL, R.P. Plant availability of heavy metals in a sludge-treated soil: II. Metal extractability compared with plant metal uptake. *J. Environ. Qual.*, 13 (3): 344-349, 1984.
- SPOSITO, G. *The chemistry of soils*. New York, Oxford University Press, 1989. 234p.
- TESSIER, A.; CAMPBELL, P.G.C.; BISSON, M. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. *Analytical chemistry*, 51: 844-51, 1979.
- TEDESCO, M.J.; S.J. VOLKWEISS; H. BOHNEN. *Análises de solo, plantas e outros materiais*. Boletim Técnico nº 5, Depto. de Solos, UFRGS, Porto Alegre. 188p., 1985.
- TRANKNER, A. Use of agricultural and municipal organic wastes to develop suppressiveness to plant pathogens. In: TJAMOS, E.C.; PAPAIVIZAS, G.C.; COOK, R.J. (ed). *Biological control of plant diseases: progress and challenges for the future*. Plenum Publishing Company, New York. p. 35-42, 1992.
- U.S. Environmental Protection Agency. Standards for the use or disposal of sewage sludge. *Fed. Reg.* v. 58, p.9248-9415. 1993.
- VALADARES, J.M.A.L; GAL, M.; MINGELGRIM, U.; PAGE, A.L. Some heavy metals in soils treated with sewage sludge, their effect on yield, and their uptake by plants. *Journal of Environmental Quality*, Madison, 12(1): 49-57, 1983.
- VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry*, v.9, p.703-707, 1987.
- VAN ASSCHE, C.; UYTTEBROECK, P. The influence of domestic waste compost on plant disease. *Acta Horticulture*, v. 126, p.169-178, 1981.
- WALSH, L. Land application of sludge on overview. In: *Heatings on agricultural productivity and environmental quality*. Columbus, 1979. Anais. Columbus, Univ. of Ohio, Agriculture Committee, 1979; p.1-13.

# CRIANDO UM PREÇO POSITIVO PARA O LIXO URBANO: A RECICLAGEM E A COLETA INFORMAL

Alfredo Kingo Oyama Homma<sup>1</sup>

**Resumo:** Este comentário tem por finalidade estimular os pesquisadores para encontrarem soluções apropriadas para o grave problema de lixo das cidades brasileiras. Comenta-se a partir do modelo desenvolvido por Bertolini (1994) quanto ao equilíbrio da coleta formal e informal de lixo, tirar ilações políticas para o caso brasileiro. Ressalta-se a importância da sociedade nos países subdesenvolvidos em estimular o setor informal de coleta de lixo e políticas públicas que estimulem o seu aproveitamento.

**Palavras-chave:** Manejo, lixo urbano, meio ambiente, desenvolvimento.

**Abstract:** These comments are regarded to stimulate researchers to find solutions for the waste management problem in Brazilian cities. According to theoretical model developed by Bertolini (1994) considered formal and informal waste recovery is possible to take optimal policy measure for Brazilian cities. Results of this theoretical assumptions demonstrate the importance for society to stimulate informal recovery systems and public policy to a comprehensive recycling industry.

**Key words:** Waste management, urban waste, environment, development.

## INTRODUÇÃO

Um dos grandes problemas cotidianos das populações dos principais núcleos urbanos do país e dos prefeitos que assumiram no dia primeiro de janeiro de 1997 diziam respeito sobre a questão do lixo urbano. Louva-se a iniciativa de algumas prefeituras municipais que conseguiram propostas singulares (*lixo que não é lixo, luxo do lixo, reciclar para preservar, troca de lixo por alimentos, etc.*), mediante colaboração da população. A reciclagem tem sido sempre enfatizada como a solução adequada para resolver o problema ecológico do lixo e constitui também em preocupação mundial, constante na Agenda 21.

Muitas propostas de reciclagem terminam trazendo mais problemas ambientais, quando não estão integrados no processo global de coleta e de aproveitamento. Um exemplo recente constituem as garrafas plásticas de refrigerantes, que sem um sistema de reciclagem, são jogadas e passam a entupir bueiros e aumentar os lixões. Propostas como a de ecoturismo na Amazônia, por exemplo, representam uma grande ameaça se não forem acompanhadas de efetivas campanhas de conscientização pelo rastro de dejetos que costumam deixar.

A questão do aproveitamento do lixo domiciliar urbano é bastante complexa e

---

<sup>1</sup> Pesquisador CPATU/Embrapa, Professor Visitante UFPa, Caixa Postal, 48, CEP 66095-100, Belém, Pará, E-mail: homma@cpatu.embrapa.br.

depende das inter-relações com vários segmentos da economia e da participação da sociedade. As estimativas indicam que para as principais cidades do Terceiro Mundo a coleta de lixo urbano atende apenas a metade da população e coletam 60 a 70% do lixo produzido, além de consumir 20 a 50% dos orçamentos municipais (BARTONE, 1991; BARTONE e BERNSTEIN, 1993; BARTONE et al. 1991). Como o lixo domiciliar representa 60% do total de lixo produzido (domiciliar, hospitalar, industrial, comercial, entulho, lixo público), é impossível encontrar uma efetiva solução sem a cooperação da população. O Brasil urbano produz 90 mil toneladas de lixo por dia (estimativa de 0,5 kg lixo/dia/per capita), que são espalhados em 12 mil pontos de despejo. Estima-se que 60% desses lixões são corpos de água, comprometendo-se assim a vida dos rios, o abastecimento, a saúde das populações e o futuro dos lençóis freáticos (SILVEIRA e SANT'ANNA, 1990; GALVÃO FILHO, 1990). As fontes de água, mais do que o ar, constituem o destino comum do lixo e do esgoto. Dos 4.425 municípios brasileiros em 1992, apenas 1,15% possuía estações de tratamento de esgoto, o que significa que 10 bilhões de litros de dejetos, equivalente a quase uma hora de vazão de toda a bacia amazônica são lançados diariamente nos cursos de água do país, sem qualquer tratamento. No Nordeste, por exemplo, 72,6% dos 24,5 milhões de habitantes das cidades constituem vítimas potenciais de toda espécie de doenças epidêmicas, já que não dispõem de água clorada e coleta de esgoto capazes de deterem a sua proliferação (O OLHO..., 1992).

A mudança do perfil da população brasileira promoveu o avanço e a concentração da miséria nas áreas urbanas e na adoção de padrões de produção e consumo insustentáveis pelas classes de maior renda, conduzindo à maior degradação ambiental. O Censo Demográfico de 1960 mostrava que 55,3% da

população vivia no meio rural. Dez anos mais tarde, as áreas urbanas passaram a concentrar 56% da população brasileira; em 1980 a população urbana atingiu 62%; e em 1991, alcançou 75,5%. Essa urbanização veio acompanhada da perda relativa e absoluta da população rural, caindo sucessivamente, de 41 milhões de habitantes (1970), 39 milhões (1980) e 36 milhões (1991). O grande desafio futuro é de encontrar alternativas econômicas desse duplo *apartheid* (rural e urbano) e do conflito entre a sobrevivência e os impactos ambientais, onde o lixo urbano constitui um dos grandes problemas. As pesquisas empíricas associando renda "per capita", população e quantidade de lixo produzido para 36 cidades no mundo indicam que cada 1% de aumento na renda "per capita" está associado com o aumento de 0,34% na geração de lixo sólido, enquanto cada 1% de aumento na população expande a geração de lixo em 1,04% (BEEDE e BLOOM, 1995).

Durante o governo Itamar Franco, o aproveitamento do lixo foi ponto de inúmeras discussões como alternativa para as campanhas organizadas pela sociedade civil, contra a fome e a miséria, que terminaram com resultados bastante modestos (IPEA, 1993). Algumas das propostas sobre o destino do lixo chegam a ser paradoxais em que uma provável negociação dentro da ótica de COASE (1960) possa ter alguma justificativa teórica. Por exemplo, em 1995, o governo holandês propôs ao governador do Estado do Pará, Almir Gabriel, a possibilidade da Holanda exportar anualmente 550 mil toneladas de esterco de suínos e aves daquele país, com a finalidade de utilizar nas áreas desmatadas da Amazônia (MARAJÓ..., 1995). Uma vez que a produção de dejetos animais constitui uma séria ameaça para os lençóis freáticos de vários países europeus e uma das limitações dos solos da Amazônia é a disponibilidade de matéria orgânica, daí a natureza dessa proposta.

Com a concretização da exportação da soja, da região dos cerrados pela Hidrovia do rio Madeira, pelo porto de Itacoatiara, Estado do Amazonas, para Roterdã, na Holanda, é bem provável que adubos orgânicos sejam importados como carga de retorno. É inverossímil admitir que a Amazônia seja transformada em solução para o lixo orgânico dos países europeus, decorrente muito mais da inviabilidade futura de atividades pecuárias e inviabilizar a solução de grave problema das cidades amazônicas. A importância do aproveitamento de lixo urbano para a fabricação de compostos orgânicos está relacionada à viabilização do aproveitamento das áreas desmatadas na Amazônia. Durante o auge da cultura da pimenta-do-reino no Estado do Pará, por exemplo, os agricultores eram obrigados a adquirir esterco de bovinos, aves e cabras e tortas de algodão, mamona e babaçu no Nordeste, em distâncias que atingiam até 2.000 km para a fabricação de compostos orgânicos.

Em nível internacional discute-se bastante sobre a privatização da coleta de lixo, onde o modelo da maioria das capitais brasileiras, mediante concessão para as empresas privadas, são mencionadas como exemplos apropriados. Uma discussão mais recente refere-se a proposta da Caixa Econômica Federal quanto a possibilidade da privatização de serviços de saneamento básico com recursos do FGTS (CEF..., 1997).

O objetivo deste trabalho é trazer a discussão teórica quanto à importância dos catadores de lixo, de medidas para reverter o preço negativo do lixo mediante estímulo à reciclagem e das possibilidades quanto à privatização da coleta de lixo, com vistas a reduzir a gravidade desse problema ambiental das cidades brasileiras.

## UM MODELO TÉORICO

Apresenta-se, a seguir, o modelo teórico para a coleta de lixo urbano desenvolvido por BERTOLINI (1994) e utilizado por BEUKERING et al. (1996) na reciclagem de papel em Bombaim, Índia. Este modelo é bastante ilustrativo para analisar a importância da coleta de lixo informal e as políticas para reverter o preço negativo do lixo urbano das cidades brasileiras.

As suposições do modelo envolvem a existência de um setor informal constituído de catadores de lixo que procuram se aproveitar das possibilidades de reciclagem ou de outras vantagens econômicas e de um setor formal representado pelo serviço público de coleta de lixo.

Três aspectos são típicos no processo de coleta de lixo na maioria das cidades brasileiras. Em primeiro lugar, as administrações municipais têm recursos insuficientes para manejar com a crescente produção de lixo domiciliar urbano e com a baixa participação da população em colaborar nas propostas coletivas de limpeza pública. Em segundo lugar, o setor informal desempenha uma importante ação no processo de coleta de determinados tipos de lixo (papel, vidro, plásticos, latas de alumínio, etc.), a custo zero, mas ao mesmo tempo, promovem danos e imundícies para atingirem seus objetivos. Finalmente, em terceiro lugar, a despeito das atividades dos setores formal e informal, quantidades significativas de lixo permanecem sem coleta. Em geral, tanto a coleta de lixo formal como a informal tendem a favorecer as áreas urbanas onde concentram-se os moradores de maior poder aquisitivo e de fácil acesso. As Tabelas 1 e 2 mostram a composição do lixo urbano para algumas cidades do mundo e da cidade de Belém e a média do Brasil. Evidencia-se facilmente a diferença na composição do lixo, conforme a renda da população e o percentual de material passível de ser reciclado.

TABELA 1 - Composição do lixo sólido em porcentagem.

Material	Bangcoc 1989	Dar es Salaam 1988	Jakarta 1989	México 1980	USA 1990
Restos de alimentos	39,2	62,5	60,0	43,1	8,1
Vidro	3,2	0,3	2,0	8,4	6,5
Papel	12,4	6,2	2,0	19,2	32,3
Plástico	9,4	0,3	2,0	5,0	9,8
Borrachas, couros	1,9	...	...	...	2,7
Metais	1,7	1,2	2,0	3,7	7,7
Tecidos	3,2	1,8	...	5,7	3,3
Outros	29,0	27,7	32,0	14,9	29,6
100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fonte: Beede & Bloom (1995).

TABELA 2 - Composição do lixo em Belém e média para o Brasil.

Componentes	Belém 1991	Brasil 1992
Papel e papelão	31,0	24,5
Plásticos	7,0	2,9
Vidros	3,0	1,6
Metais ferrosos	5,0	1,4
Metais não ferrosos	0,2	0,9
Trapos	3,0	0,2
Borracha	1,6	0,3
Couro	1,0	0,1
Madeira	2,0	0,1
Material orgânico putrescível	37,4	52,5
Outros	9,8	15,5
Total	100,0	100,0

Fonte: Dinelli e Beisiegel (1996)

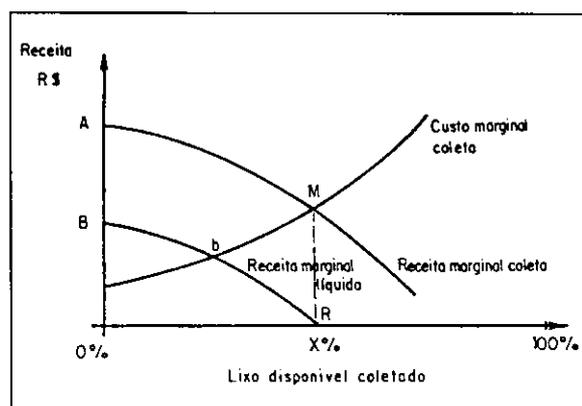


FIG. 1 - Benefícios econômicos da coleta de lixo segundo variação na quantidade coletada e o ponto de equilíbrio (M ou R).

Uma ilustração microeconômica, considerando um preço fixo para cada material coletado pode ser visto na Fig. 1. Nessa Figura, os benefícios econômicos das quantidades coletadas decrescem à medida que maiores quantidades são recolhidas. Os preços para cada tipo de material coletado no lixo é assumido como sendo constante. À medida que é ampliado o percentual coletado decrescem os benefícios devido à escassez e à perda da qualidade do lixo. Maior esforço é necessário para efetuar a coleta. Este modelo é semelhante para a coleta de produtos extrativos na floresta amazônica.

Dessa forma, o processo de reciclagem é lucrativo até o ponto R, no qual marca o limite econômico da quantidade coletada em condições de livre mercado. A coleta após o ponto R não apresenta vantagem econômica para os catadores de lixo. A qualidade heterogênea do lixo faz com que a coleta não exceda R, uma vez que não compensa para o setor informal efetuar a coleta com custos crescentes. Na parte mais à esquerda da Fig. 1 pode-se representar o lixo coletado nas partes mais ricas da cidade e, na direita, nas áreas

mais pobres. A receita advinda da parte aproveitável do lixo menos os custos da coleta representam o benefício líquido para os catadores. Tomando-se o exemplo da cidade de São Paulo, em 1992, a coleta seletiva restringia-se apenas, 23 bairros e a 120 toneladas semanais, apesar do potencial de 25 mil toneladas de material reciclável por semana. A cidade de São Paulo produz 12 mil toneladas diárias, dos quais 61% constituem a parte orgânica que implicam em gastos superiores a 165 milhões de dólares anuais, uma vez que não interessam aos 20 mil catadores de lixo e nem aos 200 ferros-velhos da cidade (LIXO..., 1992). Quanto à possibilidade de aumentar o percentual de reciclagem no Brasil, pode ser exemplificada para o caso de papel em alguns países europeus (Tabela 3).

Na Fig. 2, uma análise similar é considerada no lado do custo da coleta de lixo pelas prefeituras, em geral terceirizadas mediante contrato de quatro a oito anos para cobrir a depreciação dos investimentos na frota e dos equipamentos de coleta de lixo (BARTONE, 1995). A suposição é que os custos médio e marginal da coleta declinam com a quantidade coletada, apresentando economia de escala. BARTONE (1991) argumenta que a economia de escala tende a desaparecer para distritos populacionais maiores que 50.000 habitantes, pelo aumento na distância de coleta. Um sistema de coleta informal desorganizado, ao separar os componentes específicos para reciclagem, tendem a dificultar e aumentar os custos de coleta formal de lixo.

TABELA 3 - Percentual da taxa de reciclagem de papel em alguns países europeus, 1960 a 1990.

Países	1960	1965	1970	1974	1980	1985	1987	1988	1989	1990
Bélgica + Luxemburgo	26	27	30	30	29	33	33	36	35	33
Dinamarca	21	13	18	26	27	31	33	33	33	33
França	27	27	28	28	30	35	35	34	34	35
Irlanda	8	10	9	22	24	-	-	-	-	-
Itália	15	17	21	28	29	30	23	28	26	26
Holanda	34	34	42	46	45	46	53	54	49	51
Reino Unido	28	29	29	28	32	29	30	30	30	33
Alemanha Ocidental	27	27	30	32	35	40	40	41	43	44
Espanha	25	28	28	32	37	41	42	41	39	39
Grécia	34	21	19	11	18	-	26	-	-	-
Portugal	-	-	-	-	-	-	44	39	39	40

Fonte: Bertolini (1994)

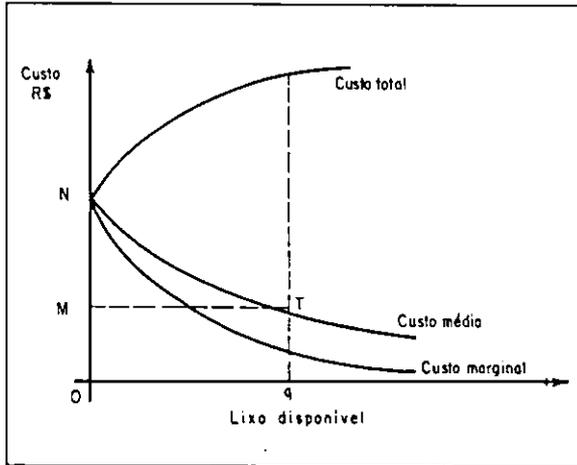


FIG. 2 - Economia de escala no processo de coleta de lixo.

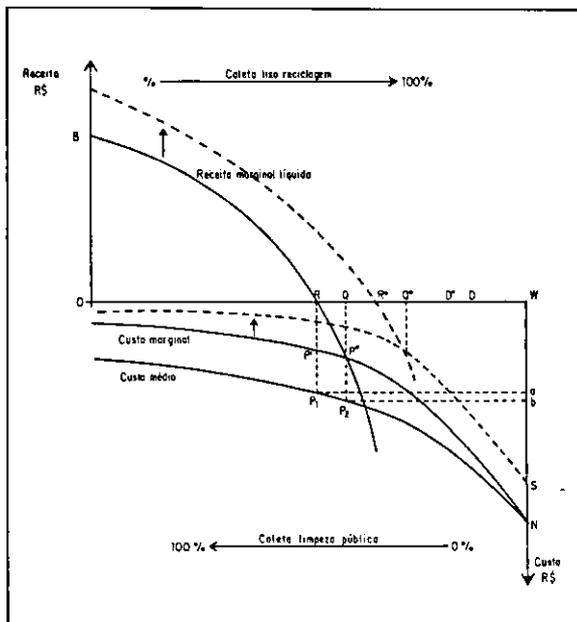


FIG. 3 - Equilíbrio entre coleta formal e informal de lixo.

Do ponto de vista econômico, a opção adequada quanto ao manejo do lixo pode ser determinada. Na Fig. 3 agregam-se as duas situações descritas nas Figs. 1 e 2, levando-se em conta as quantidades de lixo disponível e coletada. A Fig. 3 deve ser interpretada da esquerda para a direita para os benefícios da coleta de lixo disponível e da direita para a esquerda para os custos da coleta. A primeira visão é de complementaridade, isto é, a coleta de lixo informal se estende até a quantidade R, onde os benefícios são positivos e quando

passam a ser antieconômicos e resulta no excedente RW que deve ser coletado pelo serviço de limpeza pública. Ressalta-se, contudo, que a partir do ponto R, o custo de coleta para a comunidade ou para a sociedade aumenta consideravelmente passando para P' ou P<sub>1</sub>. Nesta situação é muito mais econômico para a sociedade ou para a comunidade, transformar o preço negativo do lixo, pagando um serviço pela coleta, efetuando a troca do material recolhido ou estimular novos produtos para reciclagem.

A coleta de lixo pelo serviço público começa no ponto W e desloca-se para a esquerda de acordo com a disponibilidade de recursos e de infra-estrutura dos serviços públicos. Esta curva localiza-se abaixo da linha horizontal porque a coleta pelo setor formal não gera benefícios líquidos, mas simplesmente em custos. Desta forma, essa curva nunca interceptará com o eixo horizontal. Ao contrário, a curva de benefício líquido do setor informal de coleta decresce à medida que maiores quantidades de lixo forem coletadas. Esta economia de escala é ilustrada pelo declínio mais que proporcional da curva de custo marginal líquido do sistema de coleta formal que se inicia do lado direito.

Uma vez que os serviços públicos de coleta de lixo na maioria das cidades brasileiras tem orçamento insuficiente para coletar todo o lixo acumulado, o setor formal usualmente não consegue coletar a quantidade desejada WR. Na Fig. 3, isto é indicado pela quantidade WD que é coletado pelo serviço público, permanecendo a quantidade RD como lixo não coletado. Como em R a receita marginal da coleta é mais baixa que o custo marginal de coleta de lixo, é mais interessante na perspectiva da sociedade, estimular a coleta informal do

que levar esse lixo para aterros, depósitos sanitários ou para serem cremados. Na intersecção das duas curvas em Q, as coletas formal e informal passam a ser equivalentes. Além de Q a disposição de não reciclar passa a ser mais econômico para a sociedade e, deixa portanto a quantidade QW como a quantidade de lixo que deveria ter o destino dos aterros, depósitos sanitários ou cremados. A cidade de Curitiba, talvez possa ser tomada como um dos melhores exemplos do processo de coleta e reciclagem de lixo urbano, onde 22% são reciclados e reduz em 20 a 30% o custo de ocupação de aterros sanitários e autofinancia parte do serviço (HOMO..., 1992).

