



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO, CONTABILIDADE E
CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO E DOCUMENTAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
MESTRADO EM GESTÃO ECONÔMICA DO MEIO AMBIENTE**

**A INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: ANÁLISE CUSTO BENEFÍCIO
DO INCINERADOR DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO P-SUL – DF.**

FAGNER PINTO DIAS

Brasília-DF
2006



DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA
MESTRADO EM GESTÃO ECONÔMICA DO MEIO AMBIENTE

**A INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: ANÁLISE CUSTO BENEFÍCIO
DO INCINERADOR DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO P-SUL – DF.**

FAGNER PINTO DIAS

ORIENTADOR: PROF. DR. JORGE MADEIRA NOGUEIRA

*Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em
Gestão Econômica do Meio Ambiente, como parte
das exigências do Programa de Pós Graduação em
Economia do Departamento de Economia da
Universidade de Brasília, para obtenção do título de
Mestre em Economia.*

Brasília-DF
2006

FAGNER PINTO DIAS

**A INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS: ANÁLISE CUSTO BENEFÍCIO
DO INCINERADOR DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO P-SUL – DF.**

*Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em
Gestão Econômica do Meio Ambiente, como parte
das exigências do Programa de Pós Graduação em
Economia do Departamento de Economia da
Universidade de Brasília, para obtenção do título de
Mestre em Economia.*

BANCA EXAMINADORA:

Dr. Jorge Madeira Nogueira

Dr. Waldecy Rodrigues

Dr. José Ribeiro Machado Neto

Brasília, junho de 2006

Dedico ao meu filho Fabrício,
meu bem mais precioso.

à minha esposa Fernanda,
que esteve comigo nos principais
momentos de minha vida;

aos meus pais Pedro e Darlene,
que me deram força e estrutura;

à minha irmã Fabíola,
pelos momentos de carinho; e

em memória do meu irmão Fabrício,
que deixou um grande vazio em meu coração.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, professor Dr. Jorge Madeira Nogueira, pela sua dedicação e disponibilidade de tempo e, principalmente, suas intervenções sempre relevantes.

Aos professores do curso, que me transmitiram conhecimentos para que eu pudesse atingir meus objetivos, especialmente, aos professores, Pedro Zuchi, que me deu sugestões preciosas relacionadas à teoria econômica, e Denise Imbroisi, que sugeriu o tema do meu trabalho.

Aos técnicos da KOMPAC, que sempre me receberam com muita atenção e me forneceram as informações necessárias e possíveis.

Aos meus amigos, especialmente, à Sílvia Taraleskof e Jeferson Fonseca, por criar condições para que eu pudesse me dedicar ao meu estudo.

*“Se eu consegui enxergar mais longe
é porque me apoiei em ombros de gigantes”.*

Isaac Newton (Principia, 1684).

RESUMO

Esta dissertação tem como objetivo analisar os custos e benefícios da incineração de resíduos sólidos. A moldura conceitual trata da economia do bem-estar, da análise custo-benefício e do gerenciamento de resíduos sólidos. A única opção de tratamento de resíduos especiais do Distrito Federal é o incinerador de resíduos sólidos de Ceilândia, um dos fatores que motivou o desenvolvimento deste trabalho. Neste estudo, foi analisada uma alternativa de disposição, já que a incineração é muito criticada pelos altos custos operacionais e sua eficácia no tratamento dos gases resultantes da queima, apesar da sua utilização nos principais países da Europa, inclusive como fonte alternativa de recuperação de calor e produção de energia. Após levantamento de fatores técnicos, econômicos e ambientais, foi feita uma comparação entre a unidade de tratamento existente e a construção de um aterro sanitário na mesma área, com dados levantados junto à unidade de tratamento, à Belacap e fontes bibliográficas. A principal contribuição deste estudo consiste em provocar um questionamento sobre a utilização de práticas de disposição e tratamento de resíduos sólidos, sem um prévio estudo da viabilidade econômica e ambiental do método utilizado, levando em consideração as características particulares de cada região atendida.

Palavras Chave: incineração; resíduos sólidos; análise custo-benefício; planta de Ceilândia.

ABSTRACT

The object of his preposition is to analyse the benefit and costs of the solid waste incineration. The conceptual frame is about the economy of the welfare, the analyses of benefit cost and the management of the solid waste. The only option of treatment of the special wastes in Distrito Federal is the solid waste incinerator in Ceilândia, and it was one of the agents that induced the developing of this piece of work. In this research it was analysed one disposal alternative since the incineration is largely criticized by high operational costs and its efficiency in the result of the burning gases treatment, in despite of its use in the main countries of Europe, including as alternative source of heat recover and energy power production. After technical economic and environmental surveys it was made a comparison between the existent treatment unit and the construction a landfill in the same areas, with information raised from the treatment unit, with Belacap and bibliographic sources. The main contribution of this subject consists on provoking/instigating an investigation about the practical use of disposal and treatment of solid waste, without as previous study about the viability of economical and environmental used method, considering the particular characters of each assisted region.

Key words: incineration; solid wastes; cost-benefit analyse; Ceilândia plant.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	x
LISTA DE TABELAS.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE QUADROS.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	5
3. O BEM ESTAR SOCIAL E A ANÁLISE CUSTO BENEFÍCIO (ACB).....	7
3.1 A poluição como resultado da produção e do consumo.....	7
3.2 Economia neoclássica <i>versus</i> economia ecológica.....	8
3.3 Ineficiência de mercado causada pela externalidade.....	11
3.4 Características das externalidades.....	12
3.5 A análise custo-benefício e suas aplicações.....	12
3.5.1 A análise dos custos e benefícios sociais.....	16
3.5.2 A ACB na relação lixo-energia.....	19
3.5.3 A ACB e a economia médica.....	22
3.6 A incorporação do valor econômico total (VET) na ACB	23
4. ASPECTOS ECONÔMICOS DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	27
4.1 A gestão integrada de resíduos sólidos.....	27
4.2 A prática de disposição em “lixões” e aterros.....	27
4.3 A compostagem.....	29
4.4 A reciclagem.....	31
4.5 A incineração.....	34
5. ESTUDO DE CASO: ACB DO INCINERADOR DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO P-SUL – DF.....	39
5.1 Situação do lixo no Distrito Federal.....	39

5.2 Etapas da ACB.....	41
5.2.1 Primeira etapa: definição do projeto.....	41
5.2.2 Segunda etapa: identificação dos impactos do projeto.....	43
5.2.3 Terceira etapa: identificação dos impactos economicamente relevantes.....	44
5.2.4 Quarta etapa: quantificação dos impactos relevantes.....	45
5.2.4.1 Quantificação dos impactos positivos ou benefícios.....	45
5.2.4.2 Quantificação dos impactos negativos ou custos.....	48
5.2.5 Quinta etapa: valoração dos impactos relevantes.....	53
5.2.6 Sexta etapa: desconto dos fluxos de custos e benefícios.....	56
5.2.7 Sétima etapa: teste do valor presente líquido.....	58
5.2.8 Oitava etapa: análise de sensibilidade.....	60
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
ANEXOS	70

LISTA DE ABREVIATURAS

ABIVIDRO	Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas Vidro
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACB	Análise Custo-Benefício
ANPEC	Associação Nacional dos Centros de Pós-graduação em Economia
Belacap	Serviço de Ajardinamento e Limpeza Urbana do Distrito Federal
BMg	Benefício Marginal
CEMPRE	Compromisso Empresarial para Reciclagem
CMg	Custo Marginal
CmgE	Custo Marginal Externalizado
CMgS	Custo Marginal Social
CMS _{DF}	Custo Marginal Social de Disposição Final
CMS _R	Custo Marginal Social da Reciclagem
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
GDF	Governo do Distrito Federal
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada
MPO	Ministério do Planejamento e Orçamento
NO _x	Óxido de Nitrogênio
OTW	Regulamento sobre Tratamento de Lixo
PIB	Produto Interno Bruto
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
RBC	Relação Benefício-Custo
SEPURB	Secretaria de Política Urbana
SESEDF	Secretaria de Estado de Saúde do Distrito Federal
TIR	Taxa Interna de Retorno
UCTL	Unidade Central de Tratamento de Lixo
UnB	Universidade de Brasília
USP	Universidade de São Paulo
UTL	Unidade de Tratamento de Lixo
VET	Valor Econômico Total
VL	Valor de Legado
VNU	Valor de Não-Uso
VP	Valor Presente
VPL	Valor Presente Líquido
VU	Valor de Uso

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.2	Incineração nos Países Desenvolvidos.....	21
Tabela 5.1	Incineração frente ao Aterro do Jóquei.....	53
Tabela 5.2	Custos e Benefícios para a Incineração frente ao Aterro do Jóquei...	54
Tabela 5.3	Incineração frente ao Aterro Sanitário.....	55
Tabela 5.4	Custos e Benefícios para a Incineração frente ao Aterro Sanitário.....	56
Tabela 5.5	Cálculo do VP – Incineração frente ao Aterro Sanitário.....	58
Tabela 5.6	Cálculo do VPL – Incineração frente ao Aterro Sanitário.....	60
Tabela 5.7	Relação Benefício/Custo – Incineração frente ao Aterro Sanitário.....	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1	Diagrama das Inter-relações entre o Sistema Econômico e o Meio-Ambiente.....	07
Figura 3.2	Custos Externos.....	11
Figura 3.3	Melhoria Potencial de Pareto – Conexão entre Preços Relativos e Distribuição do Conjunto de Bens.....	20
Figura 3.4	Custo Social da Energia Elétrica.....	18
Figura 4.1	Nível Ótimo de Reciclagem.....	32

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1	Classificação de Projetos.....	17
Quadro 5.1	Impactos Positivos e Negativos do Projeto.....	43
Quadro 5.2	Impactos Economicamente Relevantes.....	44
Quadro 5.3	Quantificação Física dos Impactos.....	45

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A ocupação desordenada da população nos centros urbanos, fenômeno típico do século XX, passou a influenciar negativamente no seu nível de bem-estar. Além disso, com o aumento populacional, a demanda por produtos e serviços, como educação, saúde, lazer, alimentação, vestuário, dentre outros, tem exigido uma maior quantidade de recursos naturais. Uma outra consequência dessas mudanças aceleradas tem sido o incremento de resíduos e dejetos. Para Mueller (2001), a taxa de crescimento da população e a distribuição geográfica desse crescimento são fatores fundamentais na determinação dos impactos da sociedade humana sobre o meio ambiente.

A busca por desenvolvimento econômico da sociedade contemporânea, por meio da industrialização, atraiu a população rural para os grandes centros urbanos. No Brasil, o processo de industrialização foi incrementado entre 1930 e 1980 (O'Sullivan, 1996). Em relatório de 1992 do Banco Mundial, foi introduzida uma hipótese especial para a relação entre o desenvolvimento e a degradação ambiental (Mueller, 2001). De acordo com este relatório, o aumento da renda *per capita* seria acompanhado de reduções na degradação. Estudos posteriores, entretanto, mostraram que esta hipótese só é válida para alguns produtos. Existem muitas exceções.

Um dos casos em que a poluição tende a aumentar com a renda *per capita* é o lixo urbano. Em um mundo com aumentos acelerados de renda *per capita* há um concomitante aumento de consumo e de produção. Muitos dejetos provenientes da produção são, inclusive, tóxicos (Mueller, 2001). Desta forma, pode-se dizer que um dos maiores problemas do nosso tempo consiste na geração e disposição de resíduos sólidos (domiciliares, industriais, comerciais, agrícolas e hospitalares) (Sayago *et al*, 1998). A destinação final e o processamento dos resíduos geram inevitavelmente, por melhor que seja sua tecnologia, um tipo de poluição que ninguém quer por perto (Barba, 2002).

O lixo não coletado e disposto inadequadamente a céu aberto, em áreas alagadas ou em aterros não controlados, gera graves problemas sanitários e de contaminação dos mananciais. Os resíduos industriais e hospitalares, por sua vez,

apesar de todas as normas existentes para sua disposição, são dispostos quase sempre de forma irregular, trazendo conseqüências significativas para a saúde humana e para o equilíbrio dos ecossistemas (Sayago *et al*, 1998; Barba, 2002).

Estimativas apontam que a geração anual de lixo sólido atinge 1,3 bilhões de toneladas, ou cerca de 0,63 Kg *per capita* no mundo. Esta é a carga de lixo sólido que o meio ambiente recebe diariamente. Nos países industrializados, a produção *per capita* do lixo é extremamente elevada, enquanto que nos países menos desenvolvidos a parcela de lixo é exagerada em comparação com sua participação na renda mundial. Dados de 36 países mostram que a geração de lixo *per capita* varia entre 0,5 Kg em Moçambique a 1,9 Kg na Austrália. Mesmo entre as camadas mais pobres, a geração de lixo não é inferior a 0,3 Kg. Além do mais, as cidades vêm apresentando níveis crescentes de geração de lixo *per capita* (Contador, 2000).

De acordo com dados do IBGE/PNSB (2000), coleta-se no Brasil, 228.413 toneladas de lixo por dia. Desse total, 36,2% são destinados a aterros sanitários, 37% a aterros controlados e 21,2% a lixões. Ou seja, mais de 48 mil toneladas de lixo coletado no país são dispostos no meio ambiente, diariamente, sem qualquer tratamento. Diante deste quadro, é extremamente relevante a instituição de políticas nacionais voltadas ao estabelecimento de princípios, instrumentos e objetivos concernentes à gestão de resíduos sólidos.

Muitos estudiosos e formuladores de políticas públicas defendem o uso de tecnologias limpas, ou seja, processos de produção que visem a redução da geração de resíduos. De acordo com o paradigma da “Química Verde”, os avanços tecnológicos têm sido endereçados para a sustentabilidade ambiental, baseados na idéia de que é melhor reduzir a emissão de resíduos, que tratá-los após a produção (Hjeresen *et al*, 2002). No entanto, essas políticas possuem efeito a longo prazo e a quantidade de resíduos produzidos e dispostos atualmente carecem também de políticas voltadas para soluções a curto prazo.

Segundo Grimberg (2002), a formulação de uma Política Nacional de Resíduos Sólidos deve prevê como princípios, a evitação, a minimização, a reutilização, a reciclagem, o tratamento e a disposição final. Sendo assim, a utilização da ACB em projetos envolvendo resíduos sólidos é crucial para otimizar a aplicação de recursos públicos no tratamento ou disposição final de lixo, dado que essa técnica econômica é a mais utilizada para a determinação de prioridades na avaliação de políticas. Como o objetivo da ACB é comparar custos e benefícios

associados aos impactos das distintas alternativas de políticas em termos de seus valores monetários, a sua utilização é a que mais se enquadra no estudo em questão. Com os procedimentos da ACB é possível identificar as formas de manejo de resíduos cujas prioridades aproveitam, da melhor maneira possível, os recursos. Ou seja, estratégias cujos benefícios excedem os custos. Desta forma, os tomadores de decisão estarão alocando os recursos de forma a maximizá-los para o uso da sociedade. Neste contexto, ao fazer o estudo de caso do incinerador de resíduos sólidos do P-Sul, procura-se provar se a incineração de resíduos sólidos é economicamente viável, no caso específico do Distrito Federal (DF), e em cidades do mesmo porte. Este incinerador foi construído em 1985 e tem capacidade para incinerar cerca de 30 ton/dia de lixo, preferencialmente o lixo hospitalar, drogas, animais mortos e documentos sigilosos.

A incineração tem como vantagens a redução do volume e peso do lixo nos centros urbanos, além da possibilidade de recuperação de energia, por meio do reaproveitamento direto via conversão térmica. No entanto, a eficiência técnica da incineração é discutida, devido à geração de gases (CO_2 , SO_2 e N_2) provenientes da combustão, além das dioxinas (queima de plásticos) e CO e particulados (combustão incompleta). Além disso, os custos com a manutenção de um incinerador são muito elevados. Desta forma, convém analisar a eficácia desta forma de tratamento de resíduos no universo em estudo. O Distrito Federal coleta cerca de 1.700 toneladas de resíduos sólidos diariamente. Destes, apenas 20 toneladas/dia são incinerados, o que equivale a 1% do total, em contrapartida, o custo para disposição do lixo no aterro do Jóquei é quase 20 vezes inferior.

Com a execução desta dissertação, pretende-se responder às seguintes questões: a incineração é viável economicamente, se comparada a outras formas de manejo? Mais ainda, a quantidade de resíduos tratada no incinerador justifica os custos incorridos? São estas perguntas que justificam o presente estudo.

Considera-se como hipótese, que a incineração de resíduos hospitalares no DF é viável economicamente. Ao utilizarmos dados obtidos na pesquisa, fazemos análises que levam a deduzir se o incremento de poluição no aterro do Jóquei, causado pela disposição dos resíduos não-incinerados, supera os elevados custos da incineração e se não existe um outro método de disposição capaz de minimizar os danos ambientais.

Todos estes aspectos são analisados nesta dissertação, que é apresentada em quatro capítulos, além desta introdução e da conclusão. No segundo capítulo, são apresentados os métodos e técnicas utilizadas na confecção do trabalho. O capítulo três trata dos aspectos teóricos da economia do bem-estar e da Análise Custo Benefício, fazendo uma relação entre as duas teorias aplicadas à gestão dos resíduos sólidos. O quarto capítulo faz uma síntese dos principais métodos de disposição e tratamento de resíduos sólidos, analisando as implicações econômicas e ambientais de suas aplicações no Brasil.

O quinto e último capítulo traz o estudo de caso do incinerador de resíduos sólidos do P-Sul, fazendo uma revisão histórica de seu funcionamento desde 1985 até os dias de hoje, as condições técnicas de funcionamento e a avaliação econômica por meio de uma ACB. Desta forma o trabalho contribuiu para a definição dos procedimentos da valoração econômica, apresentando uma maneira de analisar um melhor aproveitamento dos investimentos públicos destinados ao manejo de resíduos.

CAPÍTULO 2

MATERIAIS E MÉTODOS

Esse estudo é executado mediante levantamento de referências bibliográficas e artigos científicos publicados sobre o assunto e correlatos. A revisão teórica foi embasada no bem-estar social, análise custo benefício e gerenciamento de resíduos sólidos. A partir da revisão teórica, foi elaborada uma análise dos custos e benefícios (ACB) econômicos e ambientais do incinerador de resíduos sólidos do P-Sul, localizado na cidade de Ceilândia no Distrito Federal.

A ACB foi desenvolvida seguindo a sugestão de Hanley e Spash (1993), que a dividem em oito etapas, a saber:

1. *Definição do projeto*: identifica-se o projeto e define os eventuais beneficiados e prejudicados com a implantação do mesmo;
2. *identificação dos impactos do projeto*: é o levantamento de todos os impactos positivos e negativos derivados da implantação do projeto;
3. *identificação dos impactos economicamente relevantes*: neste estágio são identificados os impactos positivos(benefícios) e negativos(custos) sobre o bem-estar de todos os agentes envolvidos;
4. *quantificação dos impactos relevantes*: faz-se a quantificação dos fluxos de custos e benefícios do projeto e quando isto ocorrerá;
5. *valoração dos impactos relevantes*: neste estágio deve-se transformar os efeitos em unidades monetárias. A dificuldade neste caso está no fato de que em bens que não são transacionados no mercado não existe preço. Desta forma, para calcular o preço-social de um projeto, às vezes, se faz necessário utilizar técnicas de valoração por métodos diretos ou empíricos para atingir o bem-estar social;
6. *desconto dos fluxos de custos e benefícios*: após expressar todos os custos e benefícios em termos monetários, utilizam-se critérios de decisão como, valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e relação benefício custo (RBC), para trazê-los ao seu valor atual;

7. *teste do valor presente líquido*: esta etapa consiste em testar o resultado para analisar a viabilidade do projeto. O critério utilizado é o VPL, que questiona se a soma dos ganhos descontados excede a soma das perdas descontadas;

8. *análise de sensibilidade*: esta análise tem como objetivo avaliar a sensibilidade do VPL mudando certos parâmetros, para reformular o projeto caso seja necessário. A mensuração dos custos e benefícios sociais será feita de acordo com Contador (2000).

De acordo com a base teórica desenvolvida no estudo, foi feita a pesquisa empírica envolvendo as seguintes fases:

- Coleta de informações *in loco* para conhecimento do funcionamento do incinerador, quantidade de lixo tratada, classe de risco do lixo, cuidados com a salubridade dos funcionários e com o meio ambiente. Estas informações foram coletadas por meio de questionário (vide anexo G), juntamente com o engenheiro e o técnico responsável pelo funcionamento da planta;
- conhecimento dos custos e benefícios referentes ao sistema no escritório da Belacap. Convém ressaltar que foram agendadas diversas reuniões com o diretor de operações da Belacap, Sr. Expedito Apolinário, para coleta de dados, no entanto, não obtive respostas do mesmo, apesar de saber que estas informações deveriam ser de conhecimento da sociedade, já que se trata de uma administração pública. As informações foram repassadas por meio de um funcionário, cujo nome, a pedido, não estou autorizado a citar; e
- conhecimento dos custos e receitas provenientes da produção energética.

O somatório de todos os custos e de todos os benefícios envolvidos no processo torna-se necessário para que se conclua se há ganho ou prejuízo do governo com a incineração, se comparado à disposição dos resíduos em aterro.

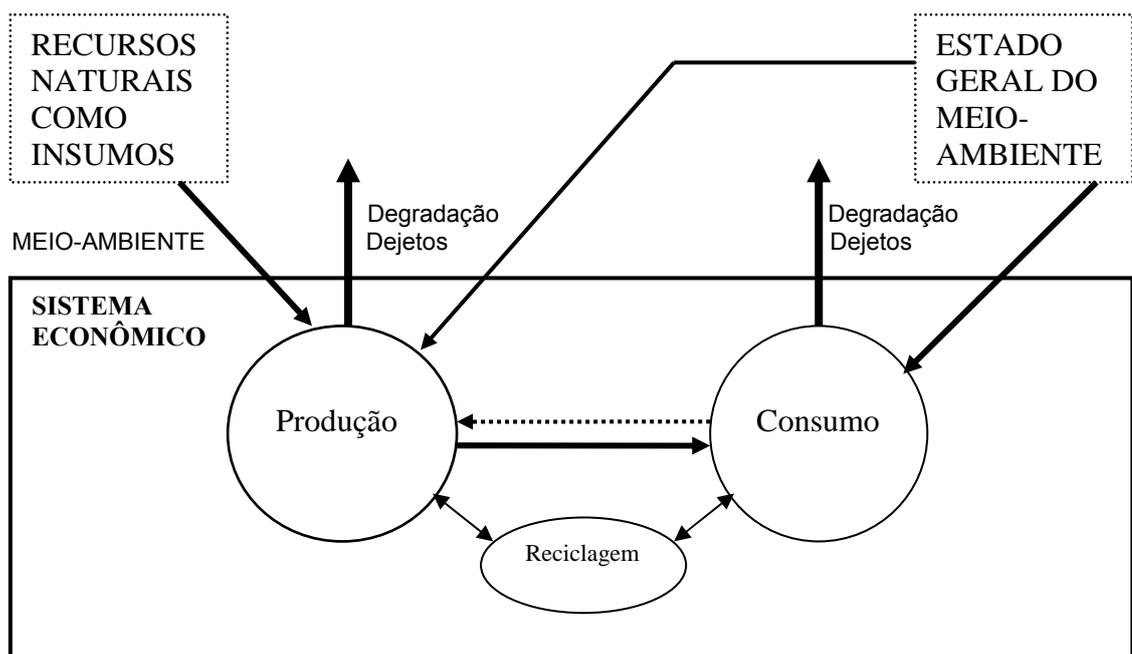
CAPÍTULO 3

O BEM ESTAR SOCIAL E A ANÁLISE CUSTO BENEFÍCIO

3.1 - A poluição como resultado da produção e do consumo

A produção e o consumo gerados pelo aumento populacional e renda acarretam quantidades cada vez maiores de dejetos, o que provoca danos ao meio ambiente. A figura 3.1 mostra a inter-relação entre a atividade econômica (produção e consumo) e o meio-ambiente. Inicialmente, a necessidade em aumentar a produção implica em uma demanda muito maior de insumos e energia, diminuindo significativamente o seu estoque, ou até mesmo gerando a exaustão de recursos naturais. Após esta etapa, o processo econômico emana rejeitos e dejetos e degrada o meio, apesar de uma parte ser reaproveitada ou reciclada. Esse, apesar de poder de alguma forma assimilar boa parte dos dejetos, tem um limite em sua capacidade de absorção, o que influencia diretamente no estado geral do meio ambiente.

Figura 3.1
Diagrama das Inter-relações entre o Sistema Econômico e o Meio-Ambiente



Fonte: Mueller (2001).

Ainda assim, segundo Mueller (2001), existe uma mudança qualitativa determinada pelo processo, ou seja, a energia e a matéria devolvidas ao meio ambiente sofrem alterações. Para o autor, isto acontece porque mesmo na melhor das hipóteses, o processo econômico não é totalmente físico, ou seja, não pode deixar de gerar resíduos e dejetos não utilizados pela sociedade. Estes são depositados no meio ambiente produzindo impactos negativos.

Dentro deste prisma, é importante ressaltar que com o aumento da poluição, provocado pelo processo de industrialização, a atenção da economia com o meio ambiente foi acentuada. De acordo com Mattos *et al* (2005), a economia como ciência tem desenvolvido, ao longo dos anos, diversas formas de abordagens relacionadas ao meio ambiente. Esta análise pode ser dividida em três fases: i) economia dos recursos naturais; ii) economia ambiental; e iii) economia ecológica. As duas primeiras são vertentes da economia neoclássica.

3.2 - Economia neoclássica *versus* economia ecológica

Nenhum desses enfoques constitui uma visão plena e acabada dos problemas ambientais ante o desenvolvimento econômico. Desta forma, serão apresentadas, de maneira sucinta e sistematizada, as principais características dessas abordagens econômicas.

Como foi exposto anteriormente, a economia neoclássica apresenta duas vertentes para tratar as questões ambientais. A primeira delas, a economia dos recursos naturais, difundida nas décadas de 60 e 70, vê o patrimônio natural como fonte provedora de matéria-prima. Já a economia do meio ambiente ou ambiental, difundida na década de 80, percebe o patrimônio natural como fossa receptora de dejetos advindos do processo econômico, ou seja, o ambiente os absorve, os neutraliza e os recicla (Denardin e Sulzbach, 2002; Mattos *et al*, 2005). Deve-se destacar que para esta corrente, a atividade econômica é representada por meio de um sistema fechado, no qual participam famílias e empresas.

De acordo com Mattos *et al* (2005), o objetivo da economia dos recursos naturais, era alcançar o uso ótimo dos recursos renováveis e não-renováveis, porém sem, então, evitar a degradação ambiental. Já a economia ambiental, tem sua ênfase voltada à questão da poluição. Essa vertente analisa os recursos ambientais no seu papel depositário de rejeitos, *outputs* indesejáveis dos processos produtivos

(Amazonas, 1998). Para o autor, a economia ambiental surge como um desdobramento da teoria neoclássica do bem-estar e dos bens públicos. A análise dessa teoria baseia-se na distinção entre custos e benefícios privados e sociais. Considera que a atividade econômica privada pode gerar custos ou benefícios transferidos socialmente a terceiros (Abad, 2002). Ainda, segundo a teoria, os distúrbios ambientais são conseqüências das imperfeições do mercado. Uma vez corrigidas essas deficiências, via avanços tecnológicos e novos preços que incorporem os custos ambientais, o mercado promoverá, gradualmente, o equilíbrio das “trocas” entre economia e o meio ambiente (Macedo, 2002).

A economia ecológica, por sua vez, distingue-se da neoclássica por ter uma visão mais holística das relações entre o sistema econômico e a natureza. Além disso, vê a economia como sendo um subsistema aberto inserido em um amplo ecossistema, o qual é finito, não-crescente e materialmente fechado (Denardin e Sulzbach, 2002). Para Mattos *et al* (2005), essa vertente é uma nova abordagem que representa uma evolução das formas de análise anteriores, englobando a problemática do uso dos recursos naturais e as externalidades do processo produtivo, com ênfase no uso sustentável das funções ambientais e na capacidade dos ecossistemas em geral de suportar a carga imposta pelo funcionamento da economia, considerando custos e benefícios da expansão da atividade humana.

Em suma, ao contrário da neoclássica, a fundamentação teórica da economia ecológica não prevê que o avanço tecnológico seja capaz de suplantiar as agressões ao meio ambiente e a escassez do capital natural, provocados pela aceleração do crescimento econômico. Isto significa que ao lado dos mecanismos tradicionais de alocação e distribuições geralmente aceitos na análise econômica, a economia ecológica acrescenta o conceito de escala, no que se refere ao volume físico de matéria e energia que é convertido e absorvido nos processos entrópicos da expansão econômica (Mattos *et al*, 2005). Além disso, esta expansão econômica veio acompanhada de uma concentração de empresas em uma mesma localidade, originando as externalidades. Segundo Macedo (2002), essa aglutinação locacional é provocada, inicialmente, pelas relações de complementaridade entre as atividades produtivas. Em seguida, a concentração de empresas e de atividades viabiliza serviços de apoio à produção. Para Richardson (1975) *apud* Macedo (2002), o resultado desse processo de aglutinação espacial é uma redução dos custos de produção para as empresas, o que aumenta a atratividade de certa localidade para

outras atividades econômicas em busca dos benefícios representados pelas externalidades. Entretanto, nem sempre, essa concentração de empresas gera resultados positivos para as empresas e comunidade, podendo ocorrer externalidades negativas advindas, por exemplo, de congestionamentos de trânsito e poluição.