A participação dos catadores de lixo recolhendo a quantidade OR representam economia para o serviço público de coleta de lixo quando forem bem administrados. Por finalidade didática, na Fig. 3, a quantidade coletada pelo setor informal está exagerada, pois a quantidade reciclada constitui apenas uma fração, principalmente nas áreas mais subdesenvolvidas. Ampliar a coleta informal de lixo na quantidade RQ constitui um dilema que apresenta justificativa econômica. Além do ponto R, o custo marginal da coleta de lixo é maior que o valor marginal da coleta, porém o custo da coleta é inferior ao custo social de deixar o lixo. Para os órgãos públicos, o ótimo financeiro (minimizando os custos totais) é a coleta informal até o ponto Q; neste ponto o benefício líquido da coleta é igual ao custo marginal da coleta.

O ponto Q define o ótimo social em termos de quantidade a ser recolhida pelos catadores de lixo, mas não quantifica o pagamento. O pagamento para a coleta informal do ponto R a Q será repartido entre a área RP\*Q (corresponde ao pagamento para

a coleta informal) e a área RP'P\*Q (corresponde à economia do setor público na coleta) na Fig. 3. A solução estabelecida pela área RP\*Q ocorre quando não existe competição entre catadores de lixo. Este pagamento para a coleta informal pode ser feito mediante troca de lixo por alimento, material escolar, vale transporte, entre outras formas de estímulo. De outro modo, poderia ser resultado de um acordo. Ressalta-se que o setor de coleta formal terá que pagar na base do custo médio  $P_2$  para o lixo remanescente. Verifica-se que o pagamento na base do custo marginal leva a um prejuízo para os catadores de lixo. Na Fig. 3 mostra que o valor do lixo coletado decresce, porém isto decorre do decréscimo da qualidade do material disponível e seu efeito no preço. Se fosse de qualidade homogênea, a curva poderia ser horizontal.

A melhoria na administração de coleta de lixo urbano permitiria aumentar a quantidade de lixo coletado para um orçamento similar (mudança de D para D\*). Este progresso é ilustrado na Fig. 3 pelo deslocamento da curva de custo marginal para cima. Uma melhoria no sistema informal de coleta é ilustrado na Fig. 3 pela mudança da curva de benefício marginal para a direita. Isto implica que a quantidade de material reciclável aumenta de R para R\*. Nessa nova situação, a quantidade de lixo não coletado decresce de RD para R\*D. Um exemplo recente foi a instalação da Norplasa, no município de Castanhal, Pará, dedicada à produção de tubos, mangueiras e conexões de plásticos com matéria-prima reciclada, promovendo a valorização desse produto até de municípios distantes, como Bragança (BRASIL, 1997b).

Altos custos para formação de aterros, depósitos sanitários ou incineração do lixo, justificam propostas que procurem aumentar

o valor do lixo para a coleta informal. Contudo, deve-se precaver em algumas situações pela formação de mercado paralelo de lixo, de corrupção para acesso aos lixões e do aliciamento de menores. Em 1989, antes da Prefeitura Municipal de Porto Alegre iniciar os trabalhos de conscientização e normatização das atividades de catadores de lixo com o apoio da Igreja, mais de 300 catadores moravam em barracos sobre o próprio lixo e estes eram explorados pelos intermediários, que revendiam com lucro os produtos reindustrializáveis (PREFEITURA..., 1993).

Nos países desenvolvidos onde os recursos financeiros não constituem limitação séria, o maior custo consiste em aumentar a taxa de reciclagem (de R para Q). Além deste ponto, é mais barato para a sociedade proceder a coleta formal e seguir a estrutura da curva de custo marginal da coleta (DQ). Para os países subdesenvolvidos, nos quais os orçamentos são limitados, dos baixos níveis educacional e de conscientização da população, limitam as possibilidades da coleta. A inexistência de indústrias de reciclagem constituem outra limitação para o aproveitamento do lixo. Em segundo lugar, o envolvimento do governo no setor informal é praticamente nulo. Por outro lado, a municipalidade em geral não apresenta condições de explorar as opções mais baratas de reciclagem de RQ disponíveis.

## CONCLUSÃO

Qual seria a solução mais eficiente para resolver os problemas de lixo doméstico não coletado nas cidades brasileiras menos desenvolvidas, em face das limitações orçamentárias e pequenas opções em termos de reciclagem? Na estrutura teórica apresentada, existem duas opções. Em primeiro lugar, o

serviço de coleta de lixo nas cidades deveria melhorar de eficiência. Em geral, estes serviços são ineficientes, utilizando veículos inapropriados, levando, por conseguinte, ao aumento nos custos. O acúmulo de lixo não coletado e de procedimentos inadequados de coleta informal fazem com que os custos de limpeza tornem mais onerosos para o setor público. A segunda opção para reduzir a quantidade de lixo não coletado é encorajar o sistema de coleta pelo setor informal. Este pode ser efetivado através da redução de taxas e impostos no comércio de material reciclável e através da promoção de separação de lixo na fonte. Recentes tendências da sociedade em valorizar a reciclagem, como acontece para o caso do papel, podem contribuir para essa mudança de comportamento.

A discussão desse modelo teórico permite tecer outras ilações de política para o caso brasileiro. Os governos federal, estaduais e municipais deveriam abolir qualquer tipo de taxaço e criar incentivos para estimular o estabelecimento de indústrias visando a reciclagem do lixo. Bancos regionais e agências de desenvolvimento, tais como o BNDES, BNB, BASA, CEF, SUDENE, SUDAM e SUFRAMA, por exemplo, deveriam criar linhas especiais de crédito visando estimular indústrias de reciclagem. Ao mesmo tempo, penalidades severas devem ser imputadas aos que agredirem, poluírem e contaminarem o meio ambiente e ações de reparação pelos danos causados. Se forem considerados os benefícios sociais da coleta de lixo em termos de saúde da população e da sustentabilidade nos padrões de consumo de determinados produtos (papel, minerais, plásticos, etc.), poluição dos lençóis freáticos, entre outros, os investimentos públicos são mais do que justificados. No caso específico da Amazônia, o aproveitamento do lixo dos

principais núcleos urbanos para a produção de compostos orgânicos tem importância para aumentar a produtividade agrícola das áreas desmatadas e com isso reduzir a pressão de incorporação de novas áreas. A inexistência de indústrias de reciclagem constitui uma das grandes limitações para estimular o processo de coleta informal e da redução de custos de limpeza pública, além da geração de empregos.

Há necessidade do desenvolvimento de tecnologias apropriadas de reciclagem e do manejo de lixo nos aterros e depósitos sanitários, bem como para a produção de compostos orgânicos para diferentes condições climáticas, qualidade do lixo e do tamanho das cidades. Nas cidades pequenas e médias deveriam ser estimuladas a formação de consórcios de prefeituras, como a que existe em Três Passos, no Rio Grande do Sul, viabilizando a construção de usinas de reciclagem de lixo ou de unidades de pré-beneficiamento de material reciclável para permitir seu transporte para centros maiores (FERNANDES, 1997; GONÇALVES, 1997).

Os catadores de lixo têm uma grande contribuição em reduzirem o trabalho de coleta por parte das prefeituras municipais. Nesse sentido, os catadores de lixo deveriam ser beneficiados em termos de apoio em programas de previdência social, saúde, etc. Em que pesem as críticas contra esse contingente de marginalizados, a sociedade deve reconhecer o grande serviço que prestam à coletividade e devem ser reconhecidos pela economia para o setor formal de coleta de limpeza pública. A questão social na coleta de lixo deve ser acompanhada pela valorização e dignificação do trabalho de papeleiros e

catadores, como se pode exemplificar pelo trabalhos da Cáritas em São Paulo ou da Prefeitura de Porto Alegre, mediante a criação de associações de mulheres catadoras de papel, catadores de material recicláveis, entre outros (PREFEITURA..., 1993; O LUXO..., 1993).

Maiores investimentos na educação ambiental devem ser promovidos para induzir a separação do lixo domiciliar em pelo menos duas categorias: recicláveis (papel, vidros, plásticos, metais, etc.) e orgânicos (restos de alimentos, material de limpeza pessoal, etc.). A estimativa no Brasil é que a reciclagem de papel e vidro alcance no máximo 30%. Sem esse procedimento torna-se bastante difícil promover uma reciclagem adequada do lixo domiciliar urbano, aumentar a receita marginal dos catadores e reduzir o custo de coleta de lixo pelas prefeituras. Ainda neste contexto, a noção de cidadania é importante para reduzir o caos administrativo que se verifica por ocasião da mudança dos gestores municipais, que tendem a se agravar quando se conflitam aspectos partidários. Descentralizar o serviço de coleta de lixo nas áreas urbanas de menor poder aquisitivo, que sempre tem sido marginalizado nas políticas públicas municipais, deve ser estimulado mediante a contratação de mão-de-obra residente nesses locais e de separação do lixo.

### **Agradecimentos**

Ao Dr. Pieter van Beukering, pesquisador do Institute for Environmental Studies (IVM) de Amsterdam, Holanda e do Dr. Ernst Lutz, do The World Bank, Washington, D.C., pelo material bibliográfico e comentários do Prof. Paulo de Melo Jorge Neto (CAEN/UFC) para uma versão anterior deste texto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALONSO, L.R. Poluição e desenvolvimento. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE MEIO AMBIENTE, POBREZA E DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA, Belém, Pará, 1992. *Anais...*, Belém, Governo do Estado do Pará, 1992. p. 21-23.
- AS CRIANÇAS “catadoras” do Aurá. *O Liberal*, Belém, 29 jun. 1997. p.11.
- BARTONE, C.R. The role of the private sector in developing countries: keys to success. In: ISWA Conference on Waste Management - Role of the Private Sector. Singapore, 24-25 September 1995.
- BARTONE, C.R. & BERNSTEIN, J.D. Improving municipal solid waste management in third world countries. *Resources, Conservation and Recycling*, 8:43-54, 1993.
- BARTONE, C.R. Institutional and management approaches to solid waste disposal in large metropolitan areas. *Waste Management & Research*, 9:525-536, 1991.
- BARTONE, C.R.; LEITE, L.; TRICHE, T.; SCHERTENLEIB, R. Private sector participation in municipal solid waste service: experience in Latin America. *Waste Management & Research*, 9:495-509, 1991.
- BEEDE, D.N. & BLOOM, D.E. The economics of municipal solid waste. *Research Observer*, Washington, 10(2):113-150, 1995.
- BERTOLINI, G. Wastepaper cycle management: incentives and product chain pressure point or “leverage point” analysis. In: OSPSCHOOR, H. & TURNER, R.K. (eds.). *Economic incentives and environmental policies*. Amsterdam, Kluwer Academic Publishers, 1994. p. 229-249.
- BEUKERING, P. van; SCHOON, E.; MANI, A. *The informal sector and waste paper recovery in Bombay*. Amsterdam, International Institute for Environment and Development, 1996. 46p (CREED Working Paper, 5).
- BRASIL, E.G. A cultura do lixo. *O Liberal*, Belém, 22 mai. 1997a. p.8.
- BRASIL, E.G. Reciclar é preciso?. *O Liberal*, Belém, 17 jun. 1997b. p.8.
- CARDOSO, O. Três usinas vão aproveitar o lixo de Belém. *A Província do Pará*, Belém, 1 jul. 1997. p.11.
- CEF propõe privatização do saneamento básico. *O Dia*, Teresina, 19 jul. 1997. p.12.
- COASE, R.H. The problem of social cost. *The Journal of Law & Economics*, 3:1-44, Oct. 1960.
- COINTREAU-LEVINE, S. *Private sector participation in municipal solid waste services in developing countries*. Washington, The World Bank, 1994. (Urban Management Programme Discussion Paper, 13)
- CONTADOR, C.R. *Projetos sociais; avaliação e prática*. São Paulo, Atlas, 1997. 375p.
- ESTRATEGIAS Ambientales Urbanas. Quito, Banco Mundial, 417p. (Serie Gestión Urbana, 9).
- FERNANDES, M. Boa vizinhança. *Veja*, São Paulo, 30(14):67-68, 9 abr. 1997.
- GALVÃO FILHO, J.B. Poluição do ar. In: MARGULIS, S. (ed.). *Meio ambiente: aspectos técnicos e econômicos*. Rio de Janeiro: IPEA; Brasília: IPEA/PNUD, 1990. p. 35-56.
- GONÇALVES, D.N. Sujeira recorde. *Veja*, São Paulo, 30(24):81, 18 jun. 1997.
- HARAZIM, D. Cidadão Betinho. *Veja*, São Paulo, 26(52):68-97, 29 dez. 1993.
- HOMO urbano. *Globo Ecologia*, Rio de Janeiro, p.40-42, jun. 1992.
- IPEA. *Plano de combate à fome e a miséria*. Brasília, 1993. 92p.
- JAMES, B. *Lixo e reciclagem*. São Paulo, Scipione, 1992. 47p.
- JANUZZI, D. O perigo que vem do lixo. *Estado de Minas*, Belo Horizonte, 1 jul. 1997. p.16. (Campus Pesquisa).
- LIXO de cada dia. *Globo Ecologia*, Rio de Janeiro, p.25, jun. 1992.
- MARAJÓ pode ficar livre de enchente. *O Liberal*, Belém, 24 fev. 1995. p.7.
- MARGULIS, S. (ed.). *Meio ambiente: aspectos técnicos e econômicos*. Rio de Janeiro: IPEA; Brasília: IPEA/PNUD, 1990. 238p.
- MIRANDA NETO, M.J. O destino do lixo. *O Liberal*, Belém, 6 abr. 1997. p.2.
- O LUXO do lixo: meio ambiente e geração de renda. *Revista Cáritas*, Brasília, 3(3): 29-31, jun. 1994.

- O OLHO do furacão. *Globo Ecologia*, Rio de Janeiro, p.10-15, jun. 1992.
- PEREIRA NETO, J.T. Tratamento, reciclagem e impacto ambiental de dejetos agrícolas. In: VILELA, E.F. & SANTOS, L.C. *Agricultura e meio ambiente*. Viçosa, UFV/NEPEMA, 1994. p.61-74.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. *Tratando o lixo com consciência*. 1993.
- RAWLS, J. *Uma teoria de justiça*. Brasília, Editora Universidade de Brasília, 1981. 461p. (Coleção Pensamento Político, 50).
- SCARLATO, F.C. & PONTIN, J.A. *Do nicho ao lixo; ambiente, sociedade e educação*. São Paulo, Atual, 1992. 117p. (Série Meio Ambiente).
- SCHÜBELER, P.; WEHRLE, K.; CHRISTEN, J. Conceptual framework for municipal solid waste management in low-income countries. Switzerland, Swiss Centre for Development Cooperation, 1996. 55p. (UMP Working Paper Series 9).
- SILVEIRA, S.S.B. & SANT'ANNA, F.S.P. Poluição hídrica. In: MARGULIS, S. (ed.). *Meio ambiente: aspectos técnicos e econômicos*. Rio de Janeiro: IPEA; Brasília: IPEA/PNUD, 1990. p. 57-84.
- TRABALHO infantil no Aurá será investigado. *O Liberal*, Belém, 1 jul. 1997. p.8.
- TRINDADE, C. Presos nos grilhões da miséria. *Diário do Pará*, Belém, 15 jun. 1997. (Cidades A-10).
- VINAGRE, M.V.A. Saneamento básico. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE MEIO AMBIENTE, POBREZA E DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA, Belém, Pará, 1992. *Anais...*, Belém, Governo do Estado do Pará, 1992. p. 6-15.
- WEBER, J.E. *Matemática para economia e administração*. São Paulo, Harper & Row do Brasil, 1977. 649p.
- WORKSHOP Report Micro and Small Enterprises Involvement in Municipal Solid Waste Management in Developing Countries. Cairo, 1996. 60p.



# COLETA E DESTINAÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE CURITIBA

Gisele Martins dos Anjos<sup>1</sup>

## INTRODUÇÃO

Curitiba, capital do Estado do Paraná, é uma cidade com 305 anos, 1.465.698 habitantes e uma superfície territorial de 432 quilômetros quadrados.

Como outras cidades brasileiras, Curitiba apresentou nas últimas décadas, um intenso processo de urbanização, sendo, na década de 70, uma das cidades que registrou uma das maiores taxas de crescimento populacional.

Curitiba, através de Programas e Projetos voltados à solução dos problemas urbanos, tem conseguido minimizar, ao longo dos anos, os reflexos desta urbanização acelerada.

Na área de Coleta e Transporte de Resíduos Urbanos, o município de Curitiba implantou em outubro de 1989, a Coleta Seletiva do Lixo Doméstico (Lixo que não é Lixo), inovando o sistema de recolhimento de resíduos urbanos no Brasil. Esta forma de coleta proporciona à população, a conscientização de que no lixo, existem muitos materiais que podem ser reaproveitados e não simplesmente jogados fora.

Outro programa implantado em 1989, é a Compra do Lixo que está viabilizando a limpeza das comunidades carentes, onde não há acesso aos veículos coletores de lixo. A população destas comunidades, troca o lixo produzido, por hortigranjeiros, eliminando assim, o acúmulo de lixo a céu aberto. Salienta-se que, a Prefeitura executa também a coleta diferenciada dos resíduos dos serviços de saúde e de resíduos vegetais, oriundos de limpeza de jardins e poda de árvores.

Em 1997, foi implantado o Projeto “Olho D’Água” que está possibilitando a participação das crianças das escolas da rede pública e dos piás ambientais a acompanharem e perceberem a situação dos rios de Curitiba. A partir de análise dos níveis de poluição feita com um kit e a observação de diferentes fatores: cor, cheiro, presença de lixo, uso do solo, ocorrência de vegetação e de animais, entre outros, as crianças não só avaliam a qualidade da água do rio como também participam de diversas ações que contribuem para a conservação e recuperação dos rios, tornando-se assim, um parceiro da Prefeitura na proteção das águas.

---

<sup>1</sup> Eng<sup>o</sup> Civil, Gerente de Limpeza da Prefeitura Municipal de Curitiba.

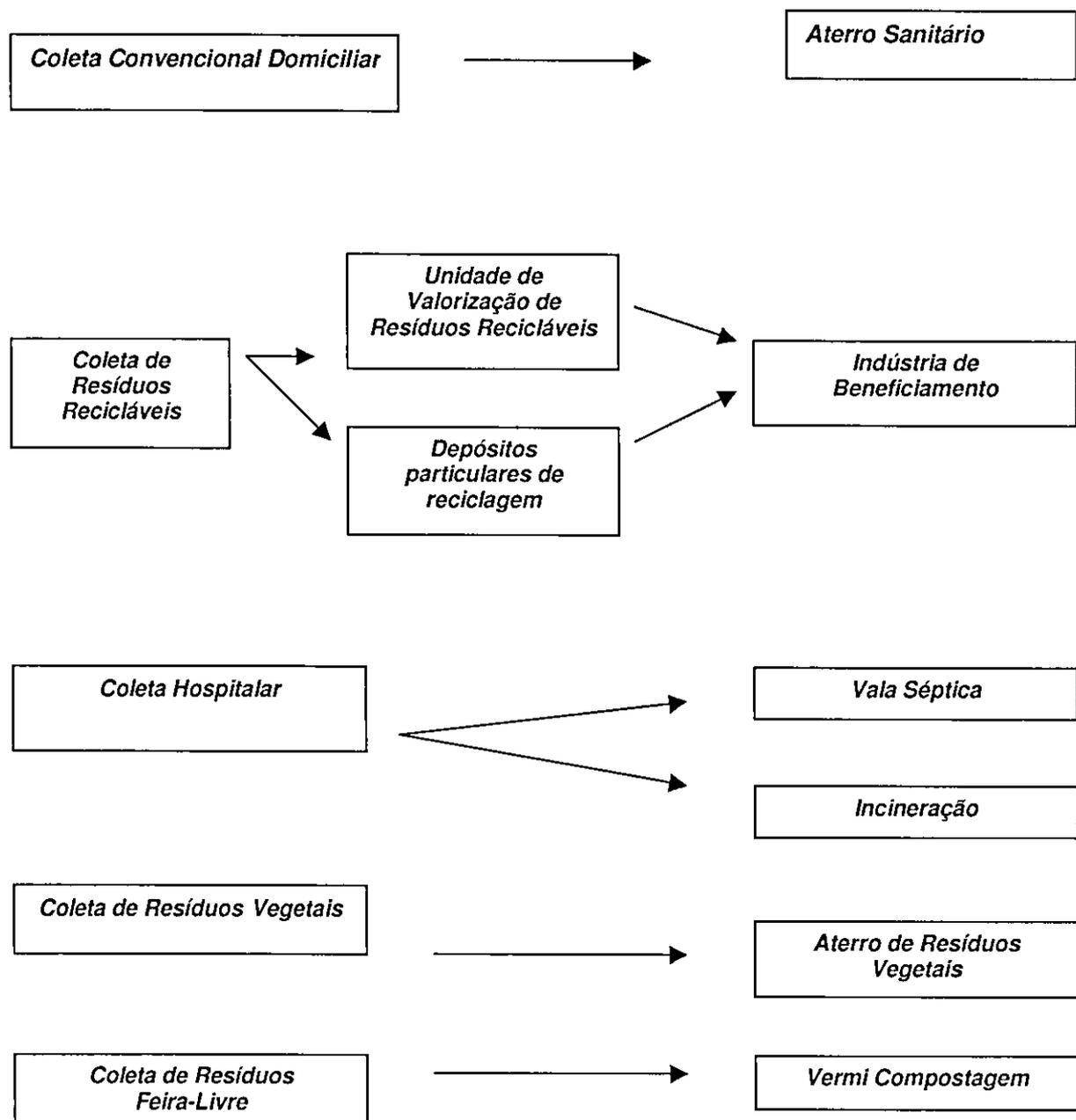
Também é de suma importância a destinação final dos resíduos coletados, pois a disposição inadequada destes é fator de intensa degradação ambiental.

Em Curitiba existem três aterros para tratamento e destinação final dos resíduos coletados, a saber: o Aterro Sanitário da Cachimba, que recebe resíduos de

características domiciliares; o Aterro Sanitário Hospitalar, que recebe os resíduos dos serviços de saúde; e o Aterro de Resíduos Vegetais, que recebe podas de jardins e entulhos.