Os problemas ambientais, como a poluição do solo e dos rios, com a disposição inadequada do lixo, constituem casos típicos das externalidades negativas. De acordo com Macedo (2002), as condições que as caracterizam são:

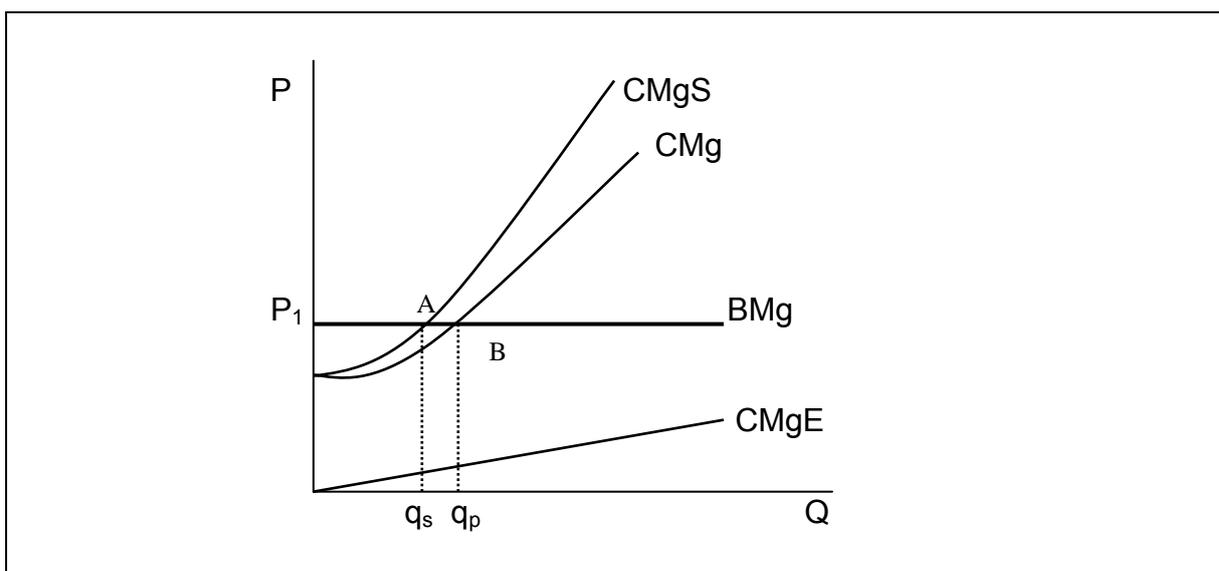
- A atividade de um agente – poluidor – causa uma perda de bem-estar para outros; e
- essa perda de bem-estar não é compensada – a vítima não recebe uma indenização pelos danos sofridos.

Por exemplo, quando uma fábrica emana seus dejetos em um rio, as pessoas ou o estado, afetados pela poluição incorrem em custos para se proteger, tais como sistemas de purificação de água e tratamento de saúde. Quando a empresa afeta o bem-estar de outros sem consultá-los, está impondo-lhes externalidades ou custos externos às suas economias.

3.3 - Ineficiência de mercado causada por externalidades

Devido ao fato dessas externalidades não estarem refletidas nos preços de mercado, elas poderão se tornar uma causa de ineficiência econômica (Pindyck, 1994). A figura 3.2 ilustra este fato.

Figura 3.2: Custos Externos



Fonte: Adaptado de Pindyck (1994, p. 846).

O eixo horizontal Q indica quantidades de produção (ou emissão de poluentes) e o eixo vertical P indica os custos e benefícios da atividade econômica. P_1 é o Benefício Marginal, $CMgS$ é o Custo Marginal Social, CMg é o Custo Marginal, $CMgE$ é o Custo Marginal Externalizado, a parcela dos custos não incorporada pelo agente gerador, de forma que $CMgS = CMg + CMgE$. Dada a disjunção entre os custos privado e social marginal, haverá duas quantidades de produção ou emissão ótimas, a privada (efetiva) e a social, simbolizadas por q_p e q_s respectivamente. Pode-se observar que quando existem externalidades negativas, os custos marginais sociais são mais elevados que os custos marginais privados (CMg). A empresa maximizará os lucros com a quantidade q_p (ponto B), para a qual o Benefício Marginal é igual a CMg . A quantidade eficiente de produção é q_s (ponto A), para a qual o Benefício Marginal se torna igual a $CMgS$.

Em suma, dentro do conjunto habitual de instituições de mercado, o produtor (ou poluidor) não tem nenhum incentivo para levar em conta o custo que ele impõe à

sociedade, e a sociedade não tem como proporcionar a ele tal incentivo. Por causa disso, o resultado induzido pelo mercado diante da externalidade pode ser ineficiente (Eaton, 1999).

3.4 - Características das externalidades

De acordo com Contador (2000), a ineficiência do mercado é provocada por três características das externalidades: i) definição imprecisa do direito de propriedade; ii) seu caráter incidental e involuntário; e iii) a falta de controle direto a certo custo nulo sobre as fontes dos efeitos externos, a não ser pelo próprio externalizador.

Na questão ambiental, sendo o ambiente um bem público, um agente econômico pode dele utilizar-se sem incorrer plenamente nos custos sociais correspondentes aos danos ambientais causados, impondo assim custos externos (externalidades negativas) à economia dos demais agentes que se utilizam do mesmo bem público (Amazonas, 1996). Neste sentido, o agente poluidor estaria influenciando negativamente o bem-estar da sociedade.

No caso do seu caráter involuntário, um poluidor não provoca danos ao meio-ambiente pelo simples prazer, mas pela necessidade de produzir, o que conseqüentemente, causa algum tipo de poluição. Segundo Contador (2000), a poluição é apenas uma conseqüência, um subproduto desagradável da atividade econômica, com efeitos incômodos em outras pessoas e indústrias. Para o autor, o poluidor está consciente da poluição e talvez seja mesmo prejudicado por ela, mas os danos que causa ao bem-estar de outras pessoas e atividades não são considerados nos cálculos de seus custos e benefícios.

No intuito de alcançar um maior bem-estar para a sociedade, dentre as técnicas de análise de projetos, a análise custo benefício é a que melhor se aplica para a escolha de investimentos pelos formuladores de políticas públicas.

3.5 - A análise custo-benefício e suas aplicações

A análise custo-benefício (ACB) é uma técnica de análise de projetos que consiste em definir, se vários projetos de investimento devem ser empreendidos e, no caso dos recursos serem limitados, qual ou quais desses projetos específicos

devem ser escolhidos (Mishan, 1975). Segundo Prest e Turvey (1973), ao escolher um projeto, a ACB tem como objetivo estimar de maneira prática a viabilidade deste, sobre o qual é importante tecer considerações de grande alcance, e ter uma visão ampla, isto é, a análise implica a enumeração e avaliação de todos os custos e benefícios relevantes.

O objetivo desta seção é observar a ACB sob dois prismas. O primeiro é o aspecto puramente econômico, ou seja, deve-se estimar os custos do desempenho de uma ação, os benefícios esperados dela e, desenvolver a ação, somente se os benefícios reais ou estimados sejam maiores que os custos. O outro aspecto, especialmente importante na ACB, que vem do ponto de vista social, e que aqui não é uma questão do cálculo individual do agente de seus próprios custos e benefícios dentro de seu próprio critério de valor, mas que alguma agência social, especialmente o Estado, calcula os custos e benefícios para a sociedade como um todo por critérios que em si são mais sociais (Gewirt, 1990).

Porém, estes conceitos de “custos e benefícios para uma sociedade como um todo” e “critérios sociais” são, em princípio, muito vagos. Isso acarreta a necessidade de recorrer a várias áreas tradicionais do estudo econômico - economia do bem-estar, finanças públicas, economia dos recursos naturais – e tentar fundir estes componentes num todo coerente. Para Mishan (1975), aquilo que representa benefício ou prejuízo para uma parte da economia, não é necessariamente benefício ou prejuízo para a economia como um todo. E, na ACB, ocupamo-nos com a economia como um todo, com o bem-estar de uma sociedade definida, e não com uma fração dessa.

Pode-se começar esclarecendo-os pela ligação deles com o ponto de vista prévio do agente individual, e a melhor maneira de observar isto é explicando a relação entre a ACB e a melhoria de Pareto. A melhoria de Pareto é definida como uma variação econômica que deixe um ou mais membros da sociedade em melhor situação, sem que ninguém fique pior do que antes. Desta forma, uma melhoria de potencial de Pareto pode ser definida como uma variação que – supondo-se transferências gratuitas de mercadorias e/ou serviços entre os membros da sociedade – pode deixar todo mundo em melhor situação (Mishan, 1975).

Embora isso raramente seja dito explicitamente, o que se deverá ter em mente é que todos os cálculos que entram numa análise de custo-benefício, quando reduzidos a um momento cronológico por meio de métodos estabelecidos, devem

ser interpretados como contribuições, positivas ou negativas, à grandeza de alguma melhoria potencial de Pareto resultante (Mishan, 1975). Desta forma, para o autor, o que se deve concluir de uma análise de custo-benefício que mostre, por exemplo, um ganho de \$2 milhões não é que todas as pessoas envolvidas estão em situação melhor, em graus diversos, mas apenas que é conceitualmente possível, mediante redistribuições gratuitas, fazer que todos fiquem em situação melhor, num montante igual a \$2 milhões. Muitos economistas não consideram que a melhoria potencial de Pareto possa ser utilizada como critério e medida de ganho social, por isso convêm enfatizarmos algumas críticas que Mishan (1976) levanta contra o conceito.

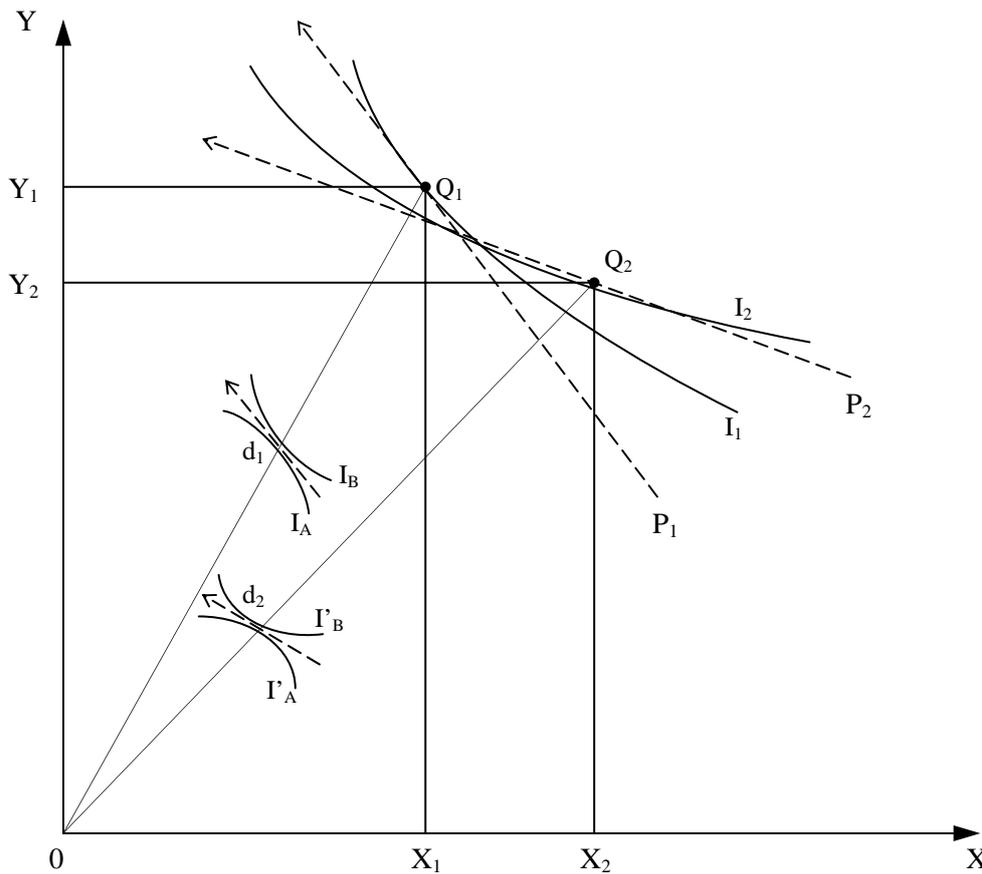
A primeira delas consiste na questão distributiva, ou seja, na maioria dos casos apenas os ricos melhoram de situação, enquanto os pobres continuam na mesma situação de antes da mudança econômica. Uma mudança que coloca os ricos em melhor situação em um volume de \$2,5 milhões às expensas dos pobres, que são postos em uma situação pior em um volume de \$1,5 milhões, ainda assim produz um ganho excedente de \$1 milhão para a comunidade em geral.

Desta forma, apesar da exigência do critério Pareto de que ninguém fica “pior” por uma mudança projetada, porque a “variação de compensação” pode ser providenciada para aqueles que perdem com a mudança, o fato de esta compensação ser somente “potencial”, acarreta que algumas pessoas ou grupos podem ser bem adversamente afetados (Gewirth, 1990). Para Gewirth (1990), em oposição a esta possibilidade distributiva da ACB econômica, pode ser afirmado que a preocupação pela maximização dos benefícios sobre os custos a assimila para o objetivo tradicional utilitarista de maximizar a utilidade, com uma tendência resultante à distribuição igualitária. Os utilitaristas tradicionais têm argumentado que, devido à redução de utilidade marginal do dinheiro, uma simples unidade monetária, como um dólar, adiciona mais utilidade a um pobre do que a um rico e, portanto, para se maximizar a utilidade, o dinheiro ou a riqueza precisa ser redistribuída até que a igualdade seja alcançada.

A segunda crítica explícita que como consequência da conexão entre preços relativos e distribuição do conjunto de bens, é possível que o movimento de bens de

Q_1 para Q_2 , que realiza uma melhoria potencial de Pareto, seja compatível com o movimento inverso, de Q_2 para Q_1 , realizando também uma melhoria potencial¹.

Figura 3.3: Melhoria Potencial de Pareto – Conexão entre Preços Relativos e Distribuição do Conjunto de Bens



Supondo que I_1 na figura é a curva de indiferença da comunidade, passando através do conjunto inicial de bens Q_1 , pode-se considerar esse conjunto de bens dividido entre dois grupos, A e B , da maneira indicada pelo ponto d_1 na curva de contrato $0Q_1$ do diagrama $0Y_1Q_1X_1$. A tangência de d_1 entre a curva de indiferença de I_A e de I_B , é paralela à tangência da curva da comunidade I_1 em Q_1 . Dado que o conjunto alternativo Q_2 situa-se acima da curva I_1 , é possível melhorar o bem-estar de todas as pessoas passando para a posição Q_2 .

¹ Um detalhamento desta técnica pode ser encontrado em MISHAN, E. J. "Análise de Custos-Benefícios: Uma Introdução Informal". Trad. Ruy Jungmann. Rio de Janeiro: ZAHAR Editores, 1976. Original de Cost-Benefit Analysis – An Informal Introduction.

Todavia, ao mover para Q_2 , a resultante distribuição desse conjunto Q_2 poderia ser tal que a representada pelo ponto d_2 na curva de contrato OQ_2 do diagrama $OY_2Q_2X_2$, sendo o bem-estar de A (maior que era na posição Q_1) representado pela curva I'_A e o bem-estar de B (menor do que era na posição Q_1) representado pela curva I'_B . Novamente, a inclinação da tangência mútua de I'_A e I'_B é paralela à tangente da curva I_2 , que passa por Q_2 . Com essa distribuição, resultante do movimento de Q_1 para Q_2 , a inclinação em Q_2 é tal que a curva I_2 passa por baixo de Q_1 . Ou seja, um movimento de Q_2 para Q_1 realiza uma melhoria potencial de Pareto.

Essas possibilidades paradoxais dependem da diferença entre o mínimo que uma pessoa pagará para passar sem um bem e o máximo que despendirá para possuí-lo – uma diferença que pode ser importante quando o efeito de bem-estar é substancial, como é provável que ocorra havendo externalidades ambientais.

A terceira crítica recai sobre um aparente paradoxo que pode surgir na avaliação de projetos, adotando-se as convenções da análise econômica parcial, ou seja, que todos os preços, salvo os diretamente sob exame, permanecem inalterados. Como já foi visto anteriormente, quando o economista emprega um critério de custo-benefício, interpretado como uma melhoria potencial de Pareto, o critério é atendido se, no tocante à projetada mudança, os esperados ganhos líquidos excedem as esperadas perdas líquidas de outro grupo. Mesmo assim, se esse critério não é atendido, ou seja, se as perdas líquidas excedem os ganhos líquidos, é também possível que se, não obstante, o projeto for empreendido, qualquer proposta ao *status quo ante* revele que as perdas líquidas excedem os ganhos líquidos. Desta forma, o economista deve fornecer resposta a duas questões: a) haverá excesso de ganhos líquidos sobre perdas líquidas se o projeto for realizado?; e b) supondo que o projeto tenha sido empreendido, haverá excesso de ganhos líquidos sobre perdas líquidas eliminando-o? Somente nos casos em que a resposta a a) é positiva e a b) é negativa, deve o economista sentir-se à vontade para declarar que a mudança produzirá ganhos excedentes para a comunidade.

3.5.1 - A análise dos custos e benefícios sociais

Para a iniciativa privada, a seleção de um projeto não oferece grandes dificuldades. Se os objetivos são conhecidos, o que parece ser uma hipótese

razoável, tudo o que se tem a fazer é verificar que projetos satisfazem esses objetivos. Ao contrário, para um planejador, a situação é mais complexa, pois, ao escolher projetos, devem-se verificar quais satisfazem melhor os interesses e objetivos da sociedade. Neste caso, os objetivos pessoais são secundários, ou seja, o planejador deve escolher o que seja melhor para a sociedade como um todo. Isto é muito complexo, não apenas porque os interesses nacionais não são fáceis de definir, mas também pelo fato das diversas opiniões sobre os interesses da nação. Se diversos planejadores perseguem objetivos nacionais diferentes, o resultado na maioria das vezes é insatisfatório, e isto pode ser desastroso (UNIDO, 1972).

Sendo assim, para Contador (2000), o sucesso de um plano depende diretamente da forma em que são canalizadas as decisões. Os investimentos públicos podem e tendem a ser guiados por decisões administrativas que procuram interpretar as prioridades globais. Por outro lado, as decisões dos investimentos privados obedecem a regras mais flexíveis, inclusive ditadas pela intervenção do governo, que compreende desde a proibição em atividades de monopólio estatal, esquemas tarifários, até as facilidades concedidas sob a forma de incentivos fiscais, como por exemplo, crédito subsidiado e reserva de mercado.

Muitas vezes, o setor público deve desenvolver um projeto, mesmo que para a iniciativa privada ele pareça inviável economicamente. Às vezes, um empreendimento é excelente para uma determinada empresa, no entanto, gera custos para a sociedade como um todo. Contador (2000) resume por meio da tabela abaixo, todas as alternativas possíveis da atratividade de um projeto, onde os sinais positivos e negativos correspondem a projetos viáveis e inviáveis, respectivamente.

Quadro 3.1: Classificação de Projetos

		Ponto de Vista Social	
		+	-
Ponto de Vista	+	I	II
Privado	-	III	IV

Fonte: Contador (2000, p.22)

O projeto correspondente à célula I é viável tanto na ótica privada quanto na ótica social. Este tipo de projeto pode ser observado na cidade de São José do Rio Preto-SP, onde programas de reciclagem de vidro foram implementados, com

eficiências econômicas, sociais e ambientais. De acordo com a ABIVIDRO apud Calderoni (1998), das dezessete indústrias de vidro de São Paulo, sete participam de programas de reciclagem, gerando renda para catadores e economizando energia e matéria-prima, dentre outros benefícios. Segundo este estudo, a economia de energia, em 1996, na cidade de São Paulo com a reciclagem de vidro, foi de cerca de R\$58 milhões, e a renda auferida pelos carrinheiros foi de, aproximadamente, R\$2,6 milhões, beneficiando 714 deles. Os projetos do tipo II são viáveis sob o ponto de vista privado, no entanto, são inviáveis socialmente. Neste contexto, estão inseridas algumas indústrias de cimento que jogam os dejetos da produção nos mananciais. No caso de projetos desse tipo há dois cursos possíveis de ação: (1) aceitar a perda social como um preço a ser pago pela liberdade econômica, pelo estímulo empresarial e pela divergência entre preços sociais e de mercado imposta ao investidor; ou (2) desestimular a sua implantação por meio da política tributária, creditícia, ou do reforço nas normas reguladoras da poluição (Contador, 2000).

Os projetos do tipo III são positivos sob o ponto de vista social, mas negativos na ótica privada. Neste caso, o poder público deve incentivar a criação ou manutenção dessas empresas por meio de incentivos fiscais, ou créditos subsidiados, por exemplo. A atividade agrícola é uma grande beneficiária deste tipo de prática, como, pode-se citar, a facilidade de financiamentos com juros abaixo dos praticados no mercado.

Por fim, os projetos do tipo IV, devem ser ignorados, pois são inviáveis tanto economicamente quanto sob o aspecto social.

O motivo principal pelo qual se pratica a análise de custos e benefícios sociais na seleção de um projeto é examinar este projeto à luz de um sistema coerente de objetivos gerais. Desta forma, a utilização da ACB em projetos ambientais se faz necessária, pois qualquer política ambiental trata de conflitos de interesses microeconômicos, na medida em que o uso do meio ambiente é distinto para cada grupo de indivíduos (Motta, 1995). Por exemplo, a preservação de um córrego beneficia diretamente todos os que dele se utilizam. Caso seja proposto um projeto de aterro para uma área nas proximidades deste manancial, os seus usuários serão prejudicados, enquanto a população que está se livrando do lixo pode ser beneficiada. Nesse caso, os custos com a saúde das pessoas, direta ou indiretamente, afetadas pela disposição inadequada do lixo devem ser incluídos na

análise. Além disso, caso o uso de um método de tratamento de resíduos traga benefícios, esses devem ser também incluídos para se decidir a implementação ou não deste. A seguir, serão tratadas duas aplicações da ACB: A ACB na relação lixo-energia e A ACB e a economia médica.

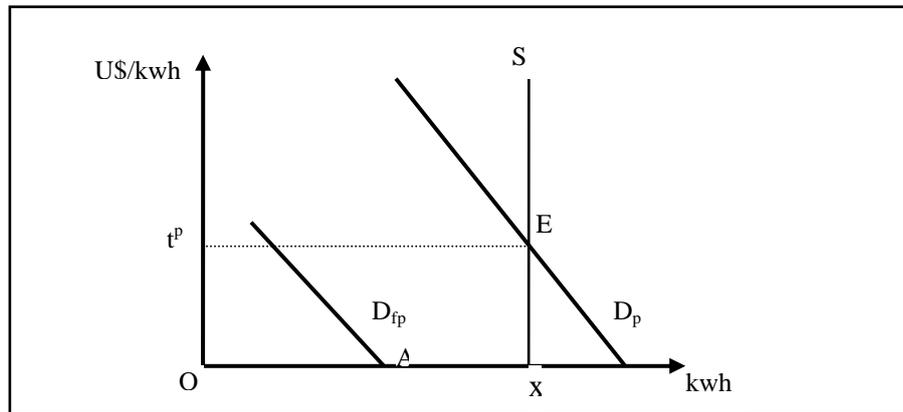
3.5.2 – A ACB na relação lixo-energia

As decisões de investimento na economia, quase sempre são feitas de maneira equivocada, quando utilizam o preço de mercado. Isto acontece porque, em geral, o mercado não opera em condições de concorrência perfeita, pleno emprego e perfeita mobilidade dos recursos, fazendo com que o sistema de preços de mercado não seja um bom indicador dos custos para a sociedade. Desta forma, segundo Carrera-Fernandez e Garrido (2003), se faz necessária a introdução de mecanismos que corrijam as divergências entre preços de mercado e preços sociais, orientando as ações de investimento da economia, de modo a reduzir o uso dos recursos sub-avaliados e ampliar a utilização dos recursos super avaliados pelo mercado, o que só é possível por meio de uma política baseada nos preços sociais desse recurso.

De acordo com Contador (2000), a tarifa social de energia elétrica depende, em grande parte, da fonte utilizada para a geração (hidrelétrica ou termelétrica) e do excesso de capacidade do sistema. Quando a geração é baseada em hidroelétricas, principal fonte utilizada no Brasil², o custo marginal social por kWh nos horários fora do pico de consumo é praticamente nulo, e positivo nos períodos de pico de consumo. No caso específico da geração hidráulica, a curva típica do custo marginal social toma o formato da curva OXS representada na figura 3.3 (Carrera-Fernandez e Garrido, 2003).

² Mais de 92% da energia do Brasil provém de hidroelétricas (Contador, 2000).

Figura 3.3: Custo Social da Energia Elétrica



Fonte: Carrera-Fernandez e Garrido (2003, p. 245).

Quando o sistema opera com capacidade ociosa, isto é, quando a oferta de energia é abundante em relação à sua demanda, representado por D_{fp} (demanda fora do pico), a energia gerada tem um custo marginal próximo de zero para a sociedade e, um custo social praticamente nulo, representado pelo ponto A. A justificativa era estabelecida no fato de que a água que movimentava as turbinas seria perdida de qualquer forma. Por outro lado, segundo Carrera-Fernandez e Garrido (2003), quando o sistema opera no pico de consumo, representado por D_p (demanda de pico), o custo social seria determinado pelo benefício sacrificado em outras atividades, t^p , indicado pelo ponto de equilíbrio entre a demanda D_p e o segmento vertical XS (ponto E). Sob essa ótica, a tarifa social de energia elétrica, t^* , seria obtida por meio da ponderação desses custos sociais, ou seja:

$$t^* = \alpha t^p \quad (1)$$

onde α é a proporção do tempo em que o sistema de geração de energia elétrica opera no pico de consumo, com $0 < \alpha < 1$.

Mesmo assim, além do custo de oportunidade da água, a geração hidráulica de energia também provoca perdas por evaporação nos reservatórios de regularização da vazão e alteração no padrão de viabilidade do escoamento a jusante, quando a água é bombeada de volta no horário de pico (Carrera-Fernandez e Garrido, 2003). Estes custos não são contabilizados pelo setor elétrico, provocando uma ineficiência de mercado. Convém ressaltar, que no Brasil, o setor agrícola é o mais prejudicado pela utilização da água nas atividades de geração de

energia elétrica³, o que leva a procurar uma maneira alternativa de minimizar o problema.

Muitos países desenvolvidos utilizam outras fontes para geração de energia elétrica, como por exemplo, termoelétricas movidas a óleo ou carvão, ou mesmo nucleares. Nos últimos anos, países como Estados Unidos da América, Suíça, Dinamarca e Suécia vêm utilizando termelétricas movidas a lixo para a produção de energia elétrica. A tabela 3.2 mostra o elevado percentual de resíduos sólidos urbanos que tem sido incinerado nos países desenvolvidos, bem como a recuperação de energia.

Tabela 3.2: Incineração nos Países Desenvolvidos

País	População (milhões)	Geração de lixo (milh.t/a)	No. de incineradores	% incinerado	Recuperação de energia
Suíça	7	2,9	29	80	80 %
Japão	123	44,5	1893	72	Principais
Dinamarca	5	2,6	32	65	100%
Suécia	9	2,7	21	59	100%
França	56	18,5	100	41	68% da capacidade
Holanda	15	7,1	9	39	50% das usinas
Alemanha	61	40,5	51	30	
Itália	58	15,6	51	17	30% da capacidade
USA	248	180,0	168	19	75 % das usinas
Espanha	38	11,8	21	15	24 % das usinas
Reino Unido	57	35,0	7	5	25 % da capacidade

Fonte: Lima, 1994; BNDES, 1997 apud Gerlach et al, 2000.

Os resíduos domésticos possuem quase a metade do potencial energético do carvão. A recuperação de energia a partir dos resíduos não recicláveis é uma opção válida tanto economicamente quanto ecologicamente (energia derivada de resíduos). Os 230 milhões de toneladas de resíduos sólidos municipais que são produzidos anualmente na Europa seriam suficientes para gerar 5% da energia utilizada no continente.

³ Para saber mais detalhes a esse respeito ver Carrera-Fernandez e Garrido (2003, pp. 246-262).

O Brasil, devido ao grande potencial hídrico e o alto investimento em hidrelétricas, ainda está iniciando pesquisas no que diz respeito à reciclagem/recuperação energética. No entanto, de acordo com Gerlach *et al* (2000), o país já deveria ter projetos voltados para a implantação de termelétricas a lixo, de forma a equacionar os dois problemas: do tratamento ambientalmente correto do lixo e de energia. Convém ressaltar, que no ano de 2001 o Brasil passou por problemas de racionamento de energia, o que ocasionou grandes prejuízos para a economia do país.