Assim, esses programas e projetos visam contribuir para a melhoria das condições ambientais do meio urbano, melhorando a qualidade de vida do cidadão curitibano.

### TRAJETO DOS RESÍDUOS



## COLETA DOMICILIAR

O principal objetivo da remoção REGULAR do lixo gerado pela comunidade é evitar a proliferação de vetores causadores de doenças (ratos, baratas, moscas) que encontram nos restos de alimentos, as condições ideais para se desenvolverem. Se o lixo não é coletado regularmente, os efeitos sobre a SAÚDE PÚBLICA aparecem um pouco mais tarde e, quando as doenças ocorrem, as comunidades nem sempre as associam à sujeira.

Portanto, a Limpeza Pública está relacionada diretamente à:

Saúde Pública;

Ao ânimo da população;

Eficácia da Administração;

Meio ambiente não degradado;

Qualidade de vida saudável, local e global.

Coleta e transporte de Resíduos Sólidos Domiciliares

O plano de coleta foi desenvolvido a partir da divisão da cidade em áreas de produção de lixo onde se agregaram as áreas por características semelhantes, do ponto de vista viária e de ocupação. Em seguida, essas áreas foram subdivididas em 136 setores de coleta.

### Freqüências

Diurno Alternado - ( 3 x por semana)

Diurno Diário

Noturno Alternado - ( 3 x por semana)

Noturno Diário

### Horários

Diurno – Início 7:00 h e término por volta das 16:00 h

Noturno – Início 19:00 h e término por volta das 03:00 h

## Abrangência do Serviço

Esta atividade é desenvolvida em 100% das vias abertas ao tráfego de veículos no município de Curitiba.

## Frota Operacional

A coleta é realizada por 51 (cinquenta e um) caminhões equipados com caçamba coletora de lixo com dispositivo automático para compactação e esvaziamento de resíduos com capacidade para 15 m<sup>3</sup>.

A equipe é formada por: 1 caminhão compactador, 1 motorista e 3 coletores.

## Quantidade média coletada

Mês = 31.128,61 t

Dia = 1.245,14 t

## Destinação final dos Resíduos

Realizada a coleta, os resíduos sólidos urbanos são encaminhados ao Aterro Sanitário da Cachimba, onde funcionários do município efetuam a pesagem desses materiais, em seguida são descarregados no corpo do aterro, espalhados, compactados e cobertos com terra.

## PROGRAMA COMPRA DO LIXO

Como em qualquer cidade do terceiro mundo, Curitiba possuía muitas comunidades, onde havia seríssimos problemas ambientais devido à falta de coleta de lixo. A principal causa dessa deficiência era as más condições da estrutura viária destas comunidades que dificultava o acesso aos caminhões da coleta.

A Prefeitura Municipal de Curitiba realizou diagnóstico nas áreas, que demonstrou:

- excesso de lixo depositado a céu aberto, em valetas, vias públicas, fundos de quintais, terrenos baldios e fundos de vale;

- alta incidência de doenças veiculadas por moscas, ratos e outros vetores, atingindo principalmente a população infantil;
- saneamento básico inexistente.

Para sanar esse problema, a administração municipal, implantou em 31 de janeiro de 1989, o “Programa Compra do Lixo”.

Programa Compra do Lixo, constitui-se numa forma alternativa de coleta domiciliar, destinada a atender as camadas menos favorecidas da população.

### **Funcionamento**

Uma equipe de Educação Ambiental da Prefeitura entra em contato com a comunidade, com objetivo de organizá-la.

Criada a Associação de Moradores, é firmado um convênio entre Prefeitura e Comunidade, a qual torna-se responsável pela distribuição dos sacos de plástico e pelo controle do número de sacos depositados na caçamba por família participante do Programa.

A Prefeitura instala uma caçamba estacionária com capacidade de 7m<sup>3</sup> em local previamente determinado, e entrega à Associação, quinzenalmente, sacos de lixo com capacidade de 60 litros para captação e acondicionamento dos resíduos.

Para cada saco de lixo contendo de 8 a 10 kg de resíduos depositados na caçamba, o participante recebia um vale-transporte.

A partir de julho de 1991, a Prefeitura, visando auxiliar os pequenos produtores da Região Metropolitana de Curitiba e Litoral, passa a adquirir o excedente de suas safras através do convênio firmado com a Federação Paranaense das Associações dos Produtores

Rurais (FEPAR). Naquele momento o vale-transporte foi substituído por produtos hortigranjeiros da época.

A Associação de Moradores, pelo trabalho de parceria com a Prefeitura, recebe 10% do valor pago para cada saco de lixo depositado na caçamba. Este dinheiro é depositado em conta corrente bancária em nome da Associação, que utiliza este recurso em obras ou serviços definidos pela própria comunidade.

### **Sistema de pagamento**

Para cada saco de lixo depositado na caçamba, o morador recebe uma sacola simples, que contém apenas um tipo de produto (ovos, maçã, banana, repolho, etc.), no valor de R\$ 0,53 (cinquenta e três centavos).

O morador que depositar cinco sacos de lixo na caçamba recebe uma sacola composta, equivalente a R\$ 2,65, esta sacola contém arroz, feijão, mel, batata, cenoura, cebola, alho, doce em pasta, etc.

Os produtos são escolhidos de acordo com a demanda de mercado e leva-se em conta o valor nutritivo e energético dos alimentos.

### **Benefícios do Programa**

- Limpeza total de áreas a curto prazo, diminuindo sensivelmente a incidência de doenças causadas por vetores;
- Nos locais onde havia depósitos de lixo a céu aberto, as comunidades utilizaram este espaço para execução de hortas comunitárias;
- Possibilitou o manejo correto dos resíduos e seu devido acondicionamento, evitando a exposição do lixo, mesmo durante os intervalos de coleta;

- Maior integração cidadão município na solução dos problemas da comunidade;
- Auxílio no escoamento da safra dos hortigranjeiros produzidos na região metropolitana de Curitiba e litoral; e
- Enriquecimento da alimentação das famílias mais carentes da comunidade.

Atualmente, o programa Compra do Lixo atende 42 comunidades, aproximadamente 20.343 famílias ou 101.717 pessoas atendidas pelo programa.

## COLETA SELETIVA

Preocupada com a escassez dos recursos naturais renováveis e não-renováveis, com a não-degradação de áreas e com a melhoria da qualidade de vida de seus habitantes, Curitiba implantou em 13/10/1989, o programa “O LIXO QUE NÃO É LIXO”.

A coleta seletiva constitui-se de um novo serviço de coleta de Resíduos Sólidos Urbanos. Sua principal característica é a separação do lixo doméstico dentro da fonte geradora, ou seja, no domicílio.

O processo é muito simples, e compreende na separação prévia do material orgânico restos (restos de comida, sobras de preparação de alimentos, papel higiênico, entre outros) do reciclável (papel, papelão, vidro, metais ferrosos, plásticos, etc.).

Uma vez separados, o munícipe apresenta os resíduos nos dias e horários pré-determinados para a coleta. Porém, a coleta do resíduo orgânico não coincide com a coleta do resíduo reciclável.

Todo resíduo reciclável coletado é pesado e enviado à Unidade de Valorização de Resíduos ou para depósitos de reciclagem.

Nesta Unidade, funcionários treinados fazem a separação, pesagem, enfardamento e a estocagem do material, para posteriormente serem vendidos como insumos para as indústrias de transformação.

## PROGRAMA CÂMBIO VERDE

O Programa Câmbio Verde nasceu de uma derivação do Programa Compra do Lixo e do Programa Lixo que não é Lixo. E consiste na troca de material reciclável por produtos hortigranjeiros de época.

Em junho de 1991, houve uma super-safra de produtos hortigranjeiros na Região Metropolitana de Curitiba e em face da grande quantidade de produtos, os pequenos produtores encontraram dificuldades para a comercialização de suas safras e muitos estavam transformando sua produção em adubo orgânico e alimento para criações.

Diante daquela realidade, o poder público, de maneira criativa e de baixo custo, resolveu auxiliar os pequenos produtores no escoamento de suas safras. Para tanto, firmou convênio com a FEPAR e passou adquirir o excedente da produção e repassar estes produtos às famílias com renda salarial entre 0 a 3,5 salários mínimos.

### Objetivos do Programa:

- Promover o escoamento da safra de produtos hortigranjeiros dos pequenos produtores de Curitiba e da Região Metropolitana.
- Criar na população o hábito de separar o lixo orgânico do inorgânico.
- Sensibilizar a comunidade para a correta destinação final dos resíduos.
- Reforçar a alimentação da camada menos favorecida da sociedade.

## UNIDADE DE VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS REICLÁVEIS

A Unidade de Valorização de Resíduos Sólidos Recicláveis localiza-se em Campo Magro, a 30 km de Curitiba e tem como finalidade receber diariamente o material coletado no Programa Lixo que não é Lixo.

Na Unidade, o material é conduzido a duas esteiras mecânicas que são operadas num sistema intermitente, com velocidade adequada para que os classificadores possam efetuar a separação do material (papel, papelão, plástico, vidro, metais ferrosos e não ferrosos).

Após a separação, os materiais passam pelo seguinte processo:

**Papel/papelão:** prensado, amarrado, pesado e estocado;

**Plástico:** é separado conforme sua composição química, prensado, amarrado, pesado e estocado;

**Lata:** de alumínio e de folha de flandres, são prensados, pesados e estocados;

**Vidro:** é conduzido ao pátio de estocagem, separados por cor (branca, âmbar, verde/azul), triturado, lavado, descontaminado e estocado em um silo.

**Sucata ferrosa grande:** é estocada no pátio de sucata.

**Outros Materiais:** são estocados em um galpão.

**Rejeito:** é coletado diariamente e conduzido ao Aterro Sanitário da Cachimba.

Os materiais recicláveis triados transformam-se em INSUMOS que são vendidos às indústrias para produção de novas embalagens. Os recursos provenientes desta venda é repassado à Fundação de Ação Social (FAS), que os aplica em obras assistenciais.

## COLETA, TRANSPORTE E DESTINAÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS VEGETAIS

A população do município de Curitiba dispõe de um serviço especial de coleta de resíduos vegetais. Este serviço é executado mediante um sistema de solicitação.

Os resíduos coletados são produtos de limpeza de quintais e conservação de jardins, sendo: aparas de gramas, podas de árvores, dentre outros.

Desde setembro de 1991, os resíduos vegetais são destinados ao **Depósito de Resíduos Vegetais**, localizado no Parque Náutico, onde é separada a lenha para ser usada como combustível, nos fogões das cozinhas dos Piás Ambientais, fornos de olarias ou panificadoras, etc.

## ATERRO SANITÁRIO SUL DA CACHIMBA

Em 20/11/89 iniciou-se a Operação do Aterro Sanitário da Cachimba. Este situado no município de Curitiba e com uma vida útil estimada em 11 anos e 5 meses.

O Aterro Sanitário da Cachimba foi concebido para receber apenas resíduos com características domésticas. Visando garantir a qualidade da água que abastece Curitiba e que é captada na Região Metropolitana, os municípios que compreendem esta Região também dispõem seus resíduos no Aterro da Cachimba.

A área total do Aterro Sanitário é de 410.000 m<sup>2</sup>, sendo a área destinada à disposição de lixo propriamente dito de 237.000 m<sup>2</sup>.

Para escolha deste local, a Prefeitura Municipal de Curitiba, fundamentada em estudos preliminares e normas operacionais, certificou-se de que a confinamento dos resíduos sólidos seria segura em termos de controle da poluição e proteção ambiental.

Quantidade de Resíduos depositados  
no Aterro Sanitário da Cachimba,  
de novembro de 1989 a dezembro  
de 1997 = 3.022.254,62 t  
Média mensal = 45.699,66 t  
Média diária = 1.827,99 t

### **COLETA, TRANSPORTE E DESTINAÇÃO FINAL DE RESÍDUOS DOS SERVIÇOS DE SAÚDE**

Desde 1º de dezembro de 1988, o município de Curitiba possui coleta e disposição final diferenciada de Resíduos dos Serviços de Saúde. Simultaneamente à execução desta coleta houve a implantação da Vala Séptica.

A Vala Séptica está localizada na Cidade Industrial de Curitiba e possui uma área de 92.200 m<sup>2</sup>.

Os resíduos coletados são dispostos em valas impermeabilizadas de 3 m de profundidade e 3 m de largura, recobertas por camada de cal virgem e seladas com 1 m de material argiloso.

Visando diminuir a quantidade de Resíduos dos Serviços de Saúde, depositados na Vala Séptica, a Prefeitura Municipal de Curitiba, através do Programa de Gerenciamento destes resíduos, vem implantando nos estabelecimentos que prestam serviços de saúde, quatro tipos de coleta. São as seguintes:

#### **Coleta domiciliar**

Coleta de Resíduos Recicláveis ("O Lixo que não é Lixo")

Coleta dos Resíduos do Grupo "A" destinado à Vala Séptica, e a

Coleta dos Resíduos do Grupo "A" destinado à incineração.

Atualmente a Vala dispõe de uma média de 404,01 t/mês e são incinerados 18,75 t/mês de resíduos.

#### **REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

BRASIL. Ministério do Bem-Estar Social. Secretaria de Saneamento. *O que é preciso saber sobre a limpeza urbana*. Brasília, 1993.



# EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA O CIDADÃO

Dyrce Maria Koury Wagner<sup>1</sup>

**Resumo:** Um dos mais sérios problemas de infra-estrutura urbana de Belém é o do gerenciamento dos resíduos sólidos (lixo), problema este que vem se agravando por falta de, por longos anos, o governo municipal não ter implantado políticas públicas que tivessem por objetivo a superação desta problemática. Hoje já se nota na administração municipal, uma vontade política para a implantação destas políticas prejudiciais, no entanto, pela falta de ações integradas dos diversos órgãos aos quais o problema está afeto. No entanto, a solução desta problemática não cabe apenas à administração municipal, pois a produção, o acondicionamento e depósito inicial para aguardo de transporte que o leve ao seu destino final são de responsabilidade dos habitantes da cidade do povo, que precisa ser despertado para desenvolver seu papel, de modo que o lixo deixe de ser um problema que afete inclusive a sua qualidade de vida. E é através da Educação Ambiental, como Educação para a Cidadania, que o poder público municipal, em parceria com os mais diversos segmentos da comunidade, deve conquistar esta vitória. A Educação Ambiental não deverá se restringir, no entanto, apenas à educação formal, desenvolvida nas escolas, mas especialmente através dos veículos de comunicação social, da mídia, utilizando o Marketing para conquistar o povo a se engajar como co-partícipe na solução do problema.

**Palavras-chave:** resíduos sólidos (lixo); cidadania; poder público municipal; Educação Ambiental.

“Saber pensar o espaço, para saber nele se organizar, para saber ali combater”.

Yves Lacoste

## MEIO GEOGRÁFICO

O conhecimento da realidade é o ponto de partida para qualquer planejamento. A partir deste diagnóstico, há necessidade de se saber nele se organizar, ou seja, é importante que se tenha consciência da realidade e se tenha iniciativa, vontade política para se organizar com o objetivo de “ali combater”.

Lacoste (1988), em sua obra “**Geografia, Isso Serve em Primeiro Lugar para fazer a Guerra**”, quando afirma isto nos remete a uma reflexão, no sentido de que o conhecimento do meio geográfico é fundamental para qualquer planejamento urbano.

E o problema do lixo urbano em Belém vem exigir este planejamento.

---

<sup>1</sup> Bacharel e licenciada plena em Geografia, pela Universidade Federal do Pará. Cursos de Aperfeiçoamento no Conselho Nacional de Geografia. Especialista em Educação para a América Latina. Coordenadora do Projeto “Vamos acabar com o Império do Lixo em Belém”, UNAMA, 1994/1997.

A fisionomia da cidade bem demonstra isto, uma vez que suas características divergem das demais capitais brasileiras e, como tal, por necessidade de, a partir do conhecimento das características naturais da cidade e da sua estrutura urbana, da (des)organização especial que a caracteriza, criar alternativas de soluções para superar a situação caótica em que a mesma está mergulhada.

### **Conhecendo o cenário natural**

O município de Belém, segundo a CODEM, é constituído por 2/3 de área insular (342,52 km<sup>2</sup>) e apenas 1/3 de área continental (173,17km<sup>2</sup>), abrangendo uma certa quantidade de ilhas, dentre as quais destacam-se como as mais conhecidas as do Mosqueiro, Caratateua, Cotijuba e Combu (Wagner apud **Nosso Pará**, 1995).

A cidade de Belém, capital do Estado do Pará, localiza-se na sua porção continental, no entanto, cerca de 40% da sua área é constituída de baixadas, por ser atravessada por uma série de igarapés/pequenos rios, como os que constituem a bacia do Una e do Tucunduba que, por sofrerem influência das marés, devido à cidade ser banhada (quase, cercada) pelo rio Guamá e baía do Guajará, é invadida pelas águas devido à sua cota de altitude não ultrapassar 4m.

O clima equatorial, caracterizado por altas temperaturas (média de 28°C) e pouca amplitude térmica anual, tendo em vista se localizar na zona Equatorial, pouco abaixo da linha do Equador, faz com que haja intensa pluviosidade e umidade.

Durante as marés de águas vivas, que ocorrem durante as luas novas e cheias, e em especial no mês de março, quando as marés atingem seu ápice, no “inverno nortista”, não

somente as baixadas são tomadas pela águas mas, também, a área central da cidade, ao longo da baía de Guajará e no entorno da Av. Almirante Tamandaré, penetrando por várias ruas do bairro comercial, Campina, Cidade Velha e Batista Campos, quando transbordam vários canais.

Aliado a estes aspectos já referenciados, a cobertura vegetal característica da cidade, com suas frondosas mangueiras, ao mesmo tempo que nos dão sombra e frutos, deixam no chão uma grande quantidade de folhas, que são levadas pelas águas para as valas, boeiros e galerias pluviais, entupindo-as e prejudicando o escoamento das águas.

Este cenário precisa, portanto, ser o ponto de partida para todo e qualquer planejamento que vise a organização do espaço urbano da capital paraense.

### **A EXPLOSÃO DEMOGRÁFICA E A (DES)ORGANIZAÇÃO URBANA**

A “Cidade das Mangueiras” vem sofrendo, nas últimas décadas, uma verdadeira explosão demográfica, como consequência, não do seu crescimento vegetativo (diferença entre o índice de natalidade e o de mortalidade), mas da imigração, especialmente do êxodo rural.

Grandes levas de imigrantes chegaram e chegam à cidade (emigração), devido ao insucesso dos “Grandes Projetos” implantados na Amazônia através dos Incentivos Fiscais da Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM).

O então “Milagre Brasileiro”, que pretendia ocupar a Amazônia, vazio demográfico, com os homens sem terras das diversas regiões brasileiras, fez com que a região amazônica ou Norte se transformasse em área de imigração de atração populacional.

E desde a construção de Brasília e a abertura da Belém-Brasília, posteriormente com a construção das chamadas Rodovias de Integração Nacional (Transamazônica, Cuiabá – Santarém, Brasília – Acre, Perimetral Norte), depois – abandonadas, começaram a chegar a região grandes levas de imigrantes, que passaram a desenvolver suas atividades nos projetos de extrativismo vegetal e mineral e agropecuários.

Como os objetivos e metas destes projetos não foram alcançados, esta enorme leva de imigrantes passou a se deslocar para a “capital da Amazônia”, Belém, em busca, novamente, de melhores condições de vida.

“De 1960 para 1991, a população belenense cresceu de 399.222 habitantes para 1.244.689 de acordo com os Censos Demográficos do IBGE” (Anuário Estatístico do Brasil apud Wagner, 1995).

A população belenense corresponde, hoje, a cerca de 25% da população paraense.

Todo este contingente populacional, ao se deslocar para Belém, já encontrou a cidade sem infra-estrutura urbana para recebê-lo, dando origem ao agravamento das problemáticas já existentes.

De acordo com Nunes (1995: 1)

*“Mais que uma cidade inchada, Belém perde sua identidade indígena-afro-lusitana. A impressão que se tem é que a cidade se transformou em uma imensa casa sem dono. Todos fazem aqui o que bem entendem e o poder público apenas vê a “banda passar”. Chega de bueiros entupidos. Basta de tanto lixo, moscas, ratos, baratas e as doenças que o subdesenvolvimento patrocina orgulhosamente”.*

Nesta “radiografia” de Nunes, percebe-se elencados uma série de problemas gritantes, fruto da (des)organização espacial que caracteriza Belém.

Os imigrantes, ao aqui chegarem, localizaram-se na periferia urbana, justamente nas baixadas, invadindo áreas e ocupando-as desordenadamente.

Isto, só veio como já foi referenciado, agravar as problemáticas da cidade.

*“Em decorrência dessa realidade, torna-se imprescindível a implantação de políticas que venham reverter a situação caótica em que se encontra a cidade, onde a desorganização espacial vem dando origem a alterações do ecossistema e problemas de saúde, prejudicando o meio ambiente e a qualidade de vida da população” (Wagner, 1997: 6)*

## **AS POLÍTICAS PÚBLICAS DE HOJE E A REALIDADE**

### **Anterior**

Toda esta realidade é fruto do verdadeiro abandono em que se encontrava a cidade, no que se refere, especialmente, à sua infraestrutura na área de saneamento básico, em destaque para o problema do lixo em todos os seus aspectos.

Grande parte dos domicílios necessitam de melhorias nas suas condições sanitárias, apenas pouco mais de 50% do lixo produzido na cidade é recolhido regularmente, o tratamento do lixo coletado é quase inexistente; a drenagem dos canais não era feita regularmente; apenas 6% da população dispõe de esgotamento sanitário (SESAN, 1997).

Não havia, na realidade, vontade política, planejamento, encaminhamento de projetos, busca de parcerias para se resolver o problema.

Na atualidade, o quadro, do qual se refere a política pública para o setor já é outro.

Nota-se uma nítida vontade política do atual governo municipal para se reverter a situação anteriormente descrita.

A Secretaria Municipal de Saneamento (SESAN) já vem tomando uma série de providências, teóricas e práticas, tentando resolver o problema.

Foi realizada uma série de eventos com o objetivo de discutir o problema dos resíduos sólidos (lixo) em Belém. Trocaram-se idéias, trouxeram especialistas, buscaram-se exemplos de outros centros urbanos onde já houve superação desta problemática, como Curitiba e Belo Horizonte. Esse assunto já foi discutido em nível de Ministério Público e comunidade.