3.5.3 – A ACB e a economia médica

O uso da ACB para decidir a implementação de projetos que envolvem o cuidado com a saúde deve ser muito criterioso. Quando os benefícios resultantes de uma ação que fornece melhorias de saúde para uma população são maiores que os custos, não há problema em desempenhá-la. No entanto, nos casos em que os custos superam os benefícios, a decisão deve ser tomada com mais cuidado. Gewirt (1990) mostra dois exemplos que ilustram este fato. O primeiro cita o tratamento de pneumonia por antibiótico, que levou a uma economia na produção de aproximadamente £2,8 milhões por ano, causada pela redução de 750.000 dias de trabalho perdidos por causa da doença entre 1954 e 1967. Ao contrário, a campanha de imunização contra a pólio na Grã-Bretanha no final dos anos 40 e início dos anos 50 não deveria ter continuado porque os custos da imunização excederam o que teria sido o benefício total da doença (Gewirt, 1990).

Um trabalho mais recente de Almuneef e Memish (2003) mostra o resultado de um plano de gerenciamento de resíduos em um hospital da Arábia Saudita, que envolve a educação dos trabalhadores de cada departamento. Com poucos meses de implementação do plano, o acúmulo de resíduo hospitalar foi reduzido em mais de 58%, de 2000 kg/dia no ano de 1999, para 850 kg/dia no ano de 2000. Esta redução foi mantida até o ano de 2001, gerando uma economia de, aproximadamente, U\$18.000 por ano.

No Brasil, um estudo feito por Carrera-Fernandez e Garrido (2003), mostra a redução nos casos de diarreia de uma cidade com 106.362 habitantes, decorrentes da intervenção em coleta de lixo após investimentos em esgotamento sanitário e abastecimento de água: na população sem coleta de lixo foram registrados 14 casos

por semana e na população com coleta de lixo não foi registrado nenhum caso, ou seja, foram evitados 14 casos por semana, num total de 728 por ano. Sendo assim, o benefício indireto proveniente da redução de casos de diarreia, devido a projetos de coleta e disposição de lixo, será igual à redução esperada de casos de diarreia multiplicada pelo custo médio de um episódio da doença, que está estimado em U\$ 13,50. Neste caso seriam economizados U\$ 9.828,00 por ano, apenas na redução dos casos de diarreia nesta cidade.

Sendo assim, a ACB tem a vantagem de fornecer uma medida quantificada para a avaliação de investimentos sociais projetados e de outras políticas. No entanto, em alguns casos, as medidas monetárias da ACB podem levar a uma decisão errônea, já que nem todos os valores podem ser expressos desta forma.

3.6 - A incorporação do valor econômico total (VET) na ACB

O valor do meio ambiente é algo muito subjetivo, por isso a economia ambiental utiliza métodos para estimar o valor dos bens e serviços ambientais, e uma das maneiras de se fazer isto é por meio do VET. Por meio do VET, os economistas procuram medir todos os benefícios e custos ambientais envolvidos em um projeto. Na literatura concernente o VET é calculado somando-se o valor de uso (VU) ao valor de não-uso (VNU). O VU é definido como o valor real do meio ambiente, como por exemplo, a caça, a pesca, o ar puro. Já o VNU representa a satisfação das pessoas de saber que existe um ambiente protegido, mesmo que não haja um benefício em detrimento disto. Como exemplo, podemos citar o fato de pessoas defenderem a proteção da floresta Amazônica mesmo sabendo que dificilmente irá visitá-la. Conama (1996) apud Araújo (2002) destaca três formas para o Valor de Uso:

1. *Valor de uso direto*: é caracterizado pelo uso direto do recurso ambiental como fonte de matéria-prima, científicos e de lazer;
2. *valor de uso indireto*: está relacionado com as funções ecológicas ou do ambiente natural, pois alguns recursos armazenam muitas espécies que contribuem para a manutenção da biodiversidade; e
3. *valor de opção*: corresponde à disposição a pagar declarada pelas pessoas para garantir um uso futuro dos recursos ambientais.

Ao valor de não-uso é atribuído o valor de existência, no entanto, alguns autores (p.e. Pearce e Moran, 1994), agregam ao valor de não-uso o valor de legado (VL), ou seja, o valor vinculado aos benefícios que este ativo poderá trazer aos descendentes.

De acordo com Aiache (2003), caso todos os componentes do VET sejam conhecidos, a valoração será feita sem problemas. Contudo, a maioria dos bens ambientais não possui valor em mercados convencionais e nem mesmo são por eles considerados. Mesmo aqueles bens que fazem parte do mercado, contêm imperfeições que dificultam a valoração.

Um destes componentes do VET merece atenção especial, o valor de opção. Este valor é bastante controverso, pois supõe que pessoas devem abrir mão de benefícios atuais para garantir o futuro das próximas gerações. Segundo Brennan (1995), se os interesses das gerações futuras serão significativos na determinação de quanto devemos limitar as emissões de carbono, preservar a camada de ozônio, ou proteger espécies em extinção, dependem de se o valor de um dólar dos benefícios futuros vale menos do que o valor de um dólar dos custos presentes - é o que os economistas denominam *descontos*.

O desconto de custos e benefícios futuros é uma prática introduzida a partir da análise financeira para poder contabilizar a produtividade do capital. Nos anos mais recentes, alguns economistas ambientais têm sido influenciados por críticos que se preocupam com o fato de que o desconto simplesmente implica que os interesses do futuro são trivialmente considerados nos cálculos presentes (Randal, 1999).

Para Arrow et al. (2000), tanto a eficiência econômica como a equidade intergeracional exige que aos custos e benefícios experimentados nos anos futuros seja dado menos peso do que aos experimentados hoje, na tomada de decisão. A taxa em que os custos e benefícios futuros devem ser descontados dos valores presentes, geralmente não serão iguais à taxa de retorno no investimento privado. A taxa de desconto deve ser baseada então em como os indivíduos negociam o consumo atual pelo futuro. Dadas as incertezas ao identificar a taxa de desconto correta, é apropriado usar uma abrangência de taxas. Idealmente, a mesma abrangência de taxas de desconto deve ser usada em uma análise reguladora.

De acordo com o que foi citado anteriormente, a grande consideração a ser feita ao se avaliar benefícios ambientais futuros é o tamanho da taxa de desconto,

isto é, quanto maior a taxa de desconto, menor será o valor dos benefícios futuros em comparação com os custos anuais. E este é um motivo que leva a argumentos contra e a favor dos descontos.

Segundo Brennan (1995), o íntimo relacionamento entre taxas de juros e taxas de desconto é o caso óbvio a favor de descontos. Vejamos isto com um exemplo hipotético: supondo que um programa ambiental custando hoje U\$100 traria U\$150 em benefícios daqui a doze anos. Se outros projetos públicos ou empresariais geram 6% ao ano, porém, os benefícios futuros de U\$150 só “valeriam” hoje U\$75 após o desconto. Ao investir U\$100 hoje em um destes projetos alternativos, seria produzido U\$200 em benefícios em doze anos, deixando U\$50 a mais para o futuro. Neste exemplo, se compararmos o investimento ambiental com o alternativo, observamos que o primeiro não passa no teste de mercado de *lógica do custo de oportunidade* do desconto. De acordo com esta lógica, devemos descontar os benefícios futuros de um projeto atual para ver se os benefícios valem, no mínimo, o mesmo tanto para as pessoas no futuro, caso houvesse investimentos em pesquisa médica, educação, tecnologia e outros.

Já os críticos da lógica do custo de oportunidade afirmam que, normalmente, o desconto diminui o valor atual dos benefícios ambientais futuros. O argumento utilizado é que ameaças à vida e à natureza provocada, por exemplo, pelo desmatamento, são notoriamente difíceis de calcular. Muitos vêem como impossível comparar estes danos com “meros” benefícios econômicos que rendem do investimento em um projeto empresarial.

No entanto, enquanto a escassez dos recursos fizer com que as negociações entre a geração atual e a geração futura sejam inevitáveis, nenhuma consideração das políticas ambientais para beneficiar futuras gerações deve ignorar o custo de oportunidade do capital. Além disso, existem projetos que podem beneficiar ambos, como foi dito anteriormente.

A análise econômico-social de projetos é de fundamental importância para nortear a etapa de elaboração de programas e projetos específicos para gerenciamento de resíduos sólidos. É por meio da análise de projetos que o gestor de resíduos sólidos pode reconhecer os projetos economicamente viáveis e escolher, entre vários, o melhor para a comunidade. Somado a isto, a implementação de todos os projetos viáveis a um melhor gerenciamento de resíduos é impossibilitada pela escassez de recursos públicos. Daí a necessidade da

avaliação de projetos, para que o gestor possa ordenar os vários projetos economicamente viáveis e escolher aqueles que deverão ser implementados em primeiro lugar. Sendo assim, a avaliação de projetos permite uma hierarquização dos investimentos sob o ponto de vista técnico, de forma a compatibilizar a capacidade de investimento da sociedade com as suas necessidades.

CAPÍTULO 4

ASPECTOS ECONÔMICOS DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

4.1. A gestão integrada de resíduos sólidos

As características dos rejeitos quanto ao volume, origem, composição e periculosidade fazem com que a teoria econômica desenvolva um gerenciamento integrado de resíduos sólidos. Para Chermont e Motta (1996), um sistema integrado de resíduos sólidos visa obter respostas para duas questões de caráter geral.

A primeira está relacionada com a quantidade física do lixo a ser gerada, ou seja, à existência de um balanço ótimo entre a opção de reduzir a geração de lixo na fonte e os custos de tratamento, após o lixo ter sido gerado. A segunda consiste nas melhores combinações entre as diversas opções de destinação final de resíduos.

Chermont e Motta (1996), Connett (1998) e Hjeresen *et al* (2002) citam que a primeira preocupação deve consistir na minimização de resíduos na fonte, por meio da mudança de hábito de consumo e com o uso de tecnologias voltadas a diminuir a quantidade de insumos no processo produtivo.

Após esta etapa, segundo Chermont e Motta (1996), a adoção de um sistema integrado de gerenciamento de resíduos sólidos seguiria uma hierarquia de alternativas de disposição final, a saber: reutilização do material produtivo, reciclagem, recuperação de energia (incineração) e aterro sanitário.

4.2 – A prática de disposição em lixões e aterros

No Brasil, os lixões e aterros (controlados e sanitários) são as formas de destinação final mais utilizadas, apesar de causarem inúmeros impactos ambientais. No caso do lixão, os resíduos são dispostos no solo sem qualquer forma de tratamento.

Nos aterros controlados, segundo a NBR 8849/85 da ABNT, são utilizados processos de engenharia para confinar os resíduos. Células são escavadas no solo para a disposição dos resíduos, com cobertura diária aleatória, minimizando assim, os danos ambientais. Em contrapartida, o aterro não dispõe de impermeabilização

de base e nem de sistema de coleta e tratamento de chorume ou dispersão dos gases gerados, comprometendo assim os mananciais, as águas subterrâneas e a atmosfera.

Dados indicam que 76% dos municípios do país utilizam-se de lixões como destino final para os resíduos sólidos, outros 13% possuem aterros controlados, sendo que as regiões Norte e Nordeste lideram esta estatística (CEMPRE, 2000). Essas técnicas de disposição ainda são utilizadas nos países em desenvolvimento por causa dos baixíssimos custos econômicos de aterrar o lixo. No entanto, os demais custos desta tecnologia não são incluídos na análise, sendo imputados à população. Estes custos são decorrentes da contaminação da água utilizada nas residências e na irrigação, da geração de vetores e disseminação de doenças, eliminação de gases que destroem a camada de ozônio e vários problemas sociais.

A terceira prática de disposição mais utilizada pelos municípios é o aterro sanitário⁴. Para a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (*apud* Barba, 2002), aterro sanitário é um processo usado para dispor o lixo sólido no solo, em especial o domiciliar. Neste método, os resíduos são compactados e cobertos por camadas de terra, servindo como base para uma nova camada de resíduos. A base do aterro deve ser impermeabilizada e afastada de corpos d'água, permitindo o tratamento e controle do chorume (Valle, 1995 *apud* Gomes, 2002).

Um estudo feito por Calderoni (1998) mostrou que no município de São Paulo haviam oito aterros concluídos: cinco em manutenção, dois em operação e um aterro para descarga de material inerte. O estudo ilustra que entre dezembro de 1994 e agosto de 1996, aproximadamente 16% dos dispêndios com os aterros do município eram destinados para aqueles em manutenção. Isto mostra que além dos custos com a operação dos aterros, o estado passa anos investindo recursos nos mesmos para minimizar os efeitos negativos para o meio ambiente e a população. De acordo com Menezes (2001), os custos com o monitoramento do aterro, se estende por mais vinte anos após o esgotamento de sua vida útil e o seu encerramento de operação.

Atualmente, os únicos aterros em operação no município de São Paulo são o Aterro Bandeirantes e o Aterro Sítio São João, ambos sanitários, além do aterro de inertes de Itaquera. Os três juntos recebem, em média, 17 mil toneladas de lixo por

⁴ Dez por cento dos municípios do Brasil contam com aterros sanitários (CEMPRE, 2000).

dia, produzidos pelos 10 milhões de habitantes de São Paulo (Franzon, 2005). No entanto, segundo Franzon (2005), há uma previsão do Departamento de Limpeza Urbana do Município de São Paulo, de que os dois aterros sanitários estão em rota irreversível de saturação.

A destinação a ser dada para o lixo da capital paulista está sendo discutida entre os especialistas na área de resíduos sólidos. As opções são a incineração, a compostagem, a ampliação da coleta seletiva ou a busca de novas áreas para a instalação de aterros. O que se pode concluir é que nenhuma das alternativas será eficiente, se aplicada isoladamente. A utilização de aterros sanitários não deve ser descartada, já que todos os processos de tratamento geram resíduos. Mesmo assim, deve-se ressaltar que os custos operacionais dos aterros vêm crescendo continuamente e as áreas próximas às grandes cidades são escassas e cada vez mais caras.

Além disso, a disposição em aterro sanitário não é uma solução adequada para resíduos instáveis, perigosos, com alto teor de umidade e que possuam valores a recuperar. Ou seja, este método deve ser utilizado apenas para dispor os resíduos da compostagem, da reciclagem e da incineração com recuperação de energia (cinzas).

4.3 - A compostagem

A compostagem consiste na transformação de material orgânico por meio de processos físicos, químicos e biológicos, de microorganismos como bactérias aeróbias e anaeróbias, produzindo por processo metabólico um composto rico em nutrientes (Lima, 1995 *apud* Barba, 2002). O composto orgânico é um fertilizante utilizado na agricultura com o objetivo de melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo. Além de rico em nutrientes como, por exemplo, Nitrogênio (N), Potássio (K) e Fósforo (P), o composto possui um custo muito baixo, por ser produzido a partir de matéria-prima de pouco ou nenhum valor econômico. Além disso, o lixo que seria destinado a aterros ou disposto na natureza sem qualquer tratamento, gera recursos para a população.

Um estudo realizado na Usina de Irajá, município do Rio de Janeiro, no período de 1998/1999, determinou os valores de mercado e agrícola associados ao fertilizante orgânico (FERTILURB) da COMLURB. Foram coletadas 10 amostras em

duplicata do composto orgânico, a intervalos variáveis de 17 até 45 dias, durante o período de setembro de 1998 a junho de 1999 das leiras de fertilizante pronto para distribuição, conforme determina a Portaria nº 1 de 04/03/83 do Ministério da Agricultura (Kiehl, 1985 apud Azevedo *et al*, 2001). As análises laboratoriais químicas revelaram que os teores de nutrientes (NPK), variaram entre 1,67% e 2,31%. Isto é, a aplicação de 15 t/ha do FERTILURB contém, aproximadamente, a mesma quantidade de NPK de uma tonelada da formulação (10-10-10) de fertilizantes minerais mais comercializados⁵.

Já a análise econômica, demonstrou que o composto alcançou valores de mercado entre U\$ 13/t e U\$ 19/t no período de 1998/1999, com preço médio de 16U\$/t. Finalmente, comparando-se o valor do NPK encontrado no FERTILURB com o fertilizante mineral representativo, o preço do produto da Companhia Municipal de Limpeza Urbana (COMLURB) é um pouco mais alto. No entanto, o teor da matéria orgânica e dos nutrientes encontrados neste tipo de composto, confere-lhe propriedades e características que nenhum fertilizante mineral proporciona ao solo (Kiehl, 1998b apud Azevedo *et al*, 2001). De acordo com o autor, o fertilizante orgânico é constituído por macronutrientes (cálcio, magnésio e enxofre), por micronutrientes (zinco, ferro, cobre, manganês, molibdênio, boro e cloro) e 48% de matéria orgânica. Desta forma, além de gerar recursos suplementares para o produtor, o composto possui um alto valor social, pela eventual contribuição ao incremento de atividades de interesse da comunidade.

Segundo o CEMPRE (2005), a quantidade de componentes orgânicos no lixo é inversamente proporcional ao nível de desenvolvimento do país. Enquanto a taxa deste tipo de resíduo nos Estados Unidos e na França é de, respectivamente, 12% e 23%, na Índia este percentual chega a 68%. No Brasil, cerca de 60% do lixo coletado é orgânico. Mesmo assim, apenas 1,5% deste lixo gerado no Brasil é reciclado (“compostado”). Em 2003 no estado de São Paulo, foram produzidas 16 mil toneladas por dia, sendo compostado apenas 2%. Em Minas Gerais, considerando somente as áreas urbanas, quatro por cento dos resíduos orgânicos gerados foram compostados no mesmo ano (CEMPRE, 2005).

Isto mostra que o uso da compostagem ainda é muito pouco explorado no país, levando-se em consideração a sua eficiência, sendo necessária a

⁵ O termo (10-10-10) expressa as formulações dos fertilizantes N-P-K em porcentagem.

implementação de políticas públicas que aumente a quantidade de lixo compostado. No entanto, é importante ressaltar, que a presença de metais pesados, cacos de vidro, plásticos e outros inertes polui o composto orgânico, ou seja, a técnica só será eficaz se acompanhada de investimentos em projetos de coleta e reciclagem, objeto de estudo da próxima seção.

4.4 – A Reciclagem

A reciclagem é apontada por muitos como a solução mais adequada para a destinação final dos resíduos sólidos. Para Gomes (2002), essa alternativa permite o reaproveitamento dos resíduos como matéria-prima, reincorporando-os ao processo produtivo e reduzindo o seu impacto ambiental. Mesmo assim, são encontrados alguns aspectos negativos nesta técnica, que podem vir a torná-la economicamente e ambientalmente ineficaz em alguns casos.

O principal problema relacionado à reciclagem consiste na coleta. A coleta tradicional pode inviabilizar o processo, pois o lixo orgânico acaba por contaminar os materiais recicláveis. Já a coleta seletiva possui um custo que chega a ser 10 vezes superior ao da coleta convencional, isto porque esta modalidade requer uma organização específica de coleta, transporte e transferência com custos mais altos (Motta e Sayago, 1998). Em contrapartida, programas educacionais envolvendo assistência social, atividade econômica e conscientização ecológica têm aumentado a fração de lixo coletada seletivamente e diminuído substancialmente o custo de coleta.

Assim como é feita uma análise do nível ótimo de poluição pela economia ambiental, será apresentada a seguir uma abordagem de Chermont e Motta (1996), do nível ótimo de reciclagem.

Inicialmente serão apresentados os custos e benefícios decorrentes da reciclagem. Incluídos nos custos, além dos danos ambientais e de saúde causados à população, relativos às externalidades implicadas por tal alternativa de gerenciamento de resíduos sólidos, podem ser listados:

- atividades de coleta, triagem e transporte; e
- reprocessamento do material reciclado.

Em contrapartida, os benefícios a serem considerados pela atividade recicladora são:

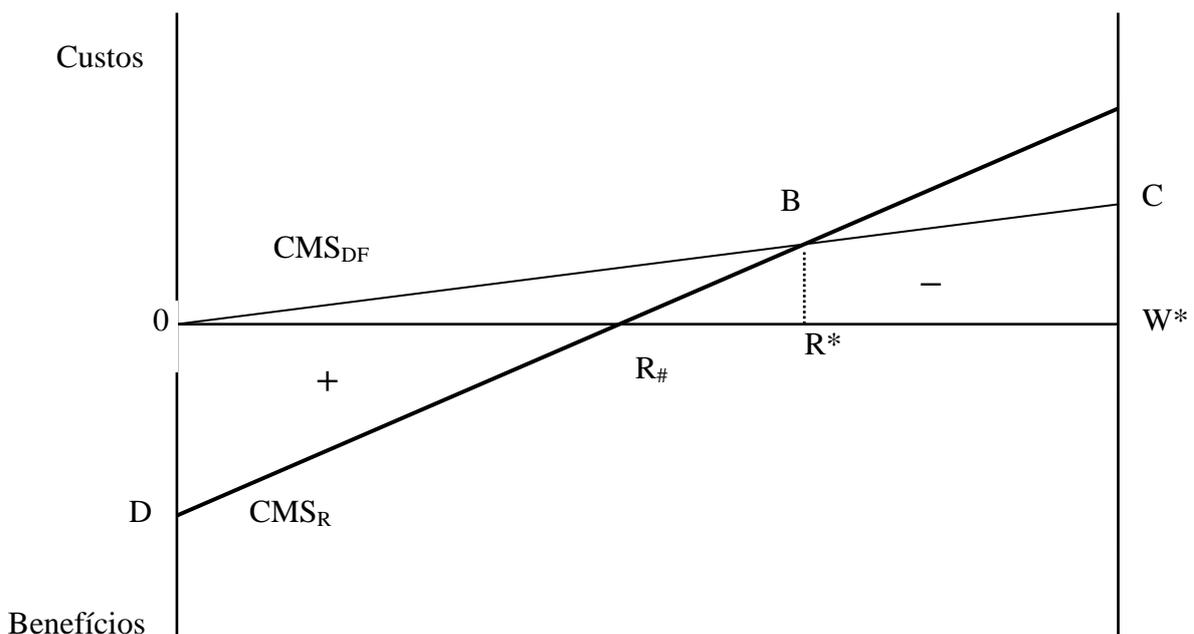
- custos privados evitados com outras formas de disposição final;
- custos externos evitados com outras alternativas de disposição final;
- receita de venda de material reciclado.

A figura 4.1 apresenta o nível ótimo de reciclagem, onde:

CMS_R = Custos Marginais Sociais de Reciclagem;

CMS_{DF} = Custos Marginais Sociais de Disposição Final.

Figura 4.1 – Nível Ótimo de Reciclagem



Fonte: Chermont e Motta (1996, p. 10).

O eixo horizontal, $0W^*$, retrata a quantidade total ótima de lixo gerado, resultante da implementação de programas de reduções de geração de lixo na fonte. Já o eixo vertical mostra os custos e os benefícios relacionados.

Analisando o gráfico, pode-se observar que a CMS_R inicia-se no ponto D, abaixo do ponto de origem (0), mostrando que a reciclagem é economicamente lucrativa até o ponto $R_{\#}$, ou seja, a partir desse ponto de equilíbrio, reciclar unidades

extras de lixo implica custos mais elevados que receitas com vendas de material reciclado.

No entanto, o nível ótimo de reciclagem para aquela sociedade é dado pela intersecção entre a CMS_R e a CMS_{DF} ⁶ (ponto *B*), representado por R^* no eixo horizontal. Sendo assim, os custos sociais mínimos de disposição (inclusive reciclagem) pode ser visualizado pela área localizada abaixo das curvas de custos marginais ($R_{\#}BR^* + R^*BCW^* - ODR_{\#}$), que representam valores totais, refletindo, portanto, os custos sociais totais de reciclagem agregados aos custos totais de disposição final deduzidos de qualquer benefício de reciclagem.

Concluindo esta análise, é importante salientar que o nível ótimo de reciclagem (R^*) difere do nível considerado de equilíbrio de mercado desta atividade⁷ ($R_{\#}$). Evidencia-se, desta forma, que em função das externalidades inerentes à questão do gerenciamento de lixo, o nível ótimo de reciclagem não pode ser alcançado somente a partir de livres forças de mercado. São necessárias iniciativas de incentivo à reciclagem (governamentais ou não-governamentais) até o ponto em que as perdas marginais se igualem aos custos marginais de disposição evitados.

Programas deste tipo foram desenvolvidos em vários municípios aumentando substancialmente a quantidade de lixo reciclada no Brasil. O programa **Coleta seletiva, um serviço 100%** é um exemplo. Desenvolvido pelo Departamento Municipal de Limpeza Urbana de Porto Alegre, ao longo de sete anos, o projeto conseguiu mobilizar grande parte da população gaúcha para coletar seletivamente o lixo (CEMPRE, 1997). Segundo levantamento da Universidade Federal de Caxias do Sul, somente nos seis primeiros anos de vigência, o programa recuperou 28.200 toneladas de lixo seco, destes, 7.400 toneladas de papel e 4.300 toneladas de vidro, preservando 252 mil pés de eucalipto e 5 mil toneladas de areia.

Um estudo feito por Gomes (2002), na cidade de Catalão-GO⁸, mostra que a implantação de um centro de triagem de resíduos sólidos para vendê-los para centros de reciclagem e de uma usina de compostagem, com coleta convencional, é altamente viável na cidade. O trabalho apresenta que o custo anual para destinar o lixo em um aterro sanitário é de U\$ 212,784.00. Ao final de 10 anos, o custo total

⁶ Pode-se observar no gráfico 3.1, que a CMS_{DF} inicia no ponto de origem em relação ao eixo vertical, dada a inexistência de receitas providas desta alternativa de gerenciamento de lixo.

⁷ Isto ocorre devido a existência de vantagens da reciclagem sobre a disposição final de lixo.

⁸ A cidade de Catalão possui uma população de 65.000 habitantes.

seria de U\$ 2,127,840.00. Em um outro cenário, caso a cidade decida continuar com o lixão, destino final utilizado para o lixo, os custos estimados seriam de U\$ 145,080.00 anuais⁹. Convém ressaltar, que esta prática constitui crime ambiental.

No cenário economicamente e ambientalmente ideal, coleta convencional com reciclagem e compostagem, ao final de 10 anos, a cidade de Catalão teria um benefício líquido de U\$ 283,041.00, utilizando uma TIR (Taxa Interna de Retorno) de 18% ao ano. Neste caso, seria necessária a utilização de um aterro sanitário para dispor os resíduos da reciclagem/compostagem e de materiais não-recicláveis (p.e. resíduos hospitalares, tóxicos, dentre outros).

A implantação de projetos e programas como estes, estão levando o Brasil a ocupar lugar de destaque na reciclagem de latas de aço e alumínio. Segundo o CEMPRE (2004), o Brasil iguala-se aos países da Europa na reciclagem de plástico, está próximo aos níveis de recuperação de papel ondulado dos Estados Unidos e lidera a reciclagem de embalagem longa vida entre os países em desenvolvimento. O mesmo estudo apresenta que 8% do lixo produzido no país é reciclado. No entanto, o aumento na quantidade de lixo gerado é proporcional ao crescimento populacional, e como vimos na figura 4.1, após o nível ótimo, a reciclagem deixa de ser viável. Países como Alemanha, Suíça e Dinamarca, além de ocuparem posições de destaque em níveis de reciclagem, utilizam a incineração com recuperação de energia para tratar boa parte dos resíduos sólidos produzidos.

4.5 – A Incineração

A incineração aparece como uma possível solução para a problemática dos resíduos sólidos nos grandes centros urbanos, por ser um processo que reduz drasticamente o peso (em até 70%) e o volume (em até 90%) do lixo por meio da combustão controlada, que varia entre 800 °C e 1.200 °C, tendo como destino final na maioria dos casos, um aterro sanitário. Além de resolver o problema do espaço nas metrópoles, o processo da queima dos resíduos sólidos tende a sanar dificuldades relacionadas à toxicidade dos lixos perigosos, como por exemplo, os resíduos hospitalares e industriais.

⁹ Estes custos referem-se à varrição e coleta convencional (Gomes, 2002).

Antes de iniciar as argumentações contra e a favor da incineração como uma alternativa do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, será feito um breve registro da evolução da incineração no mundo, começando em 1950, já que as plantas anteriores a esta data eram demasiadamente incipientes (Menezes *et al*, 2000).

Na primeira geração (1950-1965), as plantas tinham como função apenas a redução do volume do lixo. Não havia tratamento de gases e a concentração de poeira¹⁰ atingia níveis de 1000mg/Nm³. Entre 1965 e 1975, surgem os primeiros sistemas de proteção ao meio ambiente, reduzindo as emissões a 100 mg/Nm³. Além disso, com o objetivo de melhorar a eficiência da queima, os incineradores eram equipados com câmara dupla. Nessa geração, aparecem as primeiras plantas com grandes capacidades e projetos para recuperação de calor com o intuito de gerar energia. A 3ª geração (1975-1990) é caracterizada, no mundo desenvolvido, pelo desenvolvimento das normas de proteção ambiental e pelo aumento da performance energética. São introduzidos os complexos sistemas de lavagens de gases para reduzir as emissões de gases ácidos, com a neutralização de HCl (Ácido Clorídrico), SOx (Óxido de Enxofre), HF (Ácido Fluorídrico) e metais pesados. Há melhoria nos processos de combustão dos orgânicos e das caldeiras, além da automação centralizada.