Colocou-se a atuação da empresa contratada para efetuar a coleta do lixo na cidade, exigiu-se o aumento de sua frota e contratou-se mais outra empresa para complementar a tarefa, já que a encarregada não possuía a infra-estrutura necessária para fazê-lo a contento.

Os garis encarregados da varrição foram mais bem organizados e orientados para a coleta seletiva de latas e vasilhames de plástico.

Apresentaram-se projetos à Caixa Econômica Federal (CEF), na busca de financiamento.

No entanto, o que se constatou como ponto de estrangulamento foi a falta de planejamento, articulação, atuação conjunta de fato dos vários setores/órgãos da Prefeitura Municipal de Belém (PMB), onde o corporativismo e a falta de prática de trabalho em equipe vêm prejudicando a atuação.

A SESAN atua de um lado; a Fundação Parques e Áreas Verdes de Belém (FUNVERDE), de outro; a Secretaria Municipal de Educação (SEMEC) parece que é outro compartimento, da mesma maneira que a Fundação Escola Bosque (FUNBOSQUE); a Secretaria Municipal de Saúde e Meio Ambiente (SESMA), parece desconhecer o problema; e a Secretaria Municipal de Economia (SECON), deixa os ambulantes tomarem conta da cidade e contribuir para agravar a problemática do lixo. Se não existe parceria entre as próprias esferas do poder público municipal, como falar em parceria com a comunidade?

Portanto, há necessidade do poder público municipal reavaliar sua prática, com o objetivo de não se perder o esforço que vem sendo feito para se resolver o problema.

## **A NECESSIDADE DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL E A BUSCA DE PARCERIAS**

### **O despertar do cidadão**

*“Aquele que esqueceu suas utopias, sufocou suas paixões e perdeu a capacidade de se indignar de toda e qualquer injustiça social, não é um cidadão, mas também não é um marginal. É apenas um NADA, que a tudo modifica”* (Ferreira, 1993: 229).

Embora já se vislumbre várias iniciativas para a solução do problema em foco, as resistências às mudanças, a origem positivista paraense, contribuem para se criarem obstáculos à sua superação.

Teoricamente, os caminhos estão delineados, muitas providências tomadas. Porém, a problemática do lixo urbano não deve ser de responsabilidade apenas do poder público municipal.

Daí porque, é imprescindível a busca de parcerias, com o objetivo de se despertar nos mais diversos segmentos da sociedade a atenção e a responsabilidade, para que haja um engajamento dos cidadãos, como co-participes na solução do problema.

Todo cidadão belemense não deve se sentir um marginal nem um NADA, de acordo com Ferreira (1993), mas deve se indignar, reagir, participar na solução.

A população precisa ser chamada a participar, necessita ser educada, uma vez que a geração do lixo tem nela a sua origem.

O “ciclo do lixo” ou os caminhos percorridos pelos resíduos sólidos precisam ser conhecidos pela população para melhor poder orientá-la e chamá-la a participar.

A PRODUÇÃO → ACONDICIONAMENTO → DEPÓSITO PARA AGUARDO DE TRANSPORTE → TRANSPORTE → DESTINO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS implicam, em grande parte, na responsabilidade da população, pois apenas o transporte e o destino final são de competência do poder público municipal, excetuando casos específicos.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 5, de 05/08/93, “os resíduos sólidos gerados nos portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários e estabelecimentos prestadores de serviços de saúde” (Art. 2º) dá a estes estabelecimentos a competência do seu gerenciamento, “desde a geração até a disposição final, de forma a atender aos requisitos ambientais e de saúde pública” (Art. 4º).

Nestes casos, por exemplo, há necessidade das políticas públicas exigirem o cumprimento

da legislação, orientando os referidos estabelecimentos para que desempenhem suas competências a contento.

Belém possui uma usina de incineração de lixo instalada na área do chamado “Lixão do Aurá”, que já está desativada há cerca de cinco a seis anos, que se destinava à incineração do lixo hospitalar em especial.

Investiram-se milhões de dólares na sua aquisição e instalação. Funcionou a contento e Belém, na época, era considerada cidade modelo neste aspecto.

Muda o governo. Com a justificativa de que os custos com a manutenção da usina não eram compatíveis com os recursos da Prefeitura Municipal de Belém (PMB), abandona-se a mesma.

Pergunta-se: porque não foi efetivada uma parceria entre o poder público municipal e os estabelecimentos de saúde para a manutenção da usina em funcionamento, se é competência destes, de acordo com a lei, o gerenciamento dos resíduos sólidos por eles produzidos desde a sua geração até o seu destino final, incluindo o transporte?

*“Sabendo-se que na sociedade capitalista os objetivos políticos são estabelecidos pela classe dominante, fica claro que esta classe procura organizar o espaço de acordo com o modelo que melhor reflita os seus interesses” (Andrade, 1989: 37).*

E estava bem claro, que o poder público municipal não tinha interesse em contrariar os objetivos, os interesses da classe dominante, neste caso representada pelos estabelecimentos de saúde.

Mas será que os dirigentes destes estabelecimentos se chamados ao diálogo, se

orientados, se cobrados, como cidadãos conscientes de seus papéis e de suas responsabilidades, não se tornariam, também, parceiros?

*“Não se trata de formar cidadãos que pensem poder resolver sozinhos os seus problemas, mas pessoas que percebam o quanto precisam caminhar junto com outras, aprender a negociar seus conflitos, ganhar e seduzir seu companheiro para projetos que atendam aos anseios coletivos. Atores de um campo complexo de relação, talvez um pouco indígena, no qual a reciprocidade deva prevalecer”* (Ferreira, 1993: 228).

### **A gestão integrada dos resíduos sólidos em Belém**

Algumas iniciativas, conforme referenciado anteriormente, já foram tomadas, especialmente pela SESAN que detém a maior responsabilidade no gerenciamento da busca de soluções para se conseguir chegar a uma gestão integrada dos resíduos sólidos em Belém.

O problema do transporte do lixo urbano, um dos aspectos mais críticos, vem sendo melhor administrado, embora o problema da coleta nas áreas de baixadas ainda exija solução criativa, que venha de encontro às características naturais, especialmente da periferia urbana de Belém.

A coleta e transporte do lixo hospitalar já está sendo feita por veículos adaptados para fazê-lo. No entanto, resta uma série de outros problemas, principalmente o do destino final do lixo, em especial o do lixo hospitalar, uma vez que a Usina de Incineração do Aurá continua desativada, embora a PMB-SESAN já tenha dado entrada num projeto, junto à CEF, buscando financiamento para colocá-la, novamente, em funcionamento.

No entanto, um dos problemas mais sérios é o do “lixão do Aurá”, depósito final de todo o lixo urbano não somente de Belém mas da “Grande Belém”, que engloba os municípios da Área Metropolitana como Ananindeua, Marituba e Benevides.

Este lixão, a céu aberto, vinha acumulando todos estes resíduos sólidos sem nenhum tratamento há cerca de quatro anos, comprometendo o meio ambiente, inclusive, segundo estudiosos, com riscos de contaminação das águas que abastecem o Utinga, de onde a população é abastecida de água para seu consumo.

A SESAN já apresentou Projeto à CEF, também buscando recursos para a construção de um novo aterro sanitário, nas proximidades do Aurá, a ser implementado com tecnologia avançada, usando a biorremediação para evitar a contaminação dos lençóis freáticos com o chorume (lixo liquefeito), diminuindo os impactos ambientais.

No entanto, os problemas de geração, acondicionamento e depósito inicial para aguardo de transporte para o destino final exigem a criação de estratégias que englobem a educação ambiental, pois a população é responsável pela produção do lixo até o momento em que ele seja recolhido pelo transporte colocado à disposição pela PMB.

### **Educação ambiental para Belém**

*“Belém nos olha desesperada, como a solicitar mais tecido, linha, agulha, além de uma mão de fada que possa talhar uma Belém nova”* (Nunes, 1995: 1).

Uma Educação Ambiental para Belém, pressupõe o delineamento dos seguintes objetivos.

### Objetivo Geral

Conscientizar/sensibilizar a população belenense quanto a sua responsabilidade/participação, na solução do problema do “império” do lixo em que se transformou a cidade.

### Objetivos Específicos

- Apresentar alternativas de solução para o problema;
- Estabelecer parcerias entre instituições governamentais e não-governamentais, tendo por objetivo o desenvolvimento de campanhas educativas que visem à solução do problema em foco;
- Desenvolver atividades educativas, de educação formal e não-formal, na busca de sensibilizar a população para modificação de seus hábitos;
- Orientar a população/empresas no que se refere ao acondicionamento e separação do lixo;
- Implantar uma política pública que se destine à melhoria do transporte e destino final do lixo urbano;
- Buscar financiamento para projetos de reaproveitamento/reciclagem do lixo.

A partir destes objetivos, é necessário o estabelecimento de estratégias/planos de ação/elaboração de projeto para se implementar as soluções viáveis visando superar a problemática em foco.

Esta proposta perpassa pelos seguintes itens de solução para o problema do lixo em Belém:

#### 1 – Campanhas educativas/informativas:

- mensagens educativas via veículos de comunicação, contas de água, luz, telefone;

- programas de entrevistas junto aos veículos de comunicação de massa;
- folhetos explicativos e cartilhas a serem distribuídas à população;
- realização de seminários, palestras e similares em escolas e empresas;
- apresentação de peças teatrais, músicas, varais e outros em praças, parques, escolas, etc.

- 2 – Melhoria da infra-estrutura para coleta, transporte e destino final do lixo urbano.
- 3 – Coleta seletiva do lixo.
- 4 – Reaproveitamento/reciclagem do lixo.
- 5 – Cobrança de multas.
- 6 – Melhoria das condições de trabalho dos profissionais que trabalham com manuseio do lixo.
- 7 – Cuidados especiais com o lixo hospitalar.
- 8 – Estabelecimento de parcerias.
- 9 – Busca de financiamentos para Projetos de Educação Ambiental.

Dentro desta proposta, considerou-se da maior importância, na área da Educação Ambiental, a realização de campanhas educativas/informativas que venham atingir a população em geral, e não apenas os estudantes, através da educação formal, ou seja, a que ocorre na escola.

Se levar em consideração que a maior parte da população não é constituída por escolares, e como tal, a geração da maior parte do lixo urbano não é feita pelos estudantes; se considerar que o acondicionamento do lixo, na sua quase totalidade é de responsabilidade das famílias, das empresas, e do público em geral, que circula pela cidade logicamente, é o grande público que deve ser educado.

E como ele não vai à escola, somente pode ser orientado através da educação informal, ou seja, aquela a ser implantada através dos veículos de comunicação, da mídia.

Hoje, não se tem dúvida de que o problema da Educação Ambiental em Belém é um problema de Marketing.

E, para isto, há necessidade de grandes investimentos, bem como do estabelecimento de grandes parcerias.

A educação formal é também importante, porém não como uma disciplina do currículo escolar – “Educação Ambiental”, mas com conteúdos diluídos em todas as disciplinas do currículo, que devem educar para a vida, antes de mais nada.

E o problema do lixo influencia e reflete na qualidade de vida da população e, como tal, deve ser enfrentado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Manoel Correia de. *Caminhos e Descaminhos de Geografia*. Campinas, SP: Papirus, 1989. (Educar Aprendendo).

CONAMA. Resolução nº 5, de 05 de agosto de 1993.

FERREIRA, Nilda Teves. *Cidadania: uma questão para a educação*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1993.

LACOSTE, Yves. *A Geografia – Isto serve, em primeiro lugar, para fazer a guerra*. São Paulo: Papirus, 1988.

NUNES, Paulo. *O nome da cidade ou o desconforto dos corações*. Belém: UNAMA, 1995. Mimeo.

SECRETARIA MUNICIPAL DE SANEAMENTO – SESAN. *Dados Informativos*. Belém: PMB/SESAN, 1997. Digitado.

WAGNER, Dyrce Maria Koury. *Educação Ambiental para Belém*. Belém: Prefeitura Municipal de Belém, 1997. Projeto Digitado.

WAGNER, Dyrce Maria Koury. Perfil Demográfico. *Revista Nosso Pará*. O homem e a natureza. Belém: Editora Ver, n. 2, 1995. p. 14-21.

# Resumo das palestras pelos relatores



# PROPOSTA PARA A GESTÃO INTEGRADA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS EM BELÉM

Relator: Edmilson Bechara e Silva - SEPLAN

Palestrante: Luís Otávio Mota Pereira - UFPa

Debatedora: Maria Lúcia Barciotte – Secretaria do Meio Ambiente - SP

O Prof. Luís Otávio Mota Pereira, engenheiro sanitário formado pela UFPa, começou sua palestra tecendo alguns comentários gerais sobre Belém e a sua estrutura urbana. Considerou a estrutura viária da cidade muito complexa, em função, principalmente, das “baixadas” (áreas situadas abaixo da cota 4m).

Segundo o Prof. Luís Otávio, a cidade inchou e ampliaram-se os seus problemas devido à inexistência de planejamento urbano.

Para o Prof. Luís Otávio, Belém coleta em torno de 70% dos resíduos domiciliares produzidos, abaixo da média nacional, que é de 78%. Os principais resíduos são:

Lixo doméstico	840 t/dia
Lixo público	860 t/dia
Lixo hospitalar	12 t/dia
Lixo feiras e mercados	72 t/dia

Em termos de produção de resíduos urbanos, a cidade de Ananindeua, integrante da Região Metropolitana de Belém, contribui com 300 t/dia, cuja destinação final é feita no depósito de lixo do Aurá, localizado neste município e distante 19 km de Belém.

Duas empresas fazem a coleta regular de lixo atualmente em Belém. O Prof. Luís Otávio considerou inadequado o atual modelo de coleta e disposição final e, segundo ele, o Aurá

tem 12 anos de funcionamento como lixão e com certeza já contaminou as áreas no seu entorno.

Após estas considerações, apresentou uma seqüência de transparências, mostrando a sua proposta de gestão integrada de resíduos sólidos de Belém. A “indústria do lixo” é síntese da proposta que encaixa naquilo que ele chamou de “Sistema Integrado de Manejo e Tratamento de Resíduos Sólidos”, que consiste basicamente na obediência a quatro princípios: minimização, descentralização, segregação e reciclagem/compostagem.

A proposta do Prof. Luís Otávio visa dotar Belém de um Plano Diretor de Resíduos Sólidos, onde deverão constar as diversas fases do sistema de coleta e destino final do lixo, “caso contrário todo o modelo ficará comprometido”.

Na concepção do modelo proposto pelo Prof. Luís Otávio, os custos de implantação e operação do sistema estão diretamente vinculados à forma de ver a gestão do problema.

Para o Prof. Luís Otávio, uma autarquia municipal seria capaz de gerenciar um plano dessa magnitude. Em Belo Horizonte, existe uma Superintendência de Limpeza Urbana (SLU), modelo no Brasil com relação à coleta e destinação final do lixo urbano. No Rio Grande do Sul existe um Departamento Municipal de

Limpeza Urbana (DMLU) bem estruturado. Em São Paulo existe uma companhia chamada LIMPURB, todos com técnicos treinados e capacitados.

Segundo o Prof. Luís Otávio, é possível implantar o modelo proposto, parte com recursos do orçamento municipal e parte através da concessão parcial dos serviços, que não devem ser confundidos com terceirização.

Ao descrever a proposta de coleta de lixo para Belém, apresentou um sistema de coleta diferenciada, contemplando os resíduos de podas, resíduos de entulhos, resíduos de serviços de saúde, resíduos domésticos, coleta seletiva voluntária, coleta seletiva na área comercial de Belém e coleta alternativa em áreas de baixadas e estivas.

No final da exposição, o Prof. Luís Otávio mostrou o fluxograma do sistema de manejo e tratamento de resíduos sólidos proposto para Belém, colocando-se à disposição para quaisquer esclarecimentos adicionais acerca da referida proposta.

Na fase de intervenção, a debatedora, Profa. Maria Lúcia Barciotte, da Secretaria do Meio Ambiente - SP, achou fantástica a idéia de descentralizar as unidades de reciclagem e compostagem de lixo, solicitando ao palestrante maiores detalhes sobre o modo de operacionalizar as campanhas de educação ambiental contidas no modelo apresentado.

Feitos os esclarecimentos, o relator desta palestra se pronunciou dizendo que muita coisa do seu trabalho de mestrado foi absorvida na proposta apresentada pelo engenheiro sanitário, especialmente no que tange à utilização de miniusinas de reciclagem e compostagem para o tratamento de pequenas massas de lixo e à descentralização do destino final. A proposta tem muita semelhança com o modelo por nós apresentada ao Secretário de Saneamento, em meados de março de 1997, por ocasião do "Seminário Resíduos Sólidos

na Metrópole de Belém", promovido pela Prefeitura Municipal.

A seguir, o Prof. Tinoco, da UFV, fez uma intervenção elogiando a exposição do trabalho do palestrante, dizendo que só os técnicos da terra é que conhecem os problemas de lixo da cidade e têm condições de propor soluções.

O economista Miranda Neto elogiou a palestra do Prof. Luís Otávio e teceu alguns comentários sobre educação ambiental da população paraense e destacou sua estupefação pelo óbvio, haja vista que o óbvio na coleta de lixo não é visto. Referia-se às diversas experiências municipais com o lixo urbano e às inúmeras formas de coletar e tratar o mesmo, considerando a experiência e "know-how" das pessoas presentes no Simpósio.

A professora Larissa Chermont disse que ficou feliz com as coincidências e considerou que o óbvio e a simplicidade da proposta merecem elogios. Ela achou, no entanto, que o entulho das áreas nobres da cidade, colocado nas mãos da iniciativa privada, seria "encarecer o barato".

Acrescentou a importância do planejamento participativo, na busca da solução dos problemas do lixo, e que, nesse sentido, encontra-se em elaboração o Plano Diretor de Resíduos Sólidos, que está sendo feito "a duras penas", finalizou.

O Prof. Luís Otávio, após as explicações finais, concluiu dizendo que a sua proposta merece um aperfeiçoamento, e que está aberto às críticas e contribuições.

À guisa de conclusão, importa salientar que a solução para o Aurá, a curto prazo, seria a utilização de uma nova área de 12 hectares que está agregada ao lixão. Além disso, o Aurá terá de passar por um processo de biorremediação, recuperar o sistema de drenagem e executar um tratamento anaeróbio biológico do chorume.

# ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR PARA ESTUDO DA RELAÇÃO RESÍDUOS SÓLIDOS, SAÚDE E AMBIENTE

Relator: Douglas Dinelli - SECTAM

Palestrante: Marcelo Firpo de Souza Porto – Fundação Osvaldo Cruz

Debatedor: Carlos Costa - FCAP

Após a apresentação dos objetivos e metas do Centro de Estudos de Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana, local onde o palestrante exerce suas funções, o Dr. Firpo falou do esquema que iria seguir para facilitar sua exposição.

Este esquema compreendeu a necessidade da abordagem interdisciplinar na matéria ambiental, destacadamente o manejo com resíduos perigosos é, cada vez mais, uma realidade preocupante para a sociedade moderna em relação à saúde do trabalhador.

Procedendo a uma rápida crítica ao modelo sugerido pela economia clássica de intervenção na natureza, teceu alguns comentários sobre a complexidade que o problema ambiental vem requerendo da sociedade organizada, governos e instituições de pesquisa.

Ressaltou o compromisso cada vez mais exigente que a sociedade moderna deve ter para com a transformação do lixo em matéria reutilizada; o enfrentamento da questão silenciosa da exposição dos trabalhadores nos ambientes de risco, com alta contaminação tóxica (cerca de 70 mil substâncias químicas)

conhecidas e manipuladas nas indústrias do planeta, segundo o palestrante. Sobre essa problemática, ainda exemplificou que anualmente, cerca de mil novas substâncias são agregadas ao mercado, tornando-se um motivo de sérias preocupações.

O palestrante fez referências aos aspectos de saúde ligados ao meio ambiente degradado, que provoca o aumento de doenças por veiculação hídrica, exemplo clássico da diarreia, e que podem ser revertidos com ações de saneamento básico.

Referiu-se, ainda, ao início da institucionalização da questão ecológica no Brasil, que remeteu ao atual estado de exigência interdisciplinar que se conhece atualmente, gerador de muitos estudos sérios, mas frisou que o País chegou com atraso nessa área, o que ainda gera várias dificuldades na condução de projetos e entendimento entre os profissionais.

Prosseguindo, destacou algumas características da relação que envolve resíduos sólidos e saúde pública, com os efeitos crônicos conhecidos para a saúde do trabalhador,

exemplificando esta relação com os chamados “Pop’s”, Poluentes Orgânicos Persistentes, entenda-se substâncias altamente contaminantes como dioxinas, furanos etc.

Teceu comentários sobre os resíduos sólidos, como o problema dos lixões, cada vez mais presente nas cidades com grande concentração populacional e agora até em cidades pequenas.

Em sua finalização, comentou o problema da vulnerabilidade social no Brasil, a partir da questão dos vários tipos de poluição e agressão ao ambiente, conseqüentemente ao homem, estando aí o de menor instrução e renda. “Esse quadro, reiterou, deve ser enfrentado a partir de programas comunitários cooperativos”. Criticou, ainda, a falta de uma cultura política no Brasil para acelerar ações

no sentido de minimizar os danos humanos e ambiental.

Num outro grau de vulnerabilidade, citou a vulnerabilidade institucional, esta ainda mais preocupante, porque deve nortear políticas e modelamentos necessários a reverter as situações de risco para a saúde dos trabalhadores.

O mais difícil, segundo ele, é que o País não tem uma política nacional de resíduos sólidos, o que é matéria de um projeto que está no Congresso Nacional, de autoria do Deputado Federal e cientista da Fundação Oswaldo Cruz, Dr. Sérgio Arouca.

Finalizou que só medidas dessa natureza poderão fortalecer as instituições de pesquisa a lutar por um ambiente mais humano.

# POLÍTICAS PÚBLICAS E APLICAÇÃO DE INSTRUMENTOS ECONÔMICOS PARA A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Relator: Mário Miguel Amin Garcia Herreros - UFPa  
Palestrante: Larissa Chermont - UFPa/PMB  
Debatedor: Manoel José de Miranda Neto - IHGP

O ponto central da apresentação da Profa. Chermont foi a discussão da reciclagem dos resíduos sólidos do município de Belém como uma opção de política econômica.