Atualmente, devido o aumento das pressões dos movimentos verdes, nos sistemas de 4ª geração, o tratamento de gases é modernizado e são utilizados sistemas para a remoção de poluentes como Nox (Óxido Nitroso), dioxinas e furanos. Nesta fase, surgem as tecnologias de tratamento para a produção de resíduos finais inertes, que podem ser reciclados ou dispostos no meio ambiente, além do uso do plasma térmico. Vários processos anteriores à incineração estão sendo sofisticados para aumentar a homogeneização, baixar a umidade e melhorar o poder calorífico do lixo, com o objetivo de transformá-lo em combustível de qualidade para a máxima produção energética.

Alguns autores (Connett, 1998; Grinberg, 2002 e Scarlato, 1992 apud Barba, 2002) argumentam que a incineração requer um criterioso controle de todo o processo, para que a fumaça resultante da queima não constitua nova fonte de

¹⁰ Os níveis de concentração dos sistemas modernos atingem até 3 mg/Nm³ (Menezes *et al*, 2000).

poluição. Os gases formados na combustão são, por exemplo, o cloreto de hidrogênio, o óxido de Nitrogênio, além de metais tóxicos, dioxinas e furanos.

De acordo com Connett (1998), as emissões tóxicas provocadas pela incineração que mais agredem o meio ambiente e a saúde humana são as dioxinas. Um dos problemas apresentados pelo autor consiste na formação de dioxina pós-combustão. Em 1985, no *Simpósio Internacional sobre dioxinas*, ocorrido em Bayreuth-Alemanha, dois grupos demonstraram que temperaturas altas isoladas não poderiam resolver o problema da dioxina, já que elas poderiam ser formadas novamente depois que os fluxos de gás deixassem a câmara de combustão. Além disso, o autor enfatiza que há incidência de dioxina na cinza suspensa no ar, dificuldade de monitoramento contínuo, aumento da preocupação com os níveis atuais de dioxinas e facilidade de captura das dioxinas pela cadeia alimentar.

No entanto, nos incineradores modernos existem sistemas de tratamento com lavagem dos gases e retenção de particulados, objetivando minimizar os danos ao meio ambiente. Segundo Menezes *et al* (2000), nos sistemas de 4ª geração, conforme citado anteriormente, as emissões para a atmosfera ou corpo líquido estão bem abaixo dos níveis de exigências nacionais e internacionais, mesmo as mais rigorosas. Estes sistemas são desenhados para cada tipo de resíduo a ser processado, mas, de forma abrangente, eles estão baseados em um sistema clincher, lavagem ácida de halogênios, lavagem alcalina e remoção final com lavador de aerossóis ou filtros manga. Uma matéria publicada na Revista Meio Ambiente Industrial (2001), cita que uma empresa de tecnologia de ponta da Europa desenvolveu a combustão com duas câmaras: a temperatura na primeira até 850 °C e na segunda 1.200 °C. De acordo com a empresa, esta metodologia, juntamente com a limpeza de gases com vários filtros, não permite a emissão de tóxicos perigosos como dioxinas e furanos. Por outro lado, estes sistemas exigem gastos demasiadamente elevados, chegando a custar um valor maior que o do próprio incinerador.

Mesmo assim, devido ao desenvolvimento tecnológico, muitos países têm utilizado incineradores para tratar os resíduos sólidos, devido ao alto custo de áreas destinadas à instalação de aterros, a necessidade de tratamento de resíduos especiais e a possibilidade de recuperação de energia. Países como Japão, Estados Unidos, Alemanha e Suíça, incineram boa parte de seus resíduos. Neste último, a

obrigatoriedade da incineração será introduzida na OTW¹¹, a partir de janeiro de 2000, para reduzir o máximo possível o impacto ambiental dos resíduos depositados em aterros sanitários (Acaia *et al*, 1998). Segundo Menezes (2001), uma criteriosa análise de impacto ambiental, ponderada em relação à adoção da solução de aterro, mostrará um indicador de impacto positivo em decorrência de inúmeros fatores, tais como:

- Redução drástica da necessidade de espaço para a instalação, sendo desnecessária qualquer agressão ao meio ambiente no sentido de criar novas áreas para aterro;
- Redução da emissão de gás metano produzida em aterros (a emissão de metano é 25 vezes mais prejudicial ao efeito estufa do que o gás carbônico);
- Redução nas distâncias a serem percorridas por caminhões para levar o lixo a aterros cada vez mais distantes, com as conseqüentes agressões por emissões dos veículos, impacto sobre as estradas e sobre o trânsito;
- Eliminação dos efeitos de contaminação do lençol freático e dos mananciais de água potável subterrâneos;
- Eliminação dos problemas sociais, de higiene e de saúde decorrentes das populações que sobrevivem das catações nos aterros, com a conseqüente eliminação dos custos sociais e hospitalares arcados pelo município;
- Reaproveitamento energético do lixo em ciclo de cogeração gerando energia elétrica, produzindo vapor, água quente, água gelada com eficiência energética elevada.

É importante ressaltar que estudos de impacto ambiental não são capazes de contabilizar, em valores monetários, os ganhos da maioria dos efeitos acima descritos, mas que são benefícios inquestionáveis para o município e para a população.

Principalmente nos grandes centros urbanos, com o crescente progresso tecnológico na recuperação calorífica do lixo, a incineração pode vir a dominar o mercado de tratamento de resíduos sólidos (Menezes, 2001). Segundo o CEMPRE (2002), uma unidade de incineração com capacidade de 1.800 ton/dia de resíduos

¹¹ OTW – Regulamento sobre Tratamento de Lixo (Acaia *et al*, 1998).

sólidos municipais na cidade de São Paulo, e gerando energia elétrica a uma eficiência de cerca de 18,5%, exigiria um investimento direto de, aproximadamente, 90 milhões de dólares. Para um preço de venda de energia a U\$ 50 MWh, calcula-se que o preço de disposição dos resíduos ficaria em torno de 25 a 27 dólares a tonelada, valores próximos do custo atual de disposição via aterro sanitário, já incluídos, remuneração de capital e custo de disposição das cinzas geradas.

Finalmente, algumas ponderações devem ser feitas com relação a estas informações: i) para alcançar maior eficiência energética é necessário menor umidade dos resíduos, desta forma, haveria um menor investimento em políticas públicas para incentivar a reciclagem; e ii) o preço real de venda de energia está em torno de U\$ 18,00/MWh.

O próximo capítulo estuda a viabilidade de um projeto de incineração de resíduos sólidos no Distrito Federal (DF), considerando a sua eficácia na redução do volume, destruição das características de alta periculosidade dos resíduos, especialmente dos hospitalares e, de maneira mais específica, a sua eficiência econômica e ambiental, comparada à disposição em aterro.

CAPÍTULO 5

ESTUDO DE CASO: ACB DO INCINERADOR DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO P-SUL – DF

5.1 – Situação do Lixo no Distrito Federal

Este estudo de caso consiste na análise da viabilidade econômica e ambiental da incineração de resíduos sólidos de saúde do Distrito Federal. Porém, antes será feita uma apresentação sobre a situação do lixo no DF.

O Distrito Federal dispõe de um complexo para coleta, tratamento e disposição final de resíduos sólidos, a saber¹²:

- uma sede administrativa;
- 14 distritos de limpeza descentralizados;
- usina de tratamento de lixo (UTL): situada às margens do Lago Paranoá e inaugurada em 1963. O processo de tratamento (DANO) é de tecnologia dinamarquesa. Tem capacidade nominal de tratamento de 250 t/dia de lixo, porém, está processando na faixa de 60 a 100 t/dia;
- usina central de tratamento de lixo: situada às margens no Setor P-Sul em área especial na Ceilândia e inaugurada em 1986. O processo de tratamento (TRIGA) é de tecnologia francesa. Tem capacidade nominal de tratamento de 600t/dia, porém, está processando na faixa de 200 a 250 t/dia.
- usina de compostagem e reciclagem de Brazlândia: construída para tratar o lixo proveniente da coleta seletiva em Brazlândia. Inaugurada em 1992, está processando cerca de 80 t/dia de lixo.
- usina central de coleta seletiva (UCTL): situada ao lado da UTL, foi construída para receber o lixo inorgânico do Plano Piloto, coletando seletivamente.
- usina de incineração de lixo especial: inaugurada em 1985, está situada na mesma área da UCTL na Ceilândia. Tem capacidade para incinerar cerca

¹² Disponível em: <http://www.belacap.df.gov.br>. Acesso em:10/10/2005.

de 30 t/dia, preferencialmente o lixo hospitalar, animais mortos, produtos impróprios para o consumo, drogas e entorpecentes, documentos sigilosos, etc.

- aterro controlado do Jóquei (estrutural): situado às margens da via estrutural, é o principal local de destinação final de lixo do Distrito Federal, já que recebe cerca de 90% do lixo no Distrito Federal. Existe a mais de 30 anos e, atualmente, conta com projeto para recuperação da área degradada e reutilização como aterro sanitário.

Em 2004, foram coletadas, aproximadamente, 608.850 toneladas de lixo no DF, exceto entulho. No aterro do Jóquei, foram dispostas, a céu aberto, cerca de 596.330 toneladas de lixo, sendo composto por grande parte do lixo domiciliar coletado, parte de entulho e rejeitos das usinas de tratamento de lixo, incluindo a usina de incineração¹³.

A empresa responsável pelo tratamento e disposição do lixo no DF, coleta apenas 2.300 toneladas do lixo seco reciclável, no entanto, existem várias cooperativas que fazem este trabalho, gerando renda para diversas famílias e evitando a disposição do lixo no aterro do jóquei¹⁴. A Cooperativa 100 Dimensão, por exemplo, faz a coleta de 90 a 120 toneladas por mês de lixo seco nas casas e em órgãos públicos. A separação dos materiais é feita em um galpão no Riacho Fundo II, cidade satélite de Brasília, onde são produzidas caixas de papelão e artesanatos, e o restante do lixo é vendido para empresas de reciclagem por meio de cotação. Além de tratar o lixo, que teria como destino um aterro, a iniciativa gera renda para mais de 150 associados.

Por fim, cerca de 174.300 toneladas de lixo orgânico coletado no DF é reciclado (compostado), por ano, na usina central de tratamento de lixo localizada no P-Sul¹⁵. Este centro de tratamento fica na mesma área da Usina de Tratamento de Lixo Especial, objeto de estudo desta ACB.

¹³ Disponível em: <http://www.belacap.df.gov.br>. Acesso em: 10/10/2005.

¹⁴ Disponível em: <http://www.belacap.df.gov.br>. Acesso em: 10/10/2005.

¹⁵ Disponível em: <http://www.belacap.df.gov.br>. Acesso em: 10/10/2005.

5.2 – Etapas da ACB

5.2.1 – Primeira etapa: definição do projeto

a) Denominação do projeto e localização:

Incinerador de resíduos sólidos especiais

O incinerador de resíduos sólidos está localizado na QNP 28 AE s/n Setor P-Sul, na cidade satélite de Ceilândia-DF, Brasil. Esta planta foi projetada para tratar, preferencialmente, os resíduos sólidos hospitalares, animais mortos, documentos sigilosos, produtos impróprios para o consumo, drogas e entorpecentes da comunidade do Distrito Federal.

O DF está situado a 1.172 m de altitude, com uma extensão de 5.789,16 Km² e uma densidade demográfica de 354,3 hab./km², com crescimento demográfico de 2,82% ao ano. A vegetação é o cerrado e o clima é tropical de savana e temperado chuvoso de inverno seco. A temperatura média é de 20,5° e a umidade relativa do ar varia entre 40% e 70%. A participação no PIB é de 1,8% e tem como principais produtos, agrícolas: café, goiaba, laranja, limão, mamão, manga e tangerina; minerais: água mineral, calcário e dolomita; extrativismo vegetal: madeira. As atividades industriais do Distrito Federal são: construções civis, gráficas e de transformação. O consumo energético do Distrito Federal em 2001 foi de 3.319 Gwh¹⁶.

b) População de ganhadores e perdedores a ser considerada

O Distrito Federal (DF) tem uma população de aproximadamente 2.300.000 habitantes. São produzidas no DF, em média, 20 ton/dia de resíduos sólidos especiais¹⁷. O Estado não possui destinação final correta para este tipo de material, a não ser o incinerador de resíduos sólidos. Caso este lixo não seja tratado nesta unidade de tratamento de lixo (UTL), ele será disposto no lixão da via estrutural, próximo ao Parque Nacional. Nesta localidade várias famílias

¹⁶ Disponível em: <http://www.districtofederal.df.gov.br/>. Acesso em: 10/10/2005.

¹⁷ Informações coletadas por meio de questionário (anexo G).

sobrevivem da catação de lixo e, além disso, no Parque Nacional existe a represa Santa Maria, cuja água é utilizada para abastecer o Plano Piloto.

Todo o lixo hospitalar produzido no Distrito Federal é tratado no incinerador de resíduos sólidos, que funciona 24 horas por dia, ininterruptamente. O lixo é captado em sua fonte de geração e conduzido diariamente ao incinerador. Após esta etapa o lixo é incinerado a uma temperatura média de 1.200 °C, onde perde 83% do peso, mais de 90% de seu volume e suas características nocivas ao homem¹⁸. Em consequência, a população de ganhadores pela realização desse projeto são: i) os habitantes do Plano Piloto e via estrutural; ii) os catadores do Lixão; e iii) os usuários do Parque Nacional.

Podem ser considerados perdedores, todos da população que não sofrem um impacto direto ou indireto deste projeto, por conta do custo de oportunidade do dinheiro público destinado para o mesmo. Caso este projeto não fosse implementado estas pessoas poderiam ser beneficiadas por um outro projeto.

c) Objetivos

- Evitar o despejo do material em locais impróprios; e
- aproveitar o poder calorífico do lixo.

Neste contexto, a incineração dos resíduos infecciosos evita diversos males à população, dentre eles, podemos citar:

- o encaminhamento seguro dos resíduos, de forma eficiente, visando a proteção dos trabalhadores, a preservação da saúde pública, dos recursos naturais e do meio ambiente;
- reduzir o volume e o peso dos resíduos, gerar resíduos inertes e recuperar energia;
- utilizar as cinzas provenientes da incineração (aproximadamente 110 ton/mês) como agregado de asfalto para pavimentação de estradas;
- aproveitamento calorífico do lixo para geração de energia elétrica.

¹⁸ Informações coletadas por meio de questionário (anexo G).