Para discutir este tema, a palestrante mostrou como a valoração do ambiente, do ponto de vista econômico, é de grande importância para a viabilização do projeto de Reciclagem do lixo em Belém.

Foi mostrado como a teoria econômica oferece uma estrutura coerente para o gerenciamento dos resíduos sólidos através do Sistema Integrado de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos.

Foi indicado que para aplicar esse modelo é necessário que alguns pressupostos, seguindo uma ordem hierárquica, sejam adotados:

- Redução do lixo na fonte;
- Reutilização do material produzido;
- Reciclagem;
- Recuperação de energia (incineração);
- Aterro sanitário.

A Profa. Chermont indicou que o Aterro Sanitário vem sendo rejeitado por grande parte da sociedade devido aos efeitos colaterais que esse processo traz para o ambiente. Contudo, a rejeição desta alternativa vem diminuindo a quantidade de áreas disponíveis para esta operação.

Foi indicado que o Sistema Integrado de Resíduos Sólidos visa obter respostas para duas questões de caráter mais especial:

- a opção de reduzir a geração de lixo na fonte e os custos de seu tratamento, o chamado balanço ótimo;
- o destino final dos resíduos para balizar melhor as opções.

A obtenção de resposta a estas questões apresenta, no entanto, sérios problemas em sua aplicação. Por exemplo, a informação, estrutura do sistema, racionalidade dos agentes e as deficiências do mercado.

Por outro lado, a Profa. Chermont indicou a existência de algumas vantagens com a implementação do Sistema Integrado de gerenciamento do Lixo urbano:

- Incentivo à reciclagem;
- Estímulo a mudanças nos padrões de consumo da população;
- Elevação do consumo de produtos mais duráveis, reduzindo os níveis de disposição final.

Para conseguir estas vantagens, seria necessário que o governo adotasse algumas diretrizes que permitissem a sua implementação, tais como:

- redução da geração de lixo na fonte;
- atuação do balanço ótimo.

Uma vez apresentada esta parte introdutória sobre o Sistema Integrado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, a Profa. Chermont concentrou-se em explicar a importância da reciclagem para a economia do município, assim como para a proteção do ambiente.

Foi indicado que reciclagem é o “Ato de coleta e redefinição de subprodutos resultantes da atividade produtiva ou de consumo, para utilização como insumos de nova atividade produtiva...”

O processo de reciclagem compreende:

- custos privados da reciclagem referentes à atividade de coleta, triagem e transporte, reprocessamento do material reciclável;
- custos externos da reciclagem referentes aos danos ambientais e de saúde causados à população e das externalidades das atividades de reciclagem.

Estes custos, mencionou a Profa. Chermont, podem ser evitados através de formas diferentes de disposição final dos resíduos e pela venda do material reciclado.

Para viabilizar o processo de reciclagem, é necessário que a eficiência econômica seja maximizada quando forem obtidas diferenças positivas no balanço entre a receita de vendas do material reciclado, os custos externos e, entre os custos financeiros.

A implementação do Sistema Integrado serviria para aumentar a receita do governo e estimular o comportamento dos agentes. Para esse fim, no entanto, foi mencionado que seria necessário:

- uma compatibilidade com o sistema tributário nacional;
- custos administrativos e de implementação;
- reduzir preço final ao consumidor;
- progressividade e;
- efeitos quanto à elevação de receitas governamentais.

A fim de implementar o sistema, foi indicado que seriam necessários certos instrumentos para a gestão de resíduos sólidos, tais como:

- crédito para reciclagem;
- cobrança pela disposição do aterro;
- cobrança sobre a geração de lixo;
- impostos sobre produtos;
- sistemas depósito-retorno;
- certificados comercializáveis

## DEBATEDOR

Foi mencionado, pelo Prof. Mirando Neto, que reciclagem tinha implicações econômica e ambiental. Neste contexto, era importante a sua implementação, a fim de reduzir os impactos sobre o meio ambiente.

Indicou que o público se comporta de outra maneira, situação que vem a dificultar a implementação dos projetos de limpeza da cidade. Ele mencionou que a melhor forma de ajudar na reciclagem do lixo seria começar pela coleta seletiva do lixo na casa. Desta maneira, seria mais fácil selecionar os resíduos que poderiam ser utilizados e evitar o aproveitamento por outras pessoas.

Ressaltou que existem grupos de interessados em que se perpetue estados de miséria, a fim de poderem lucrar com estas situações.

As crianças, indicou, teriam um papel importante dentro de casa ao ser educadas a realizar coleta seletiva, processo este que serviria para ensinar aos pais a cuidar do lixo.

A reciclagem estaria sendo como o começo de um novo ciclo produtivo que poderia trazer benefícios para a sociedade. Foi mencionado que algum tipo de prêmio podia ser estabelecido para incentivar a coleta seletiva.



# **A VIABILIDADE ECONÔMICA DA RECICLAGEM DO LIXO – O CASO DA CIDADE DE SÃO PAULO**

Relatora: Luciana Miranda Costa – SECAP/PMB

Palestrante: Maria Lúcia Barciotte – Doutora em Saúde Pública e Ambiental – SMA - SP

Debatedor: Douglas Dinelli – SECTAM

Foi exibido inicialmente o vídeo “Ilha das Flores”, abordando a problemática do aproveitamento e desperdício do lixo urbano, enfocando a realidade dos catadores, na região da Grande Porto Alegre-RS.

A pesquisadora Maria Lucia Barciotte, da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, observou que a maioria das pessoas acaba estabelecendo uma relação “mágica” e inconsciente com o lixo: ele é colocado na porta das casas, recolhido pelos caminhões e “desaparece”, ou seja, termina aí a relação do cidadão com o lixo produzido. No entanto, a questão é “para onde irá este lixo?” e “quem se responsabilizará por ele?”

Segundo os padrões da sociedade norte-americana, cada pessoa produz o equivalente a dez vezes o seu próprio peso, em forma de refugo doméstico. Em São Paulo, a relação é de 1 quilo por pessoa e, em Belém, a proporção é de 500 gramas por pessoa.

## **O CUSTO DA COLETA SELETIVA E A RECICLAGEM DO LIXO**

Neste contexto, a coleta seletiva e reciclagem do lixo (materiais industrializados

presentes no lixo domiciliar) se apresentam como uma das opções para minimizar o problema. No entanto, a discussão sobre o tema deve considerar o elemento econômico, muito presente no debate com o poder público.

Dados da Prefeitura Municipal de São Paulo apontam um custo de 417 dólares por tonelada de lixo reciclado, no que se refere aos serviços de coleta, seleção e venda; contra uma receita final de 50 dólares, indicando um “prejuízo” de 367 reais.

A pesquisadora Maria Lúcia Barciotte observa, no entanto, que estes números da PMSP não levam em consideração o controle ambiental decorrente da reciclagem, a economia hídrica e energética, além da economia relacionada à matéria-prima primária. Ganhos relacionados à educação, saúde e geração de emprego e renda, mais difíceis de serem mensurados, também precisam ser considerados. “Assim como o serviço da limpeza de uma rua, a coleta seletiva e reciclagem do lixo não pode ser vista simplesmente como uma maneira de se obter lucro”, considera a pesquisadora.

Baseando-se na pesquisa desenvolvida pelo Prof. Sabetai Calderoni, da Universidade de São Paulo, Barciotte apresentou dados de 1980 a 1988, que apontam para um aumento do lucro obtido com a coleta seletiva e reciclagem do lixo, mostrando sua viabilidade econômica. Neste sentido, os principais envolvidos no processo são: Município, Indústria, Sucateiro, Carrinheiro/Catador, Governo Federal, Governo Estadual e Sociedade.

Apesar do incremento gradativo dos lucros nos últimos anos, ainda perdem-se bilhões de dólares com o subaproveitamento do lixo produzido no Brasil. Dos materiais reciclados, o papel é o que tem sido melhor utilizado em relação ao seu potencial de reciclagem, entretanto, plástico, vidro e latas de aço e de alumínio, ainda permanecem pouco explorados.

No sentido de otimizar este quadro, Barciotte observa que um trabalho de parceria é fundamental. O agente impulsionador seria a indústria, maior beneficiada em termos econômicos com a reciclagem, além da sociedade e do poder público, inclusive as prefeituras, que “economizariam” no que se refere aos custos com construção de aterros sanitários e coleta do lixo, entre outros elementos.

### **MINIMIZAÇÃO DOS RESÍDUOS**

“Reciclagem não é moda”, observa a pesquisadora Maria Lúcia Barciotte. A questão do lixo envolve não apenas sua reutilização, mas também sua “redução na fonte”. Para tanto, o conceito de Consumo Sustentável deve estar presente no debate sobre o tema.

Consumo Sustentável: “fornecimento de serviços e produtos que atendam às necessidades básicas, proporcionando melhor qualidade de vida enquanto minimização do uso dos recursos naturais e materiais tóxicos, como também a produção de resíduos e a emissão de poluentes no ciclo de vida do serviço ou do produto, tendo em vista não colocar em risco as necessidades das gerações futuras” .

O conceito de Consumo Sustentável, conforme definição acima, pode ser representado no dia-a-dia com exemplos simples, como a escolha de uma embalagem para presente ou o consumo de copos de plástico para cafezinho. Cada pessoa consome, em média, dez copos de plástico de café por dia, sem se preocupar com o lixo que este consumo produz e com o destino final deste lixo. O conceito, portanto, está diretamente relacionado à questão da educação ambiental das pessoas, para que possa haver uma redução do lixo na fonte.

### **DEBATEDOR E QUESTIONAMENTOS DA PLENÁRIA**

O debatedor da palestra, Douglas Dinelli, levantou a questão de como conseguir recursos e envolver a comunidade, de forma a viabilizar as ações propostas.

A pesquisadora Maria Lucia Barciotte mencionou que existem vários aspectos interessantes sobre esta questão. No Brasil, segundo a pesquisadora, os catadores de latinhas de alumínio atingiram padrões comparáveis aos do Primeiro Mundo, no que se refere ao montante de material recolhido.

Além disso, Barciotte menciona que a “minimização” ainda é um trabalho novo.

Na discussão do ISO 14000, por exemplo, está sendo estudada a possibilidade de criação de uma “rotulagem ambiental”, que contenha a variável ambiental de produção do produto na embalagem do mesmo.

Outra questão que vem sendo estudada, são formas de co-responsabilizar a indústria ou o produtor pelo lixo resultante de seus produtos, como acontece com o lixo de embalagens de refrigerantes ou materiais produzidos pela indústria gráfica. Uma proposta, citada como exemplo, é que a empresa tenha que reciclar 20% do lixo resultante de seus produtos.

Respondendo a uma questão da plenária, a pesquisadora observou que em relação ao lixo produzido com pilhas e baterias de telefones celulares, o serviço de atendimento ao consumidor das respectivas empresas, oferecem serviços para o recolhimento deste lixo, embora a reciclagem destes materiais ainda não seja feita.

O trabalho dos catadores também foi mencionado e Barciotte salientou a importância da valorização deste trabalho, quer em termos sociais ou ambientais. Para finalizar, foi observado que os municípios consomem de 10% a 20% de seus orçamentos com a limpeza urbana, indicando a urgência e a importância do debate sobre o tema.



## LIXO, SOCIEDADE E MEIO AMBIENTE

Relator: Fernando Antonio Teixeira Mendes – CEPLAC

Palestrante: Juan L. Bardalez Hoyos – SECTAM

Debatedor: Elias Paes Barreto – Prefeitura Municipal de Ananindeua

O palestrante iniciou dizendo que se sentia à vontade, dado estar trabalhando este tema a mais de quatro meses sobre o assunto.

Conceitualmente, a questão principal está em se está sendo cumprindo, neste momento da história, como chegou-se até aqui?

Tem-se caminhado para construção de uma sociedade urbana com evidente exploração do campo. A cidade passa a ser o centro – o poder pensante – pautado no processo de industrialização, que se iniciou no século XIX e que perdura até os dias de hoje. Neste processo, a importação de usos e costumes foi a característica mais marcante. Um exemplo disso na Amazônia é a nomeação de cidades com origem na Península Ibérica (Óbidos, Santarém). O indicativo transparece que: quanto mais parecido com os europeus melhor.

Nos trópicos úmidos a realidade é diferente quando comparado com o temperado, haja vista que as formas de produção e organização deverão ser compatíveis com os acontecimentos locais (dos trópicos). Quem tentar equacionar os problemas com uma realidade não adaptada às condições tropicais, sempre se verá em grandes dificuldades, é o que se poderia chamar de “ET’s dos Trópicos”.

Como reflexão conceitual, deve-se observar que na virada do milênio, deve-se dar respostas a esta sociedade estabelecida – urbana e industrial – na qual o lixo é um dos componentes da atual crise da sociedade. Como exemplo pode-se dizer que a maioria da população “não quer saber qual o destino que será dado ao lixo que ele próprio coloca na sua porta”, constituindo-se num fenômeno de alienação completa, onde o desperdício e poupança são objetivos antagônicos. Na Roma antiga, gerar e aproveitar o lixo no mesmo local era uma premissa básica entre seus habitantes.

O que fazer e/ou pensar para uma região com aproximadamente sete milhões de quilômetros quadrados (Amazônia continental), cuja população estimada em mais de 20 milhões de pessoas onde 65% desta está concentrada na cidade, daqui a dez anos? O que representará essa demografia para o meio ambiente? Certamente, os seus resíduos requererão uma forma mais moderna de aproveitamento. Este é um problema para os amazônidas, que deve ser pensado nas diversas sugestões apresentadas neste Simpósio; adaptando o que for possível, usar o prontamente aplicável e, com base no aprendizado geral.

A SECTAM tem feito criterioso acompanhamento do caso para poder dar uma melhor conseqüência ao equilíbrio ambiental. Além de se aprofundar na formação do cidadão, através de cartilhas, vem desenvolvendo programas de gestão integrada, incorporando os municípios através de seus especialistas; programas de monitoramento costeiro e de desenvolvimento sustentável; criação de unidades de produção para aumento da renda e verticalização da produção; energia alternativa (solar e eólica). Tudo voltado para a criação de uma nova mentalidade onde todos se insiram no processo produtivo, tendo como espelho os preceitos da

Agenda 21, domesticando a indústria, gerando o mínimo de lixo e o máximo de renda a partir de seus resíduos. O aproveitamento da fibra de coco para assento de bancos de carro é um bom exemplo disso. Atualmente a legislação obriga que o processo seja “limpo” – quem produz o lixo, dele se obrigará a (re)utilizá-lo, sem poluir o ambiente.

Esta sintonia da SECTAM com a Agenda 21 vem incentivando a produção de novos conhecimentos, indispensáveis ao desenvolvimento do Pará e da Amazônia, onde deve ser procurado pelo NUMA, sem desistir de procurar outras que somem ao objetivo pretendido.

# PRODUÇÃO DE COMPOSTO ORGÂNICO A PARTIR DO LIXO URBANO

Relator: Edson Gillet Brasil

Palestrante: João Tinoco Pereira Neto – UFV

Debatedor: Manoel Malheiros Tourinho – FCAP

O engenheiro civil e sanitarista João Tinoco Pereira Neto, da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, traçou um perfil do seu trabalho na área de produção de composto orgânico a partir do lixo urbano.

O Prof. Tinoco assegurou que o grande vilão do lixo é a matéria orgânica, pois se constitui no grande vetor de doenças onde os humanos se enquadram como as maiores vítimas. Há ainda toda uma cadeia de doenças que afetam a saúde do meio ambiente.

Citou entre os inúmeros casos de doenças causadas pela matéria orgânica do lixo o da diarreia em criança, que provoca morte na maioria das situações. Outro agravante junto ao processo nefasto do lixo diz respeito à presença de animais domésticos. Acrescentou ainda que os metais pesados estão entre os contaminantes com alto grau de toxicidade, além de restos de carnes humanas associadas ao lixo hospitalar, tornando o quadro mais caótico e preocupante sob o ponto de vista da saúde pública.

Com relação a este quadro social citado, o palestrante assegura que isto não é considerado pelas políticas públicas que tratam de questões de saneamento e saúde pública.

Citou problemas ao meio ambiente e ao homem com relação à emissão de gases.

Derrubou a solução mágica do aterro sanitário. O Prof. Tinoco afirma que aterro sanitário não é solução para o lixo urbano; aponta outros caminhos com controle ambiental e esclarece que a incineração também não é o melhor caminho para se resolver o problema do lixo.

Comentou que a compostagem também não é solução para o lixo. Ele defende a tese de que é preciso encontrar a solução para o problema, redefinindo os modelos existentes e estabelecendo novos processos onde aí se incluiriam, evidentemente, as novas tecnologias para o setor.

O Prof. Tinoco informou que 70% do lixo é material orgânico que pode ser perfeitamente aproveitado para fins industriais e agrícolas, criticou a coleta diária no Brasil, que é muito cara e causa sérios danos aos orçamentos municipais, e que consome 500 mil reais dos cofres públicos e se constitui numa verdadeira fábrica de dinheiro para as empresas.

A mensagem final do Prof. Tinoco foi de otimismo diante do quadro caótico em algumas cidades brasileiras e argumentou que a questão comportamental, ou seja, a mudança de mentalidade aliada a um processo educacional pode alterar a situação degradante deixada pelo tratamento inadequado que se tem dado ao lixo ao longo do tempo.



# LIXO PODE TAMBÉM SER UM BOM NEGÓCIO PARA A INICIATIVA PRIVADA

Relator: Antônio Cordeiro de Santana – FCAP

Palestrante: Júlio Alexandre V. Gurgel do Amaral – Boa Hora Central de Tratamentos de Resíduos

Debatedor: Norberto Fenzl – NUMA/UFPA

## INTRODUÇÃO

O Dr. Júlio iniciou a palestra explicando a razão do nome BOA HORA dado à indústria de tratamento de resíduos industriais, instalada no município de Mauá, Estado de São Paulo.

O nome Boa Hora surgiu, então, em função das circunstâncias que favoreceram a implantação da indústria. Tais fatores são:

- Existência de uma zona industrial, produtora de quantidade suficiente de resíduos para viabilizar a construção de um aterro;
- Baixa densidade populacional do local. Este fator é importante por duas razões principais: a primeira é que a população não gosta de conviver com o lixo e a segunda é para evitar as críticas dos “ambientalistas”;
- Lixão da prefeitura próximo ao local. Este fator é importante porque ficaria próximo ao local do lixo público, fato que já atenderia ao requisito do item b, sendo, portanto, o local adequado para implantar a central de tratamento do lixo industrial;
- Grande possibilidade de viabilizar um aterro para resíduos industriais, até então inexistente, e cada vez mais se justificando uma iniciativa do tipo;

- A existência da produção de 2.000 toneladas/mês (com cerca de 150.000 toneladas acumuladas em pátio interno da fábrica) de **areia de fundição** na empresa de autopeças – COFAP;

O encerramento, em 1988, das atividades de extração de Areia Boa Hora, como porto de areia e as conseqüências de degradação ocorrida com problemas hidráulicos, que gerou grande bolsão de argila e silte, foram eventos importantes que viabilizaram a escolha do local para ser implantada a central de tratamento do lixo industrial (ou aterro).

Estes fatores foram decisivos para a implantação da Central de Tratamento de Resíduos Boa Hora, cujo nome vem da combinação de todos estes fatores, que ocorreram em momento próprio e convergiram para viabilizar a tomada de decisão. Naturalmente, o penúltimo fator teve maior peso, uma vez que foi a parceria entre as empresas (Boa Hora e COFAP), propiciada pelos técnicos da COFAP que viabilizaram a implantação da primeira etapa da Boa Hora. Além disso, a parceria ajudou a agilizar a aprovação da licença de funcionamento junto

à CETESB. Ou seja, havia possibilidades técnicas favoráveis à implantação de uma Central de Tratamento de Resíduos Industriais e já existia uma oferta de “matéria-prima”, no caso o lixo, que estava causando problema nas fontes geradoras de lixo (as empresas). A combinação disso deu o nome Boa Hora à Central de Tratamento de Resíduos de Mauá e viabilizou sua implantação.

A Boa Hora opera com lixo industrial, cuja responsabilidade de recolhimento é do próprio gerador e não da prefeitura. Deste lixo, cuja responsabilidade é do próprio gerador, a empresa decidiu trabalhar com o lixo da saúde (resíduos de ambulatório, de análises clínicas, farmacêuticos, cosméticos, etc.) e o lixo industrial. O lixo da saúde é incinerado e o lixo industrial vai para o aterro.

## **IMPLANTAÇÃO E FUNCIONAMENTO DA BOA HORA**

Após constatado o ambiente favorável à implantação da indústria, ou seja, a existência de mercado, e escolhido o local de implantação da Boa Hora, fez-se um estudo de impacto ambiental do local.

O estudo de impacto ambiental neste tipo de empreendimento é fundamental para determinar as reais possibilidades de implantação da empresa sem causar prejuízos ambientais, ou pelo menos minimizar seus efeitos sobre o meio ambiente. Este estudo deve atender aos seguintes requisitos:

Identificar as condições físicas do solo, para orientar a compactação e impermeabilização da área do aterro, visando reduzir a contaminação via lençol freático;

Identificar jazidas de areia para cobrir o resíduo. Este é um fator limitante para a implantação de um aterro, uma vez que o lixo precisa ser coberto;

Permitir selecionar o tipo de lixo que deve ir para o aterro;

Atender à legislação ambiental em vigor.

O estudo de impacto ambiental é o passo fundamental para a implantação de um aterro, uma vez que é este estudo que vai atender à legislação ambiental do município e propiciar a liberação para a implantação das obras.

O passo seguinte, no caso da Boa Hora, foi fazer uma classificação dos resíduos industriais que seriam destinados ao aterro. O lixo foi, então, classificação em três classes:

Classe 1 – resíduos perigosos;

Classe 2 – resíduos semi-inertes;

Classe 3 – resíduos inertes.

Os resíduos das Classes 2 e 3 foram os escolhidos, por serem menos perigosos, como compatíveis para serem jogados no aterro, a um custo de operação compatível com a viabilidade econômica da Boa Hora.

A implantação de projeto desta natureza exige elevado investimento inicial, cerca de 1 milhão de dólares, para aterro e infra-estrutura inicial, e o retorno é desconhecido porque não se tem informações sobre o comportamento das principais variáveis orientadoras das decisões, como nas atividades normais, por tratar-se de um mercado ainda “invisível”. No caso da Boa Hora, a COFAP viabilizou a implantação.

Depois de implantado vem a etapa do planejamento e execução de atividades para dar tratamento adequado ao lixo e viabilizar economicamente a empresa. Para atender a este requisito, é necessário:

Conhecer a fonte geradora do lixo, para mapear os setores de origem do lixo. Isto é importante para se conhecer a origem de cada tipo de lixo, bem como para orientar o transporte, manuseio e tratamento dos resíduos com maior eficiência e segurança;

Saber como armazenar, manusear e transportar cada tipo de lixo, para evitar problemas de contaminação dos agentes envolvidos em cada etapa da “cadeia produtiva do lixo” e minimizar os impactos ambientais;

Saber como tratar o lixo, para evitar contaminação do lençol freático;

Cercar o lixo para controlar os catadores, no sentido de obrigá-los a usar proteção contra contaminação.

Estas ações são fundamentais para orientar o tratamento adequado dos resíduos industriais (lixo industrial), de modo a não contaminar o meio ambiente.

## POSSIBILIDADE DE MERCADO

A descoberta de que o lixo é um bom negócio aflorou após a implantação do aterro, por meio do grande número de consultas de empresários interessados em depositar lixo na Central Boa Hora e das sugestões para que fosse organizada lista de espera, indicando a preocupação dos empresários de faltar espaço no aterro para os resíduos produzidos em suas empresas.

A segunda e definitiva justificativa de que **o lixo é um bom negócio** veio da constatação na prática de que, realmente, o tratamento do lixo é um negócio rentável, dado ao bom desempenho da Boa Hora.

Outros fatores estão trazendo novas oportunidades de atuação no mercado de tratamento de lixo, tais como:

Estação para tratamento de esgoto e resíduos de limpeza de fossas;

Tratamento de óleos solúveis e de pneus usados.

O surgimento de tais oportunidades, sem dúvida, torna a afirmativa de que **o lixo é um bom negócio** cada vez mais real.

Como nos demais ramos da atividade econômica, o tratamento do lixo enfrenta algumas barreiras a serem vencidas e outras que tornam cada vez mais promissor o desempenho da atividade. Dentre os fatores que limitam esta atividade, podem-se citar:

- Alto investimento para implantação e para infra-estrutura inicial em operação;

- Escassez de mão-de-obra qualificada;

- Aprovação de estudo de impacto ambiental e obtenção de licença para implantar o projeto;

- Ausência de regras definidas para funcionamento do mercado e de estudos técnicos sobre o tratamento de resíduos sólidos industriais no Brasil;

- Desconhecimento dos reais benefícios que ocorrem com o tratamento do lixo tanto por parte do empresário quanto da sociedade em geral;

- Desinteresse do produtor de lixo nas externalidades positivas que surgem com o tratamento do lixo, pois só computa o custo da retirada do lixo;

- Mercado ainda “invisível” no Brasil, necessitando conscientizar a sociedade sobre os benefícios que o tratamento do lixo traz para a saúde e para o meio ambiente.

Por outro lado, há fatores positivos que estão ajudando a viabilizar o tratamento do lixo, mediante aterro e incineração, por meio da iniciativa privada. Dentre estes fatores, estão:

- ISO 14.000 e a globalização, que exigem qualidade total nos processos industriais e segurança para o meio ambiente;

- Preocupação crescente com a saúde pública e a qualidade ambiental;

- Importante fonte geradora de emprego e renda;

- Permite uma fiscalização mais efetiva das fontes geradoras de lixo, por parte da administração pública, o que induz ao tratamento adequado do lixo por parte de maior numero de empresas;

- Viabiliza o tratamento do lixo das micro e pequenas empresas;

- Ponto de referência da administração pública para melhorar a eficiência da fiscalização sobre o destino dado ao lixo industrial e coibir ações irregulares ou comprometedoras do meio ambiente.

Pelo que se observa, estes fatores positivos, embora em menor número, dado ao pouco conhecimento do mercado, tendem a anular boa parte dos efeitos limitantes e conduzir a atividade a um estágio cada vez mais avançado e claro sobre as condições reais de mercado para tratamento do lixo.

Todos estes pontos foram discutidos ao longo da palestra, com a apresentação de vários slides, permitindo explicar as condições adequadas de tratamento do lixo e alertar para o não se permite que seja feito.

## CONCLUSÃO

A principal conclusão é a de que há mercado para o tratamento do lixo industrial no Brasil, com grandes benefícios para:

- os agentes geradores do lixo, que poderão operar com qualidade total e, em particular, para o empresário da central de tratamento do lixo, por meio do retorno obtido com o negócio;

- a administração pública, que poderá tornar a fiscalização mais efetiva e rigorosa;

- o município que terá maior recolhimento de imposto;

- o meio ambiente, que não será contaminado;

- a sociedade, que se beneficia com melhor qualidade de vida, de emprego e da renda das pessoas participantes direta e indiretamente;

Pelo que se observa, os benefícios gerados com o tratamento do lixo são de longo alcance econômico, social e ambiental. Por isso, deve se tornar em atividade econômica de grande interesse por parte da iniciativa privada, como uma alternativa de investimento.

Terminado a exposição da palestra, passou-se a palavra para o debatedor e depois para a plenária. As discussões são a seguir resumidas.

## O DEBATE

O **debatedor** da palestra, Prof. Norberto Fenzl, fez referência à importância do tema para a economia, por tratar-se de algo novo que se enquadra bem no cerne da Economia Ecológica. Neste aspecto, comentou sobre as limitações das regras básicas da economia tradicional, desenvolvidas para o cálculo do lucro gerado com a produção de um dado produto, uma vez que não se tem o hábito de computar as externalidades (positivas e negativas) atribuídas a cada produto.

Em seguida, comentou que o tratamento do lixo precisa do emprego combinado de várias tecnologias, fato que acaba tornando a atividade mais complexa do que as outras, por exigir maior grau de habilidade e conhecimento interdisciplinar sobre o processo de todas as pessoas participantes.

Por fim, falou sobre a relação lucro versus investimento, que precisa ser olhada por todos os agentes de interesse (empresários, agentes financeiros, governo, etc.) para viabilizar empreendimentos do tipo. No caso, estimular pesquisa para determinar os benefícios de empreendimentos a serem aplicados no tratamento de resíduos sólidos ou em atividades correlatas.

O debate da platéia restringiu-se a apenas uma intervenção, com duas questões: a primeira questão procurou saber sobre a presença de catadores de lixo em resíduo industrial e a segunda questão enfocou o aspecto polêmico que envolve a incineração de resíduos hospitalares, contendo dioxina e outros elementos altamente contaminantes.

No primeiro caso, a resposta foi de que não há como evitar a presença de catadores, mesmo em resíduos industriais. Por isso, decidiu-se cercar o aterro para controlar os catadores, de modo que são permitidos catadores apenas com proteção adequada, para evitar contaminação. A segunda resposta, foi que no caso da Boa Hora, trabalha-se apenas com resíduos de ambulatórios, de análises clínicas, da farmacêutica e dos cosmético, em fornos adequados para incinerar este tipo de resíduo. No caso de resíduos hospitalares, objeto da preocupação da pergunta, carece de outros tratamentos e não é o caso da Boa Hora.

## **POSSIBILIDADE PARA A AMAZÔNIA**

Neste ponto está a minha participação em tentar relacionar a experiência da Boa Hora, instalada no município de Mauá, Estado de São Paulo para a realidade da Amazônia. A tarefa é árdua porque não sou alfabetizado no assunto, entretanto, vou me arriscar a dizer que isto é viável para resolver problemas atuais e futuros dos municípios da região amazônica.

Em primeiro lugar, a cidade de Belém já sofre as conseqüências do não tratamento do lixo industrial e da saúde. Neste ponto, caberia uma análise para verificar a possibilidade de implantação de aterros e unidades incineradoras, de alto padrão de qualidade e segurança como a Boa Hora, para tratar os resíduos industriais e de saúde de Belém. Neste

ponto, o Dr. Júlio concordou e revelou que estaria disposto a implantar uma central de tratamento de resíduos em Belém, para solucionar o problema.

Em segundo lugar, Manaus também suportaria empreendimentos nesta linha, dado ao porte industrial da Zona Franca.

Por último, e considerando soluções a médio e longo prazos, penso que iniciativas do tipo são indispensáveis diante do fenômeno da globalização e das alternativas de crescimento econômico, com base na implantação de condomínios ou distritos industriais, em ampla discussão na literatura especializada. A existência de distritos industriais é uma condição necessária e adequada para a implantação de centrais de tratamento de resíduos, de modo que devem ser implantados simultaneamente. Isto pode tornar-se condição suficiente, se a legislação municipal, com vistas à qualidade total dos processos, incluir a construção de uma central em cada distrito. Este fato, combinado com os empreendimentos que estão se afirmando para a Amazônia (construção das eclusas, eletrificação rural, ferrovia Norte/Sul, portos, etc.), dos empreendimentos sinalizados para agroindústrias, da criação de agências para internacionalização de negócios (iniciativa da FIEPA), a região pode desenvolver muitos pólos industriais que viabilizariam a implantação de centrais de tratamento de resíduos como o Boa Hora.

Na Amazônia, mais que noutra região do Brasil, a pressão internacional na direção da conservação dos recursos naturais da região amazônica, é um forte componente adicional para que os processos industriais que venham a se implantar aqui sejam "limpos", ou ambientalmente corretos, o que reforça a necessidade de tratamento adequado do lixo.



# NOVAS TECNOLOGIAS PARA REMEDIAÇÃO DE LIXÕES

Relatora: Sandra Lerda – IPEA

Palestrante: Luiz Mário Queiroz Lima – LM – Tratamento de Resíduos Ltda.

Debatadora: Iara Weissberg – Museu Paraense Emílio Goeldi

Coordenador: Emílio Gomide Loures – UFV

Tudo que é novo as pessoas têm medo, é uma complicação. Já existem tecnologias inovativas de remediação de lixões.

In situ: destruição

separação

Ex situ: imobilização

Biorremediação – uso de microorganismos para degradar resíduos

- tecnologia autóctone, pertence ao meio ambiente

Como surgiu? – o pai desta tecnologia foi Pasteur

- “há vida microbiana na ausência de oxigênio capaz de degradar compostos orgânicos” (1860).
- bactérias anaeróbias.

Apresenta um histórico de Pasteur a Koch, que em 1860 isolou microorganismos **in vitro**, a Howard (1920), que desenvolveu o sistema INDORE, a Beijernick (1940), a Monod (1942), que foi o pai do conceito de industrialização de produtos.

Averbach & Robson (1947) foram os precursores da técnica de DNA recombinante. Kaplovsky (1951), Baker (1956), McCarty (1964).

O marco zero da biorremediação é 1970. Gandolla (1983) cita o uso de esgoto doméstico no lixo. Lima (1983), o rúmen bovino - usou estes conceitos para tratar lixo, já que o boi é a maior “fábrica de engenharia genética” que existe.

O subsolo, a água que não se vê, é onde mora o maior perigo de contaminação.

O aterro sanitário é uma técnica antiga que não se deve usar, não se deve enterrar lixo. Lagoas de estabilização não servem para o chorume que, sendo um corpo negro, não permite a fermentação com bactérias fotossintéticas. Equívocos da engenharia em aplicar um bom método para esgoto com o chorume.

Simpósios internacionais realizados nos Estados Unidos mostram o sucesso da biorremediação. Existem inúmeros trabalhos na internet - landfill bioremediation.

## **MAIORES BARREIRAS DA BIORREMEDIAÇÃO**

Síndrome de Pasteur (ninguém vê o microorganismo);

Desinformação da população;

Contra-informação;

Competitividade mercadológica (baixo preço em comparação com outras tecnologias);

Oportunismo (empresas que vendem o que não têm).

## **MÉTODOS A SER APLICADO NO AURÁ**

- diagnóstico - fazer estudos de solo, subsolo, água subterrânea, águas superficiais, ar, etc.

- testes de laboratório - fazer a configuração dos microorganismos

- balanço das águas

- fluxograma de decisão - com base nas informações acumuladas o computador ajuda no processo de definição da tecnologia

- geometria da célula

No Aurá vai ser usada a técnica de aterro sanitário: barreira no subsolo; drenagem do gás.

Tratamento secundário - bioremediation

O objetivo é transformar matéria em gases.

A inoculação permite tratar mais rapidamente o lixo.

Tratamento secundário de gases e líquidos.

Tratamento terciário de sólidos.

Depois do tratamento se faz a segregação da célula - abre a célula - reutiliza-se a mesma área, sem ter que buscar novas áreas para o lixo.

O projeto para o Aurá prevê a possibilidade de erro da Prefeitura, com lagoas para armazenar líquidos até por dois anos.

Mostra que no lixão do Aurá o que há é contaminação das áreas superficiais do rio Aurá e não contaminação do lençol freático.

## **PERGUNTAS**

O professor Gomide parabeniza e pede a inclusão no histórico de um agrônomo que ganhou o Prêmio Nobel de Medicina.

A Dra. Iara Weissberg cumprimenta o apresentador e a Prefeitura pela escolha do método para tratar o lixo da cidade. Disse que vai falar dos aspectos geológicos e dos aquíferos. A argila é descontínua lateralmente, raramente se apresenta na forma de camadas, como foi mostrado. Disse que há material extremamente permeável na área onde está depositado o lixo. Que o trabalho dela se baseia em estudos geofísicos feitos antes do uso da área para o lixo. A situação que existe hoje, em relação à área subterrânea, vai ser resolvida? Esta é a dúvida da Dra. Iara. Segundo ela, as águas subterrâneas estão contaminadas. A biorremediação vai resolver isso? A biorremediação vai ser usada nas lagoas de estabilização já existentes? Como vai ser o detalhe do processo de tratamento do lixo velho e do lixo novo.

## **RESPOSTAS DO Dr. LUIZ MÁRIO**

Concordo que houve escorregamento lateral da pluma de contaminação. Existe esta contaminação superficial pelo aluvião (o chorume escorreu). A idéia do projeto é barrar, através dos diques, a descida do chorume (superficial). A contaminação também caminha para baixo, na direção das áreas subterrâneas. Bactérias - quimiotaxia, organotaxia - permitem

descontaminar até a profundidade de 100m, de acordo com os estudos que existem. O que ocorre com o oxigênio - medida redox - é que a zona de depressão de oxigênio vai permitir o trabalho de microorganismos anaeróbios. Em relação ao chorume, a proposta é controlá-lo dividindo a vazão por 4, na área já existente, e por 8 na área nova (oito células). As lagoas que se propõem não são de estabilização, são de acumulação de chorume. Durante os 120 dias de construção dos diques, vai continuar havendo contaminação. Quanto ao monitoramento, a proposta é usar uma verba mensal para contratar o monitoramento pela UFPA. Foi feito um plano de monitoramento, uma recomendação, mas o projetista não pode monitorar seu próprio sistema.

Respondendo a uma pergunta, o Dr. Luiz Mário disse que garante os estudos que foram realizados no Aurá por sua equipe, mas que a execução será feita por outra empresa a ser licitada pela prefeitura e que não poderia garantir pela empresa executora. Há uma tese de doutorado que está co-orientando que estuda o Aurá, e é a única segurança que tem para monitorar o desenvolvimento dos trabalhos projetados. O Engenheiro Chefe do núcleo de projetos da SESAN, de Belém, fez uma pergunta e obteve a seguinte resposta: que o custo para compostagem é de 25 dólares mais 5 dólares para enterrar os rejeitos do processo, mas que uma usina de compostagem não trata a "porcaria" que está no lixão do Aurá. Foi informado que os custos totais do sistema de gestão de lixo que existe hoje em Belém é R\$7,50 e que este valor é maior que o custo da biorremediação, que é R\$6,80. Perguntado sobre o que fazer com um lixão ao lado de um córrego, o Dr. Luiz Mário respondeu que não necessita fazer logo uma cirurgia, fazendo uma analogia com um paciente enfermo, há que se

fazer primeiro os exames de fezes, sangue e urina do lixão, depois verifica-se há necessidade da cirurgia. Existe hoje no Brasil uma estrutura financeira adaptada ao município que permite financiar estes projetos.

O Engenheiro da SESAN perguntou sobre a falta de penetração da luz solar nas lagoas de estabilização e a impossibilidade de tratar o chorume com este método. Disse o Engenheiro que a experiência atual e a análise feita pela UFPA, mostram que o chorume é tratado pelas lagoas de estabilização adaptadas que estão sendo utilizadas e que gostaria de esclarecer sobre o perigo da contaminação da água captada para Belém pelo chorume. Sobre isso, o Dr. Luiz Mário respondeu que o Engenheiro estava se referindo ao DQO (Demanda Química de Oxigênio), quantidade de matéria orgânica contida num líquido, somente. Poluição não é só DQO. Há compostos químicos no chorume que a gente não sabe o que é. Há perigo e a gente tem que reconhecer com humildade que há problemas porque é a água que a gente bebe que se tira do rio. Concorda com a Dra. Iara no sentido de que há contaminação no rio, isso foi medido. Que na Bahia o projeto não funcionou por causa da briga do Prefeito com o Governador, pela falta de interesse público, pela corrupção, pela falta de vergonha, desse modo não há projeto que funcione! Atualmente esse projeto está funcionando de novo, o governo estadual contratou a equipe outra vez. A corrupção é o mal deste País.

Pergunta do vereador de Marapanim, Prof. Manuel Diniz: gostaria de desfazer um equívoco. Lagoas de estabilização são todas. Nós precisamos de lagoas fotossintéticas! Demonstrou sua preocupação pela afirmação do apresentador com relação à existência de

35 compostos desconhecidos pela química no chorume, que o computador rejeita. Disse que existem 500 compostos descritos na química universal (foi corrigido pelo Dr. Luiz Mário que são 836 compostos), metanogênese e acetogênese. Em que tempo nós vamos ter a biodegradabilidade do material que está no Aurá. O Dr. Luiz Mário respondeu: primeiro a gente, em 120 dias, elimina o fluxo horizontal, rápido. Depois tem o tempo para instalar uma célula, que é de um ano. O chorume tem que ser tratado como se fosse água potável. Depois precisa de mais um ano para tratar o lixo dentro da célula. Então, o tempo é de dois anos. O vereador perguntou, também, como se comporta a composição do chorume hoje? O Dr. Luiz Mário respondeu que vai lhe mandar o material sobre o assunto, pois não o tem

agora. Para finalizar o vereador disse da sua preocupação com o que aconteceu na Bahia.

Outra pergunta feita foi sobre os problemas cancerígenos que o chorume pode trazer. O Dr. Luiz Mário disse que o metano é produzido no lixo, mas ele é muito pouco solúvel em água, que se concentra mais no ar e se dispersa mais, por isso.

Encerrando a seção, o prof. Gomide entregou mais duas perguntas escritas ao Dr. Luiz Mário e passou-lhe a palavra para suas considerações finais.

O Dr. Luiz Mário disse que o grande segredo do processo proposto é acelerar a bioestabilização do sólido, através da inoculação. O prazo de degradação se reduz de 20, 30, 50 anos para 4 anos no máximo, com o método de biorremediação.

# APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS PARA PRODUÇÃO DE ETANOL EMPREGANDO BACTÉRIAS GENETICAMENTE MODIFICADAS

Relator: Sinval Vilhena Paiva – POEMA/UFPa

Palestrante: Flávio Alterthum – USP

Debatedor: Emílio Gomide Loures – UFV

O Brasil desenvolveu a técnica de produção de Etanol, incentivou sua produção e utilização criando um programa especial chamado Proálcool. Este produto, produzido a partir da biomassa, tem como pontos positivos; **i)** diminuição da emissão de poluentes automotivos; **ii)** não contribuir para o efeito estufa - pois o CO<sub>2</sub> produzido é reciclado pelas plantas; **iii)** pode perfeitamente substituir a gasolina, contribuindo para redução da dependência do petróleo estrangeiro economizando divisas; **iv)** promove mais emprego no campo e aproveitamento de novos substratos para a produção de energia.

No Brasil, a principal fonte produtora de Etanol é a cana-de-açúcar, que se dá a partir da atividade de microorganismos. Esta cana-de-açúcar processada, transforma-se em 70% de caldo destinados à produção de Etanol e Sacarose, produzindo ainda 30% de bagaço cujo destino pode ser: alimentação animal, produção de energia, adubos, etc. Sob esta parcela o bagaço, foi desenvolvido estudos, tendo como suporte a engenharia genética, no sentido de contribuir para um melhor aproveitamento dos resíduos orgânicos, principalmente agrícolas.

Este trabalho foi desenvolvido na University of Florida, Gainesville e recebeu patente especial de número 5.000.000, concedido pela United States Patent, no dia 19 de março de 1991, que foi motivo de ampla reportagem nacional, fato este que demonstra a sua importância.

A técnica consiste em utilizar genes da bactéria **Zymomonas** encontrada no mel, que depois de isolados, clonados e seqüenciados são introduzidos em outra bactéria, **Escherichia coli**, esta presente no ser humano, modificando-a e tornando-a mais eficiente no processo de obtenção de Etanol. A utilização da Engenharia Genética, como neste estudo, para produção de Etanol a partir do bagaço de cana-de-açúcar, visa otimizar seu processo produtivo com possibilidades de obter até 15% a mais de Etanol, sem comprometer sua utilização para outros fins.

Até o momento esta técnica ainda não é empregada no Brasil, mesmo considerando sermos o maior produtor mundial de cana-de-açúcar e, conseqüentemente, de seus derivados.



# PRODUÇÃO DE COMPOSTO ORGÂNICO A PARTIR DE LIXO URBANO

Relator: Marcelo Bentes Diniz – UFPa

Palestrante: Emílio Gomide Loures – UFV

Debatedor: Rosivaldo Batista – UNAMA

O composto orgânico é um resíduo de natureza orgânica, sobretudo, resultado da alimentação, voltado ao solo, deixa de ser um problema ambiental, para gerar benefícios sócio-econômicos.

O composto para ser usado depende da natureza da matéria-prima, pois a composição da matéria-prima vai influenciar na qualidade do composto.

O composto para ser usado na agricultura tem que satisfazer determinados requisitos em termos de características físico-químicas. Caso não se obedeceram estes elementos, o solo pode ficar poluído, de forma que diminui sua produtividade, tornando-o impróprio para o cultivo agrícola. O principal problema diz respeito à existência de metais pesados no composto, que podem, inclusive, atingir diretamente o produtor. Quanto a isto, o efeito da coleta seletiva diminui o índice de metais pesados encontrados no composto.

A compostagem é o processo e não a qualidade do produto (composto). Pela compostagem chega-se ao saneamento ambiental do produto, eliminando-se os agentes patogênicos. Por outro lado, dependendo da

matéria-prima usada para a geração do composto, pode ser requerido seu enriquecimento para que este seja usado na agricultura.

A venda do composto pelo preço de custo é inviável para o agricultor e não pode ser apresentado apenas economicamente, tem que se levar em consideração o benefício ambiental e não apenas o custo financeiro.

## **Debatedor: Professor Rosivaldo Batista – UNAMA**

Fez considerações ressaltando o problema do desperdício na produção agrícola. Tem-se, segundo o professor, uma cultura do desperdício, com perdas na produção agrícola no País, na ordem de 30%.

O desperdício age de duas formas: uma a favor do produtor e outra contra o produtor. O desperdício age a favor do produtor quando o preço não é favorável, levando-as a promover as perdas. O desperdício age contra o produtor, por contatos intermediários que, também, para alcançar um preço favorável, promovem perdas. Desse modo, o desperdício deve ser combatido na área da produção e da comercialização. Dentre as alternativas para se

combater o desperdício teria-se: i) a implantação da agroindústria; ii) implantação de fábricas na produção de sopa concentrada (aproveitando estas perdas agrícolas nos locais de comercialização – danos mecânicos); iii) produção do composto orgânico.

## PERGUNTAS

### **Dr. Wagner Bettiol – Embrapa Meio Ambiente**

P. Quanto custa despoluir quando se tem um composto acima do permitido de metais pesados?

R. (Prof. Emílio) – difícil de responder, depende das condições locais.

P. Não deveria ser proibido por lei a utilização de composto na produção hortifrutigrangeiros, já que estes produtos absorvem os metais pesados ?

R. (Prof. Emílio) – dentro de certos limites, podem até estimular o crescimento agrícola, a proibição pura e simples pode ser complicada. Estabelecer um limite quanto à dosagem talvez fosse o recomendado.

Wagner Bettiol: lembrou que a proibição tem sido a tendência na Europa.

Sra. Maria Elisa Salles – Presidente da Associação Brasileira das Mulheres de Carreiras Jurídicas

P. O que fazer em relação à exploração em locais, onde ocorre a exploração mineral como de manganês ou com o uso de mercúrio?

R. O problema é mais grave com relação ao mercúrio, já que o metilmercúrio entra na cadeia alimentar (através dos peixes) atingindo

o homem. O manganês é menos problemático se tiver um sistema de contenção e lavagem do minério adequado.

### **Dr. Manoel Diniz – vereador Marapanim, Pará**

P. Como fazer o monitoramento nos municípios, já que não se tem aparelhos para se mensurar os danos? Qual a mensuração que vem assumindo as municipalidades sem levar em consideração apenas o custo operacional?

R. Pode-se apenas diminuir a poluição, envolvendo a educação. A produção do composto é uma alternativa para se diminuir a concentração do lixo. Não se pode jogar toda a responsabilidade no governo.

## CONCLUSÕES

A compostagem é uma alternativa viável do ponto de vista ambiental para o tratamento do lixo de origem orgânica. Ela promove o saneamento ambiental dos resíduos, porém tem-se que levar em consideração que a quantidade do composto está diretamente ligada à matéria-prima que lhe deu origem. O importante quanto à qualidade do composto é principalmente o monitoramento dos metais pesados, que estão misturados no lixo, o que é favorecido pela coleta seletiva do lixo. A venda do composto pelo preço de custo é inviável para o agricultor e não pode ser apresentado apenas economicamente, tem que se levar em consideração o benefício ambiental e não apenas o custo financeiro.

A compostagem é, também, uma alternativa para a eliminação das perdas agrícolas na produção e comercialização.

# O FINANCIAMENTO DE PROJETOS DE COLETA E DESTINAÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Relator: Célio Armando Palheta Ferreira – Embrapa Amazônia Oriental

Palestrante: Nadjá Limeira Cardoso – Secretaria de Política Urbana do Ministério do Planejamento e Orçamento

Debatedor: Edgard de Medeiros – FIEPA

A atual Política Nacional de Saneamento tem como objetivo central a universalização do atendimento até o ano 2010. Estabelece que os recursos necessários para atender à demanda nesse período é da ordem de 42 bilhões de dólares para água e esgoto e 4,6 bilhões de dólares para resíduos sólidos.

Os objetivos específicos da política de saneamento são:

- aumentar a cobertura na perspectiva da universalização dos serviços, garantindo o atendimento, em nível essencial, a cada família;
- assegurar instrumentos para o exercício do controle social sobre a prestação dos serviços;
- criar estruturas administrativas flexíveis e auto-suficientes;
- fomentar programas de qualidade e produtividade na gestão e prestação de serviços;
- promover programas de gerenciamento da demanda e conservação da água;

- fortalecer a parceria entre os setores público e privado.

Os principais desafios da política de saneamento são:

*Tamanho e qualificação do déficit* - doze milhões de pessoas nas cidades carecem de melhor atendimento no que se refere a saneamento básico. Incluindo-se vilas e povoados esse número chega a 40 milhões. Na maioria, 38%, são famílias que têm renda menor que dois salários mínimos e 1% das famílias que têm renda maior que dez salários mínimos. Nas cidades, 80% do volume de esgoto é coletado, 34 milhões de pessoas não têm coleta de lixo regular e 71% do lixo produzido não tem destino adequado. Os déficits de água e coleta de lixo concentram-se na faixa de menor renda. Os déficits de coleta e tratamento de esgoto e de destinação do lixo atingem todas as faixas de renda.

*Necessidades de investimentos* - estão previstos 2,7 bilhões de reais por ano para investimentos em captação, tratamento e distribuição de água e coleta e tratamento de

esgoto, nos próximos 15 anos. Para coleta e destinação do lixo a previsão é de 328 milhões de reais por ano. Problemas surgidos na análise têm contribuído para o indeferimento dos pleitos, tais como: falta de capacidade de pagamento e endividamento dos proponentes (prefeituras); falhas na elaboração dos projetos e propostas de financiamento; falta de capacidade gerencial demonstradas.

*Estrutura da prestação dos serviços* - atualmente, 72% do lixo urbano é coletado (69.341 ton/dia), sendo 71% com destinação inadequada. Do total coletado, 49% vão para vazadouros, 22% para aterros não controlados, 23% para aterros sanitários, 3% para compostagem, 2% são reciclados e 1% incinerados.

*Ordenamento institucional* - faltam mecanismos para estados e municípios regularem e controlarem a questão do lixo urbano. A população não tem como se defender e exigir providências.

As estratégias de intervenção previstas prevêem ação simultânea em três eixos:

- Modernização do setor e reforma institucional;
- Investimentos compensatórios;
- Execução de programas de financiamento de investimento.

Os principais instrumentos da Política Nacional de Saneamento são: os programas; os destinados à redução das desigualdades sociais (PASS, PROSANEAR, PRÓ-SANEAMENTO); modernização do setor (PMSS I e II, PQA, PROGEST, Conservação de Água, Assistência Técnica para Licenciamento Ambiental, Capacitação na elaboração/análise de projetos).

## **REDUÇÃO DAS DESIGUALDADES SOCIAIS**

**Programa de Ação Social em Saneamento - PASS** - implantação de projetos de saneamento básico - abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta e destinação adequada de resíduos sólidos, nas áreas de maior concentração de pobreza nas grandes cidades e prioritariamente nos municípios integrantes dos programas Comunidade Solidária e Redução da Mortalidade na Infância, visando a melhoria das condições ambientais e de saúde das populações beneficiadas. Os recursos são a fundo perdido e provenientes do Orçamento Geral da União, da contrapartida dos executores e do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), e administrados pela Caixa Econômica Federal.

**Programa Pró-Saneamento** - ampliação da cobertura dos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário e resíduos sólidos (tratamento e destinação final), com recursos do FGTS, no atendimento à população de até 12 salários mínimos. Os participantes deste programa são: Governos Estaduais, Municipais e Distrito Federal; consórcios inter-municipais; cooperativas e produtores privados de resíduos. Pode ser financiado: usinas de triagem; usinas de compostagem; aterros sanitários (novos ou recuperação); outros sistemas de tratamento e de disposição final. Como pré-requisito é exigido que 80% do lixo esteja com sistema de coleta operando. Também pode ser financiado: abastecimento de água e esgotamento sanitário (implantação, ampliação ou otimização de sistemas); desenvolvimento institucional (melhoria nas condições operacionais do prestador de serviços); drenagem urbana

(combate a enchentes); estudos e projetos (que disponham de fonte de recursos previamente definidas).

**Pró-Saneamento/Prosanear** - promoção de saneamento integrado utilizando tecnologias adequadas de baixo custo em locais onde esteja caracterizada a precariedade ou inexistência de condições sanitárias e ambientais mínimas. Pode ser financiado: água, esgoto, instalações hidráulicas, afastamento de resíduos sólidos, microdrenagem e contenção de encostas. Os beneficiários são: população residente em áreas urbanas adensadas e de baixa renda, com rendimentos médios de até três salários mínimos.

As condições de empréstimos do Programa Pró-Saneamento são as seguintes:

MODALIDADE	JUROS	CONTRAPARTIDA
Abastecimento de água	8,0%	10%
Esgotamento sanitário	6,5%	10%
Desenvolvimento institucional	8,0%	10%
Drenagem urbana	8,0%	20%
Resíduos sólidos	8,0%	15%
Estudos e projetos	8,0%	15%
PROSANEAR	5,0%	15%

Prazos máximos: 36 meses para execução e 15 anos para amortização. Os recursos são administrados pela Caixa Econômica Federal.

**Projeto de Qualidade das Águas e Controle da Poluição Hídrica - PQA** - preparação de programas de investimento para recuperação das bacias hidrográficas comprometidas pelo processo de urbanização, financiado pelo Banco Mundial.

**Programa de Apoio à Gestão dos Sistema de Coleta e Disposição de Resíduos Sólidos - PROGEST** - desenvolvimento de estudos para colher subsídios à formulação de uma política nacional

de gestão de resíduos sólidos. Apoia estados e municípios no desenvolvimento institucional dos serviços prestados. Apoia o PROSAB - Programa de Pesquisa em Saneamento, em parceria com a FINEP/CNPq e Caixa Econômica Federal. Participam deste programa as instituições de pesquisa, entidades de fomento à pesquisa e universidades.

**Projeto de Modernização do Setor Saneamento - PMSS I e II** - modernização institucional e operacional do prestador de serviço, estadual e municipal, e aumento da cobertura por meio da execução de um programa de investimentos monitorado, mediante um conjunto de indicadores de desempenho financeiro e operacional.

**Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água** - definição dos principais instrumentos institucionais, tecnológicos e econômicos necessários à efetivação de uma política de conservação da água para o setor de saneamento.

**Projeto de Assistência Técnica aos Estados para Licenciamento Ambiental** - capacitação e treinamento de recursos humanos dos órgãos e instituições estaduais de saneamento básico e de meio ambiente, com vistas à melhoria do nível técnico dos projetos e ao desempenho eficaz das atividades de licenciamento ambiental.

**Projeto de Capacitação em Elaboração e Análise de Projetos** - promover a capacitação dos prestadores de serviços de saneamento na elaboração e análise de projetos de abastecimento de água e esgotamento sanitário; e na formulação de planos, programas e projetos eficientes, possibilitando uma autogestão técnica, administrativa e econômica.



# EDUCAÇÃO AMBIENTAL E FONTES DE FINANCIAMENTO

Relatora: Arimar Leal Vieira – SECTAM

Coordenação: Larissa Chermont – UFPa/PMB

## RELATOS DA PALESTRA

A palestra foi aberta pela professora Dyrce Maria Koury Wagner que estava representando a UNAMA, em seguida pelos representantes Raimundo Bento Belém Brandão Filho (CEF), Walter Cassiano Ferreira (BASA), Everaldo Martins (SUDAM), Larissa Chermont (UFPa/PMB), que atuou como coordenadora.

Foi de suma importância todos os aspectos abordados durante a referida palestra, tendo sido mais relevantes os aspectos da Educação Ambiental e os Investimentos com relação a problemática do lixo no Estado.

Os principais pontos destacados foram:

- A questão da educação ambiental nas escolas, tão como, dentro de casa;
- Criação da disciplina Educação Ambiental;
- Os trabalhos em parceria, unificando o sistema com a finalidade do melhor aproveitamento dos projetos que estão sendo criados, relacionando assim, educação, coleta seletiva e reciclagem;
- O uso do Marketing como forma de auxílio no processo educacional;

- A importância dos meios de comunicação com relação à Educação Ambiental;
- Campanhas educativas informativas (panfletos, cartilhas, palestras, seminários, etc.);
- Melhora da infra-estrutura para coleta-seletiva;
- As estâncias colegiadas (contam com representantes da prefeitura, associações, comunidade de base);
- Os financiamentos da CEF, como usinas de triagem e compostagem;
- As condições de financiamento da CEF;
- A SUDAM (fonte de recursos da União, fonte 250);
- Linhas de financiamentos para fundações de pesquisa da temática ambiental.

Este relatório tem como objetivo principal atender os assuntos abordados na palestra sobre “Educação Ambiental e Fontes de Financiamentos”, foi compreendido então que a Educação Ambiental tem importante papel a desempenhar na questão e conscientização da problemática do lixo.

Acredita-se que tanto a família como a escola, desempenham como instâncias fomentadoras dessas mudanças, mas para tal é preciso que a escola, por exemplo, se abra para as mudanças que necessita realizar; rever conceitos e idéias, aprimorando-se particularmente com os problemas dessa temática (problema do lixo, etc.).

A reciclagem dos professores é considerada como um dos processos iniciais para o sucesso de abordagem de temas polêmicos, como é o caso do lixo, sua separação e destino final.

A mesa ainda recomendou os trabalhos em parceria (escola, comunidade, prefeitura), unificando o sistema com a finalidade do melhor aproveitamento dos projetos que estão sendo criados, relacionando assim educação ambiental, coleta seletiva e reciclagem de materiais.

No debate também foi ressaltada a importância dos meios de comunicação, como forma eficaz e rápida de esclarecimentos que pode atingir a todas as classes sociais.

O uso do Marketing como forma de auxiliar no processo educacional foi colocado como uma forma eficaz que pode contribuir para o aprimoramento dos assuntos do meio ambiente.

Outro ponto marcante, foi a questão das campanhas educativas informativas (panfletos, cartilhas, palestras, seminários, etc.), garantindo às comunidades mais informações sobre o tema.

O avanço da situação detectada exigirá melhora da infra-estrutura para a solução do lixo nas cidades, iniciando com campanhas de coleta-seletiva, como também, a responsabilidade da geração de resíduos na fonte.

Foi destacado o importante papel das instâncias colegiadas, com a finalidade de verificar a viabilidade dos projetos acerca da temática ambiental.

Para finalizar, a questão dos investimentos da Caixa Econômica Federal está investindo em usinas de triagem e compostagem. No Estado do Pará, cinco prefeituras já estão se beneficiando com esses investimentos, como é o caso de Redenção, com projetos de saneamento.

A SUDAM conta com as fontes de recursos da União e fonte 250.

## CONCLUSÃO

Os professores, através da escola, têm grandes oportunidades de chegar à comunidade, pois são agentes multiplicadores em potencial, especialmente por conhecerem as dificuldades das comunidade. Sabe-se que existem problemáticas ambientais de caráter universal e regional. A escola não deve ficar ausente em nenhum dos casos.

O homem amazônida necessita assumir um posicionamento perante a implementação de programas de desenvolvimento regionais autoritários como vem ocorrendo há algum tempo, desrespeitando a sua forma de viver com o seu meio.

A Embrapa e outras instituições governamentais como o IBAMA, MPEG, Petrobrás, SECTAM, SESAN, etc., têm promovido ações educativas voltadas para capital e interior, adotando como prioridades o investimento em treinamento e capacitação na área de Educação Ambiental, lutando pela melhoria do ambiente e qualidade de vida na região amazônica.

Na realidade, fica consolidado que a Educação Ambiental por si só não resolverá os diversos problemas da região amazônica. No entanto, ela pode influir decisivamente para isso, quando forma cidadãos conscientes de seus direitos e deveres. As mudanças necessárias para o sucesso da educação ambiental na região exige tempo, processo, vontade e predisposição para que novas idéias se tornem uma realidade concreta.

# EXPERIÊNCIAS DE RECICLAGEM NO ESTADO DO PARÁ

Relatora: Sandra Lerda – IPEA

Coordenador: Edgard de Medeiros – FIEPA

Componentes: Gonçalo Rendeiro, da UFPa; Benedita de Souza Almeida, da Recicla Pará; José Maria Costa Mendonça, da COPALA; Carlos Georges Farah, da FACEPA; Ernesto Suzuki, da Tecplanta/CAMTA; Paulo Mardock, do Projeto Latinha

O professor Gonçalo Rendeiro, da UFPa, representava também a empresa Ecoway Indústria e Comércio Ltda., de Paragominas-PA., falou sobre a usina de briquetagem para a produção do “carvão ecológico”, que é um carvão vegetal que utiliza como matéria-prima os resíduos das serrarias de Paragominas. Essa matéria-prima é abundante, pois nas indústrias locais são produzidas cerca de 1 milhão de toneladas/mês. As vantagens desse tipo de carvão são: mais calor, menos fumaça e maior duração do produto. A primeira fase do projeto já está implantada, e estão sendo processadas 24 t/dia de carvão. A capacidade total instalada da fábrica será de 15 t/hora.

O Sr. Carlos Farah, da FACEPA, informou que sua empresa recicla papel velho na produção de papel higiênico e papel toalha. A oferta de papel para reciclagem em Belém é menor que as necessidades de sua empresa, que compra a aparas do papel de intermediários que já fazem algum manuseio no produto antes de vendê-lo (separam, limpam, enfardam). Afirmou que nem todo o papel velho serve para

seus produtos. Por este motivo tem que importar aparas de papel para suprir suas necessidades. Disse o Sr. Farah que a reciclagem na FACEPA gera 350 empregos diretos e que os maiores geradores de aparas de papel para reciclagem utilizados pela sua empresa são os escritórios e as gráficas.

O Sr. Paulo Mardock, do Projeto Latinha, informou que os integrantes de seu projeto fazem coleta seletiva nas ruas, bares e lanchonetes da cidade, especificamente fazendo a catação das latinhas de alumínio de refrigerantes e cervejas. Que a imprensa tem dado muito destaque ao seu projeto, fazendo com que seja conhecido até no exterior. Esta atividade se transformou numa economia paralela e tem um alcance social, pois ajuda a adquirir alimentação, roupas e material de higiene pessoal para idosos. Disse que é um simples funcionário público e que logo se interessou pela atividade que tem dado grandes retornos financeiros. Queixou-se da falta de colaboração dos órgãos públicos ao seu projeto. Que tem certeza que com alguma infra-estrutura

poderia viabilizar a participação da população. Essa infra-estrutura seria galpões para a coleta do material em diversos pontos da cidade. Como exemplo citou que no mês de julho de 1997, na praia do Farol, em Mosqueiro, coletou 4 toneladas de latas. Cada tonelada de latinhas requer 5 toneladas de bauxita e que a perda no processo de reciclagem é de apenas 10%. Seu projeto é custeado pela própria receita da venda das latinhas. A construção de um galpão de reciclagem, com terreno, não custaria mais de 15 mil reais. Seu pessoal coleta em vários pontos da cidade, durante 8 horas por dia. Atualmente coleta 7 toneladas/mês de latinhas e pretende dobrar essa quantidade futuramente.

O Dr. Ernesto Suzuki, da TecPlanta/CAMTA/Secretaria de Agricultura de Tomé-Açu informou que a fábrica de sucos da Cooperativa Agrícola Mista de Tomé-Açu (CAMTA) trabalha em regime de parceria com a Associação de Fomento Agrícola de Tomé-Açu (ASFATA) para aproveitamento dos restos de serragens das serrarias da região e dos restos da fábrica de sucos. A compostagem produzida fica pronta entre 110 a 120 dias e é utilizada na produção da acerola, aumentando a produtividade da terra. Em 1997 a produção de composto foi de 600 t, vendida ao preço de R\$ 120/t, que corresponde a 5 m<sup>3</sup>. A produção estimada para 1998 é de 800 t e a meta para 1999 é de 2.000 t. Objetiva-se, também, reduzir os custos de produção do composto dos atuais 120 reais para R\$ 60/t. A matéria-prima utilizada (serragem, bagaço de fruta) tem custo baixo para a fábrica de compostagem por tratar-se de resíduos industriais.

A Sra. Benedita de Souza Almeida, da Recicla Pará, é de opinião que se deve batalhar para se criar uma “cultura da reciclagem” no povo, pois os projetos de reciclagem são viáveis

economicamente e agradece a muitos dos participantes deste Simpósio, “as feras”, pela ajuda que têm dado à sua Recicla Pará. “Eu amo vocês”, disse ela. Disse que defende a educação ambiental dentro da escola e que “educação ambiental” deveria ser uma disciplina obrigatória do currículo escolar de 1º grau em todas as escolas, porque a reciclagem é ligada à educação ambiental e tem que estar ligada a ela, têm que andar juntas. Informou que está sendo implantado, em Ananindeua, o Projeto de Compostagem e Reciclagem, amparado por um projeto de educação ambiental. O povo de Ananindeua está mobilizado para colaborar com o projeto, que deverá ser inaugurado até dia 15 de agosto. Que as autoridades competentes deveriam incentivar o povo a selecionar o lixo, fornecendo cestas de hortaliças em troca de lixo selecionado, estimulando as pessoas a ingressar na cultura da reciclagem. Conscientiza-se o povo trabalhando a questão da reciclagem. Em Ananindeua, os empresários estão sendo “padrinhos” de cinco bairros, dando os equipamentos, bonés, roupas e ferramentas para as equipes de trabalho de limpeza. Tem que haver um relacionamento entre cooperativas, empresas e prefeitura, pois o lixo não é do prefeito, ele não tem que limpar a porta da casa de ninguém. No final agradeceu a colaboração da Escola Técnica Federal do Pará e da Igreja Evangélica.

O Engenheiro José Maria Mendonça, da COPALA, disse que sua empresa recicla sucatas de ferro. Que toda sucata de ferro que levem até a COPALA é comprada, com isso contribui também para a limpeza da cidade, pois essas sucatas ficam no meio da rua até serem coletadas pelos carroceiros que transportam até sua empresa. Disse que é difícil no Brasil sobreviver competindo com os oligopólios. Que

a COPALA recicla quase tudo de ferro, compram latinhas, retiram eletrodo de grafite do fundo do forno da Albrás, que não sabia o que fazer com esse material, e utiliza no seu próprio forno. Finalizou afirmando que acredita que a reciclagem será cada vez mais utilizada no mundo.

A seguir iniciou-se o período de perguntas. O Sr. Rui Neves, da Associação de Produtores de Castanhal, falou da importância de se utilizar materiais reciclados na produção de tubos e mangueiras, para baratear o preço, já que esse material é largamente utilizado pelos produtores da região nordeste do Pará. Perguntou o Sr. Rui Neves pelo Projeto Latinha no interior. O Sr. Paulo Mardock respondeu que o projeto já atingiu quatro municípios: Castanhal (onde ajuda filhos de detentos), Paragominas, Santo Antonio do Tauá (onde atende ex-viciados) e Bragança (voltado para a construção de uma creche para atender 50 famílias).

Outra sugestão foi feita para que a coleta, que é o grande problema, fosse feita em coletores instalados nos postos de gasolina, igrejas, etc.

O Sr. Pedro Henrique, da Federação das Entidades Comunitárias de Ananindeua

(FEEMA), comunicou que há um projeto em tramitação na Câmara Municipal de Belém para introduzir o meio ambiente no currículo escolar. Perguntou se não poderia ser feita inoculação de bactérias para fazer adubo de matéria orgânica, ou seja, compostagem de serragem com inoculação de bactérias. O professor Emílio Gomide Loures esclareceu que os resultados sobre inoculantes são desfavoráveis, pois há problemas com a biodegradação da lignina presente na serragem.

O Sr. Francisco Barbosa de Souza, da Petrobrás, falou que há um projeto de coleta seletiva de papel naquela empresa e que utiliza o produto da venda do papel para atender a comunidade do bairro do Tapanã, ao redor da área da empresa. Perguntou ao representante da FACEPA se há preocupação pela empresa com a qualidade do papel toalha, com relação a coliformes fecais. O Sr. Carlos Farah respondeu que o papel passa por um processo de lavagem antes de entrar no processo de produção, no qual esses problemas são eliminados. Perguntou também o Sr. Francisco, sobre a biodegradabilidade do papel higiênico, se pode ser jogado no vaso sanitário. Foi-lhe respondido que sim, dependendo do tamanho da fossa.



# PESQUISAS E EXPERIÊNCIAS DE RECICLAGEM NO ESTADO DO PARÁ

Relator: Raimundo Valdomiro de Sousa – Cáritas/CNBB

Coordenador: Manoel Malheiros Tourinho – FCAP

O coordenador da mesa explica a metodologia de apresentação das experiências.

**1. Expositor: Dr. Rafael do Nascimento** – Museu Paraense Emílio Goeldi

## **Projeto Cidade Limpa, Cidade Linda**

O Projeto se desenvolve no trecho Belém – Breves com a perspectiva de estender-se para os municípios de Melgaço e Breves. Os trabalhos de coleta de material para reciclagem acontece nos barcos que fazem viagens nesses trechos.

Um primeiro resultado concreto desse trabalho foi a confecção de jogos educativos para utilização pelas crianças que participam do projeto.

O trabalho educativo desenvolvido pelo projeto prioriza as seguintes áreas: educação, meio ambiente, agricultura, economia e turismo. Já foi realizado um estudo sobre controle de umidade do ar para avaliar a possibilidade de implantação de um projeto de compostagem do lixo. A construção de unidades de tratamento deve ser viabilizada no ano de 1999.

Considera-se como ponto importante nesse projeto o envolvimento da comunidade local.

**2. Expositora: Dra. Agnès Serre - NAEA**

## **Meio ambiente e poluição em Belém do Pará: contraste e diversidade entre os bairros**

A pesquisa foi desenvolvida em Belém, no período de 1994 a 1996, analisando a situação de saneamento, coleta do lixo doméstico e destino do lixo doméstico.

Trinta variáveis foram consideradas na pesquisa que concluiu que:

- sistema de coleta de lixo em Belém não é homogêneo;
- nos bairros com serviço de saneamento é coletada maior quantidade de lixo.
- a sociedade civil toma iniciativas no sentido de resolver o problema do lixo. No bairro da pedreira foi possível observar que:
  - é organizado o lixo para queimar;
  - é realizada campanha de informação e educação da população;
  - organizada reunião onde é apresentada montagem fotográfica sobre o lixo para envolver o poder público na resolução do problema.

Em termos de medidas necessárias para a resolução do problema do lixo em Belém a pesquisa indicou uma reflexão a longo prazo que vise melhorar de imediato o serviço de coleta onde já é possível coletar e uma política de saneamento que possibilite a melhoria das áreas onde não se pode coletar e a necessidade de política comum para a Região Metropolitana de Belém, pois a aproximação e os problemas comuns dos municípios exigem que as saídas também sejam buscadas em conjunto.

### **3. Expositor: Professor Marcelo Diniz – UFPa**

#### **Análise custo x benefício das experiências de tratamento de lixo: usina de reciclagem, compostagem e aterro sanitário**

Partindo da hipótese de que uma cidade com 1.000.000 de habitantes tem uma produção per capita de  $\frac{1}{2}$  kg de lixo/habitante e considerando uma série de variáveis, foi concluída pela pesquisa que:

- quanto maior o PIB per capita menor o déficit de coleta de lixo;
- quanto maior a população maior a quantidade de lixo gerado;
- o aumento da renda per capita contribui para o aumento do lixo gerado.

É necessário que se faça investimentos em atividades que gerem menos lixo, contribuindo assim para a redução do lixo gerado.

### **4. Expositor: Dr. Edmilson Bechara e Silva – SEPLAN**

#### **Lixo Urbano, o que fazer com ele: estudo do lixo em Belém**

O tratamento do lixo em Belém segue uma concepção que está baseada em grandes unidades de tratamento de lixo. No Aurá deveria existir:

- uma usina de incineração de lixo hospitalar de alto risco;
- uma usina de compostagem de lixo;
- um aterro sanitário para tratar os rejeitos;
- duas lagoas para tratamento de chorume.

Esse modelo, baseado em grandes unidades de tratamento, está provado que não dá certo.

É com a implantação de pequenas unidades de tratamento de lixo; com gerenciamento integrado de resíduos sólidos; com unidades simplificadas de processamento que se pode resolver o problema do lixo.

### **5. Expositora: Dra Iara Weissberg – Museu Paraense Emílio Goeldi**

#### **Estudo sobre a localização dos lagos de tratamento de água e do aterro sanitário de Belém**

Após apresentação de mapas sobre a localização dos lagos e do aterro sanitário de Belém e tendo apresentado as características da água em condições adequadas para o consumo, a expositora passou a demonstrar, ainda com transparências, como que a área de captação de água para tratamento e consumo pela população de Belém encontra-se próximo à desembocadura do Aurá de onde provém chorume do aterro. Esse fato, objeto de pesquisa, levou a professora a levantar a suspeita de haver relação entre a qualidade da água e o alto índice de incidência de câncer em Belém.

A expositora apresentou a biorremediação como uma solução viável, porém, para o tratamento de pequena quantidade de lixo. Além disso, apontou como saída a compostagem doméstica.

O professor **Carlos Costa** - FCAP perguntou sobre a qualidade da água em Belém, local de coleta para pesquisa e quantidade coletada e se os dados obtidos foram suficientemente estudados ou se a divulgação foi apressada?

A professora Iara respondeu que as análises foram desenvolvidas nos laboratórios de pesquisa de Austrália, com equipamentos e métodos próprios. E continuou a professora: “Recentemente fui informada de que está havendo um tratamento para que o cloro não permaneça muito tempo em contato com a água, pois os casos de câncer têm diminuído quando ocorre a diminuição dessa substância na água. No Japão já foi condenado o uso do cloro. Nós temos alta incidência de câncer em Belém”.

O professor Carlos Costa alertou também para o perigo da salga de peixe e manuseio de polpas de frutas.

#### **6. Expositor: Dr. José Sinval Vilhena – POEMA**

##### **Projeto de Agrossilvicultura**

O projeto está localizado em Ponta de Pedras - no Estado do Pará, e consiste no aproveitamento da fibra de coco produzido pelos pequenos produtores com o apoio da Igreja Católica Local. A participação do POEMA

no projeto levou em consideração as peculiaridades locais.

Hoje já é produzida uma série de acessórios para carro e se projeta para o ano de 1998 a implantação de uma fábrica em Ananindeua para fazer o fornecimento dos produtos para Minas Gerais e São Paulo.

#### **7. Expositor: Dr. Wagner Bettiol – Embrapa Meio Ambiente**

##### ***Lodo de Esgoto: Impacto Ambiental do Uso Agrícola do Lodo de Esgoto***

O lodo de esgoto é um excelente adubo com grande potencial para a utilização na agricultura. Em diversas partes do mundo se utiliza lodo de esgoto na agricultura. Aqui no Brasil não vai ser diferente. Um dos maiores problemas para a utilização do lodo de esgoto é o custo de transporte, além da presença de coliformes fecais e a presença de metais pesados, como o níquel por exemplo.

O Dr. Manuel Diniz, vereador de Marapanim, professor da UFPa, fez críticas à forma de tratamento do lixo, lembrando que: “vários consultores já passaram pelo Estado e ainda não sabemos o que vamos fazer com o lixo de Belém”.

O vereador apresentou como proposta a realização de uma Audiência Pública para saber o que fazer com o lixo de Belém.



**Lista de palestrantes, debatedores,  
relatores e coordenadores do simpósio  
sobre a reciclagem de lixo urbano**



Dr. Cândido Araújo e Dr. Henrique Nazaré – SESAN.

Secretaria Munic. de Saneamento - SESAN  
Av. Alm. Barroso, 3110  
Fone: (091) 231-1155 / 231-1165  
Fax: (091) 226-6529  
Belém-PA

Dr. José Maria Costa Mendonça - COPALA  
Diretor Presidente da COPALA Indústrias Reunidas S/A  
Av. Bernardo Sayão, 5232  
Bairro: Guamã  
Belém-PA

Profa. Larissa Chermont- UFPa/PMB  
Travessa 9 de Janeiro, 1.051 Apto. 1300  
São Brás  
66060-370- Belém-PA  
Fax: (091) 246-9747

Dra. Maria Lúcia Barciotte – SMA - SP  
Av. Paulista, 509, Cj. 4, Piso P  
Fones: (011) 3030-6197, 287-2327 / 289-3428  
Fax: (011) 287-8843 / 844-5115  
CEP: 01311-000 – São Paulo-SP

Dr. Douglas Dinelli - SECTAM  
Trav. Lomas Valentinas, 2717  
Fone: (091) 222-1338  
Belém-PA

Profa. Luciana Miranda Costa- SECAP/PMB  
Trav. Gov. José Malcher, 592 – Altos  
Fone: 244-3418 / 212-2978 / 222-6577  
FAX: 244-3418  
CEP: 66045-180  
E-mail: lmiranda@amazon.com.br  
Belém-PA

Prof. Emílio Gomide Loures - UFV  
Vila Gianetti, 21  
Fone: (031) 899-2356/899-1037/899-2630 – Res.  
891-1630  
CEP: 36571-000  
Viçosa – MG

Prof. Rosivaldo Batista – UNAMA  
Fone: (091) 225-3909

Prof. Marcelo Bentes Diniz- UFPa  
Av. Nazaré – Jardim São Luís, 286, casa 29  
Fone: (091) 222-7278  
CEP: 66035-170  
Belém-PA  
E-mail: mbdz@nautilus.com.br

Prof. João Tinoco Pereira Neto – UFV  
Laboratório de Engenharia Sanitária e Ambiental  
Fone: (031) 891-4562  
Fax: (031) 899-1737 / 899-2166  
CEP: 36571-000  
Viçosa-MG

Dr. Manoel Malheiros Tourinho - FCAP  
Departamento Sócio-Econômico  
Fone: (091) 225-4526  
Cx Postal: 917  
CEP: 66077-530  
Belém-PA

Jornalista Edson Gillet Brasil  
Fone/Fax: (091) 246-1264

Dr. Júlio Alexandre V. Gurgel do Amaral  
Boa Hora Central de Tratamento de Resíduos  
Av. Papa João XXIII, 6800  
Fone/Fax: (011) 755-6227 / 755-6146  
CEP: 09357-800  
Cx. Postal: 517  
Mauá-SP

Prof. Dr. Norberto Fenzl – Coordenador NUMA  
Campus Universitário – Chale de Ferro  
Fax: (091) 211-1772 / 211-1677  
CEP: 66075-900  
Belém-PA

Prof. Antonio Cordeiro Santana – FCAP  
Departamento Sócio-Econômico  
Cx. Postal, 917  
CEP: 66077-530  
Belém-PA

Dr. Elias Paes Barreto - Prefeitura de Ananindeua  
Secretaria de Serviços Urbanos  
Fax: (091) 255-3650  
Ananindeua-PA

Prof. Luiz Otávio Mota Pereira- UFPa  
Delegacia Regional do Trabalho no Estado do Pará  
Rua Gaspar Viana, 284  
Fone: (091) 211-3541 / 241-7038  
Fax: (091) 223-4258

Dr. Edmilson Bechara e Silva – SEPLAN  
Prefeitura Municipal de Tucuruí  
Fone: (091) 224-5586 / 210-2157  
Fax: 787-2207

Prof. Flávio Alterthum – USP  
Rua Manoel Guedes, 214 – Apto 102  
Fone: (011) 818-7346 / 818-7346  
Fax: (011) 7354 - CEP: 04536-070  
São Paulo-SP  
E-mail: falterth@usp.br

Dr. Sinval Vilhena Paiva - POEMA/UFPa  
Programa Pobreza e Meio Ambiente na  
Amazônia – POEMA  
Campus Universitário do Guamá  
Fax: (091) 211-1687  
Cx. Postal: 8606  
CEP: 66075-900  
Belém-PA

Dr. Marcelo Firpo de Souza Porto – Fundação  
Instituto Osvaldo Cruz  
Av. Leopoldo Bulhões, 1480 – Manguinhos  
Fone: (021) 590-3789 ramal 2198/99  
Fax: (021) 270-3219  
Rio de Janeiro – RJ  
CEP: 21041-210  
E-mail: firpo@manguinhos.ensp.fiocruz.br

Prof. Carlos Costa - FCAP  
Dep. Biologia e Fitossanidade Vegetal  
Fone: (091) 210-5204  
Cx. Postal, 917  
CEP: 66077-530  
Belém-PA

Dra. Nadjá Limeira Cardoso  
Diretora de Saneamento do Ministério do  
Planejamento e Orçamento  
Esplanada dos Ministério – Bloco A – 2º andar  
Fone: (061) 322-2024  
Fax: (061) 226-2719  
Brasília-DF

Dr. Edgard de Medeiros- FIEPA  
Trav. Quintino Bocaiúva, 1588  
Nazaré Belém-PA

Dr. Célio Palheta - Embrapa Amazônia Oriental  
Trav. Dr. Enéas Pinheiro, s/n  
Fone: (091) 276-6333  
Fax: (091) 276-9845  
Cx. Postal: 48  
CEP: 66095-100  
Belém-PA  
E-mail: celio@cpatu.embrapa.br

Dra. Sandra Lerda - IPEA  
Setor Bancário Sul  
Edifício BNDES – 8 andar sala 802  
Fax: (061) 223-4227  
CEP: 70076-900  
Brasília-DF

Sra. Benedita de Souza Almeida – Recicla Pará  
Fone: 259-0691, 212-2545  
Estrada Curuçambá, s/n  
Ananindeua-PA

Dr. Carlos George Farah- FACEPA  
Passagem 3 de Outubro, 536 – Sacramento  
Fax: (091) 233-0575  
CEP: 66123-640  
Belém-PA

Dr. Ernesto K. Susuki - TecPlanta  
Av. Dionísio Bentes, 210 – Quatro Bocas  
Fax: (091) 734-1071  
CEP: 68682-000  
Tomé-Açu-PA

Sr. Paulo Mardock  
Projeto Latinha Associações de Bairros  
Travessa Eneas Pinheiro, 2455  
Vila Mardock, casa 6  
Belém-PA  
Fone: (091) 246-3020 / 212-2025

Sociólogo Raimundo Valdomiro de Souza  
Cáritas Brasileira  
Trav. Barão do Triunfo, 3151  
Fax: (091) 226-2420  
CEP: 66093-050  
Belém-PA

Dr. Rafael Nascimento – MPEG  
Av. Magalhães Barata, 376 – São Brás  
Fone: (091) 249-0234  
Fax: (091) 249-0466  
CEP: 66040-170  
Belém-PA

Dra. Agnès Serre – NAEA  
Lago Azul  
Av. Brasil, 174B  
67020-090- Ananindeua-PA  
Fax: (091) 235-1744 / 211-1677  
E-mail: biguine@amazon.com.br

Dra. Iara Weissberg – MPEG  
Av. Magalhães Barata, 376  
Departamento de Ecologia  
Fax: (091) 249-7820  
E-mail: weissber@goeldi.museu-goeldi.br  
Belém-PA

Dr. Wagner Bettiol – Embrapa Meio Ambiente  
Rua Olavo Bilac, 419 – Apto 61  
CEP: 13024-110  
Campinas-SP  
E-mail: bettiol@cnpma.embrapa.br

Prof. Luiz Mário Queiroz Lima  
LM Tratamento de Resíduos Ltda.  
Rua Sebastião Possada Bravo, 183 – Santa Rosa  
Fax: (031) 497-6576 / 497-8221  
CEP: 31255-750  
Belo Horizonte-MG  
E-mail: lima@brasilnet.com.br

Dr. Rodrigo Peixoto  
Secretaria Especial Cooperação Interinstitucional e  
Captação de Recursos SECAP/PMB  
Av. Gov. José Malcher, 592 – altos  
Prédio Belemtur – Nazaré  
CEP 66045-580 – Belém-PA  
Fone: (091) 212-2978

Profa. Dyrce Maria Koury Wagner  
Rua 28 de Setembro, 925 (Entre Quintino e Rui  
Barbosa) – Reduto - Belém-PA

Dr. Raimundo Bento Belém Brandão Filho – CEF  
Escritório de Negócios da CEF  
Padre Eutíquio, 853 - 3 andar  
Fax: (091) 242-6599  
CEP: 66015-000- Belém-PA

Dra. Gisele Martins dos Anjos  
Secretaria Municipal do Meio Ambiente Prefeitura  
de Curitiba  
Av. Manoel Ribas, 2727 – Mercês  
CEP 80810-000 – Curitiba-PR  
Fone: (041) 338-8292

Dra. Ruth Granhem Tavares  
Presidente FUNVERDE  
Travessa Quintino Bocaiúva, 2078  
66045-000 Belém-PA  
Fone: (091) 241-6853

Dr. Emanuel Adilson Souza Serrão  
Chefe Geral da Embrapa Amazônia Oriental  
Trav. Dr. Enéas Pinheiro s/n  
Fone: 276-6333 -Fax: 276-9845  
Cx. Postal, 48 - CEP: 66095-100  
Belém-PA  
E-mail: cpatu@cpatu.embrapa.br

Dr. Alfredo Homma  
Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental  
Trav. Dr. Enéas Pinheiro s/n  
Fone: 276-6333  
Fax: 276-9845  
Cx. Postal, 48  
CEP: 66095-100  
Belém-PA  
E-mail: homma@cpatu.embrapa.br

Dr. Rui de Amorim Carvalho  
Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental  
Trav. Dr. Enéas Pinheiro s/n  
Fone: 276-6333  
Fax: 276-9845  
Cx. Postal, 48  
CEP: 66095-100  
Belém-PA  
E-mail: ruicarv@cpatu.embrapa.br

Prof. Manoel José de Miranda Neto  
Av. Presidente Vargas 780/701  
Fone: 241-0814  
CEP: 66017-000  
Belém-PA

Dra. Arimar Leal Vieira  
Rua Bernal do Couto, 1201  
Bairro Umarizal  
Fone: 241-2278  
CEP: 66055-080  
Belém-PA  
E-mail: arimarl.bel@zaz.com.br



O GERENCIAMENTO EFICIENTE E  
EFICAZ DAS AÇÕES DE PESQUISA DA  
EMPRESA É **QUALIDADE TOTAL**



 **Editora Supercoros**

*Trav. do Chaco, 688*

*Tel.: (091) 233-0217. Fax: (091) 244-0701*

*Belém-Pará*

---

**"Um povo se conhece pela quantidade e pela qualidade do seu lixo. Sobretudo pelo modo como ele é tratado. Chamar de lixo todo resíduo já é um indicativo de ignorância, de desprezo e rejeição. Paga-se até para se ver livre dele. Ainda há pessoas que consideram recomendável simplesmente transportar o lixo para longe, o mais distante de suas vistas. Ocorre que toda produção resulta em resíduos, mais cedo ou mais tarde.**

**Hoje já se sabe que fica mais barato produzir a partir da reciclagem de resíduos do que de matérias-primas virgens pois o reaproveitamento sempre utiliza menos energia, menos água, menos controle ambiental e menos disposição final do lixo (ele se reduz drasticamente). Mas muitos ainda desconhecem esta verdade."**

**"FAÇA DA SUA CIDADE A EXTENSÃO DA SUA CASA, MANTENHA-A LIMPA"**

---



Amazônia Oriental



Fundo Estadual de Ciências e Tecnologia



Prefeitura  
Municipal  
de Belém