5.2.2 – Segunda etapa: identificação dos impactos do projeto

Quadro 5.1 – Impactos Positivos e Negativos do Projeto

IMPACTOS DO PROJETO	
a) Saúde	<p>POSITIVOS</p> <ul style="list-style-type: none">- Evita a incidência de doenças e moléstias relacionadas à poluição da água e do solo;- reduz o gasto com tratamento médico;- redução da taxa de mortalidade e morbidez; e- proteção das comunidades de catadores de lixo e da Estrutural. <p>NEGATIVOS</p> <ul style="list-style-type: none">- Poluição atmosférica caso não haja um tratamento adequado dos gases provenientes da incineração;- contaminação dos trabalhadores do incinerador caso não exista um controle rígido com relação a medidas de proteção; e- a operação inadequada pode gerar odores desagradáveis.
b) Atividades recreativas	<p>POSITIVOS</p> <ul style="list-style-type: none">- eliminação do lançamento dos resíduos infecciosos lançados a céu aberto sem tratamento adequado, evitando a poluição do Parque Nacional; e- diminuição da potencialidade de contaminação dos resíduos que poluem o lençol freático e, conseqüentemente, a represa Santa Maria; <p>NEGATIVOS</p> <ul style="list-style-type: none">- Caso não haja tratamento adequado do lixo, as cinzas podem provocar efeitos adversos à saúde dos usuários do Parque Nacional.
c) Produção energética	<p>POSITIVOS</p> <ul style="list-style-type: none">- Aproveitamento do potencial energético do lixo para geração de energia elétrica. <p>NEGATIVOS</p> <ul style="list-style-type: none">- Efeitos adversos à saúde pelas inadequadas medidas de proteção.

5.2.3 – Terceira etapa: identificação dos impactos economicamente relevantes

Neste estudo, o tratamento do lixo, especialmente de origem hospitalar, tem como objetivo o aumento da qualidade ambiental e do bem-estar da sociedade, dado o alto teor de periculosidade deste tipo de resíduo e do seu aproveitamento energético. Segundo Hanley e Spash (1993), o aumento na quantidade e na qualidade dos bens para a sociedade são os impactos positivos (benefícios) e os decréscimos na qualidade e quantidade dos bens, além dos custos com recursos para a implantação do projeto são considerados impactos negativos (custos).

Quadro 5.2 – Impactos Economicamente Relevantes

IMPACTOS ECONOMICAMENTE RELEVANTES
POSITIVOS (BENEFÍCIOS) <ul style="list-style-type: none">• Redução dos gastos com tratamento médico pela diminuição de doenças e moléstias relacionadas à poluição da água e do solo;• aumento da renda dos catadores, devido a não contaminação do lixo pelos resíduos especiais;• incremento no bem-estar social resultante da redução da taxa de morbidez e mortalidade;• aumento do bem-estar social com a eliminação do lançamento de resíduos infecciosos próximo ao Parque Nacional. Maior número de pessoas usufrui do parque em decorrência da não poluição do mesmo; e• produção de energia elétrica para utilização na usina de incineração e dependendo do poder calorífico do lixo e da quantidade de lixo incinerado, a energia pode ser aproveitada para o abastecimento da usina central de tratamento de lixo, situada na mesma área do incinerador.
NEGATIVOS (CUSTOS) <ul style="list-style-type: none">• Custos operacionais da usina de incineração, incluindo o sistema de lavagem de gases; e• custos de instalação e operação da planta de recuperação energética.

5.2.4 – Quarta etapa: quantificação dos impactos relevantes

Os cálculos dos custos e benefícios realizados nesta etapa são realizados com certos níveis de incerteza, já que é necessário estimar os valores correntes e identificar em quanto tempo ocorrerá. Desta forma, os investimentos na instalação e manutenção da planta de incineração e os benefícios oriundos da produção de energia são, em parte, fáceis de mensurar, já os efeitos adversos à saúde são muito difíceis de prever. A quantificação dos impactos segue o curso do quadro 5.3.

5.2.4.1 – Quantificação dos impactos positivos ou benefícios

Quadro 5.3 – Quantificação Física dos Impactos

IMPACTO	QUANTIFICAÇÃO FÍSICA
1. Redução da taxa de morbidez e mortalidade, e conseqüente diminuição dos gastos com tratamento médico.	A não-contaminação do solo e da água pelo chorume oriundo dos resíduos hospitalares, preservando a salubridade pública de boa parte dos 2.300.000 habitantes do DF.
2. Aumento da renda dos catadores de lixo do aterro do Jockey e Parque Nacional potencialmente menos poluído.	20 toneladas de resíduos hospitalares são tratadas por dia, evitando a contaminação de materiais recicláveis e das águas próximas ao Parque Nacional de Brasília.
3. Produção de energia.	O aproveitamento do poder calorífico do lixo para utilização no próprio sistema.

Os impactos e respectivas quantificações físicas constantes no quadro 5.3 serão detalhados a seguir:

1) PRESERVAÇÃO DA SALUBRIDADE PÚBLICA DE MORADORES DO DF

Quando o incinerador de resíduos especiais não está operando, o resíduo hospitalar é disposto a céu aberto no aterro do jóquei, sem nenhum tratamento prévio. Esta prática gera a proliferação de doenças e pode até causar mortes em alguns casos, devido o alto grau de periculosidade dos resíduos, já que 25% dos resíduos gerados em instituições de saúde são infecciosos. Além da contaminação do ar e do lençol freático, que incide sobre áreas distantes do aterro, o chorume polui o solo e as águas dos rios e nascentes próximas. Vários estudos mostram a preocupação com o monitoramento da qualidade das águas subterrâneas existentes em áreas de disposição de resíduos, já que populações distantes correm o risco de estar consumindo água de um lençol contaminado (Kjeldsen *et al*, 1998 apud Sisino, 2002).

Ainda assim, segundo cadastro do GDF, 25 mil pessoas moram na Estrutural, área próxima ao aterro do jóquei invadida por moradores. De acordo com informações publicadas no site oficial da Secretaria de Estado de Saúde do Distrito Federal) SESDF¹⁹, mesmo sem a disposição de resíduos hospitalares no aterro, em 2004 foram registrados 1.093 casos de doenças diarreicas agudas em crianças menores de dez anos residentes na Estrutural, a maioria causada por água contaminada. Além disso, segundo uma pesquisa feita por Porto *et al* (2004), 18,7% dos acidentes com catadores do aterro metropolitano do Rio de Janeiro foi provocado por materiais perfuro-cortantes.

Desta forma, conclui-se que, caso não haja um tratamento adequado para os resíduos de saúde, a probabilidade de doenças ou mortes causadas pela contaminação direta, acidentes com materiais contaminados e até mesmo a ingestão destes resíduos aumenta consideravelmente, já que tanto os catadores quanto os moradores da região estão expostos, diretamente, a este tipo de lixo.

2) 7.593 TONELADAS/ANO DE RESÍDUOS HOSPITALARES SÃO TRATADAS

O tratamento dos resíduos hospitalares em 2004 evitou a disposição de 7.593,56 toneladas de lixo hospitalar no aterro do jóquei. Segundo a SESDF,

¹⁹ Estrutural Contaminada. Disponível em: www.saude.df.gov.br, publicada em 03/10/2005. Acesso em: 10/10/2005.

cerca de 800 homens e mulheres sobrevivem da catação de lixo no aterro²⁰. Materiais como papelão, plástico, garrafa pet, alumínio, latas e cobre são vendidos para as indústrias de reciclagem. Um estudo feito por Porto *et al* (2004), mostra que a renda de um catador de lixo do aterro metropolitano do Rio de Janeiro varia entre R\$ 100,00 e R\$ 1.300,00 por mês, com uma média de R\$ 363,00 por mês, sendo que a maioria ganha até R\$ 300,00. Sendo assim, se for considerado que a renda média de um catador é de, aproximadamente, R\$ 360,00 por mês, a disposição de resíduos de saúde no aterro pode contaminar os materiais recicláveis, causando prejuízo de até R\$ 288.000,00 por mês, para as famílias que sobrevivem da catação na Estrutural.

Além disso, a redução do nível de poluição das águas e da vegetação em áreas próximas ao aterro é consequência do menor volume de resíduos lançados a céu aberto sem tratamento prévio. Se as 7.593,56 toneladas de resíduos de saúde fossem dispostas na região próxima ao Parque Nacional, aumentaria o poder de poluição do lixo e, por conseguinte, poderia comprometer a vida da vegetação e de animais terrestres e aquáticos da área de preservação²¹.

3) APROVEITAMENTO DO LIXO PARA GERAR ENERGIA

Além de ser um método de tratamento adequado do lixo hospitalar, o processo de incineração pode ser utilizado para gerar energia. Uma planta com capacidade para tratar 20 ton/dia de resíduos, normalmente gera energia para uso apenas no próprio sistema. De qualquer maneira, esse custo evitado pode ser considerado como um benefício do projeto.

Segundo Menezes *et al* (2001), uma tonelada de resíduo pode gerar entre 500 kW e 1 mW de energia. Ou seja, podem ser economizados, no mínimo, 315 mW de energia por mês no sistema em estudo, já que o incinerador trata 630 toneladas de lixo por mês.

²⁰ Estrutural Contaminada. Disponível em: www.saude.df.gov.br, publicada em 03/10/2005. Acesso em: 10/10/2005.

²¹ Informações coletadas por meio de questionário (anexo G).

5.2.4.2 – Quantificação dos impactos negativos ou custos

Os custos referentes ao projeto podem ser divididos da seguinte forma: custos operacionais do incinerador e custos de instalação e produção de energia. Não serão incluídos nos custos os gastos com a instalação do incinerador, já que este foi construído a cerca de 20 anos. Os custos operacionais para tratamento do lixo serão apresentados por tonelada e os gastos para geração de energia serão dados por mW produzido.

INFRA-ESTRUTURA E FUNCIONAMENTO DO SISTEMA²²

O sistema é constituído da seguinte forma:

- Área de recepção dos resíduos sólidos;
- incinerador de resíduos sólidos;
- tratamento dos efluentes gasosos;
- tratamento dos efluentes líquidos;
- tratamento dos efluentes sólidos;
- sistema de recuperação de calor e geração de energia.

Recepção dos resíduos

Os resíduos são coletados nos locais de origem (hospitais, postos de saúde, necrotérios, etc.) em caminhões próprios e encaminhados para a área de recepção da usina. Nesta área o lixo hospitalar é pesado e armazenado em um pátio coberto. Alguns resíduos, como por exemplo, animais mortos, sangue e homoderivados, documentos sigilosos, drogas e entorpecentes, dentre outros são conduzidos diretamente para pesagem e incineração. Ao resíduo encaminhado para o pátio é garantida estabilidade e estes não ficam armazenados por um período superior a 36 horas.

Todo o lixo recebido é movimentado e misturado no fosso, eliminando parte da umidade e produzindo um resíduo homogêneo. Após esta etapa, um

²² Fluxograma esquemático de uma usina de incineração com recuperação energética (Anexo A).

guindaste hidráulico faz o transporte do material para a moega do alimentador do incinerador. Todo o processo é feito a partir da cabine de controle elevada, de onde os operadores possuem uma ampla visão de todo o sistema.

Por último, o alimentador do incinerador empurra o resíduo para a câmara primária de combustão por meio de uma porta quadrante. A porta funciona de forma sincronizada, abrindo e fechando de acordo com o movimento do alimentador. Outra função da porta quadrante é garantir o mínimo de entrada de ar não controlada. O alimentador é controlado de forma a obter a vazão requerida de resíduo encaminhado para a próxima etapa do processo, a incineração.

Incineração dos resíduos

A primeira etapa da incineração ocorre na câmara primária, sobre uma grelha dotada de duas seções inclinadas. As seções são movimentadas independentemente para que o material em processamento seja deslocado. Os gases resultantes dessa etapa são conduzidos para uma câmara de mistura onde ar complementar é introduzido e os gases são pirolizados na câmara de pós-combustão.

Na grelha (leito de combustão), o resíduo é distribuído ao longo da área de combustão até a extremidade de descarga de escórias e cinzas, para expor maior área do material combustível ao contato com o ar e à radiação térmica no interior do forno. Em cada uma das seções do leito a velocidade de deslocamento do material é controlada. Na primeira seção, onde o movimento se dá com maior velocidade, o resíduo é secado e aquecido à temperatura de ignição. Na segunda seção, acontece a pirólise na presença de oxigênio, resultando na gaseificação completa da matéria combustível presente, com formação predominante de dióxido de carbono, monóxido de carbono, hidrogênio e água. Nessa seção a velocidade é reduzida controladamente devido à diminuição de volume do resíduo processado (Menezes *et al*, 1998).

O ar para secagem, ignição e combustão é introduzido por meio de frestas existentes nas peças que compõem as seções da grelha e pré-aquecido a 190 °C. Na extremidade do leito de combustão as escórias e cinzas em brasas são descarregadas sobre a água contida no fosso de cinzas. As partículas acumuladas

sobre o leito são removidas para o fosso por meio de um sistema de lavagem periódica.

Ainda na câmara primária, dois queimadores entram em operação durante a partida do forno e quando o resíduo é de baixo poder calorífico. Para assegurar completa gaseificação do resíduo, a câmara opera a uma temperatura igual ou superior a 1.000 °C. Uma corrente de gás combustível ou de água é introduzida na câmara quando a temperatura estiver deslocada do valor estabelecido. A injeção de água ou gás depende do alto ou baixo poder calorífico do lixo, respectivamente. No último caso, o sistema de controle aciona os queimadores da câmara.

Na câmara de mistura é injetado ar pré-aquecido a 190 °C (ar sobre fogo) e os componentes das reações de combustão incompleta na câmara primária (monóxido de carbono e hidrogênio) são convertidos aos produtos finais da combustão (dióxido de carbono e água) (Menezes *et al*, 1998). Em decorrência desse processo, são atingidas na saída dessa câmara para a câmara de pós-combustão temperaturas de até 1.200 °C.

A última etapa do processo de incineração ocorre na câmara de pós-combustão. A completa destruição das substâncias restantes do processo anterior é garantida pela queima a pelo menos 1.200 °C por um período superior a dois segundos. As pequenas quantidades de ácidos (HCl, SO₃, SO₂, HF e Cl₂) e cinzas que sobram são removidas pelo sistema de tratamento de efluente gasoso. A admissão de ar por uma válvula, controla a concentração de oxigênio nos gases exaustos que é continuamente monitorada na saída da câmara.

A temperatura da câmara de pós-combustão é mantida por dois queimadores. Em casos de emergência (falta de energia elétrica, paralisação do sistema de tratamento de gases), o efluente gasoso da câmara é conduzido diretamente para a chaminé por meio da porta “by-pass”, contornando o restante do sistema.

Por fim, a pressão das câmaras é controlada por meio de atuação na válvula de controle do “damper” do ventilador de tiragem induzida que lança os gases na chaminé.

Tratamento dos efluentes gasosos

O sistema de tratamento de gases, de tecnologia suíça, possui quatro lavadores (Ciclônico, Venturi, Ácido e Alcalino) e um filtro de mangas na chaminé. Após a recuperação de calor na caldeira, os gases de combustão entram em contato direto com a água do Quencher, para serem resfriados a 80 °C, e são introduzidos no Lavador Venturi e no Lavador Alcalino para absorção dos poluentes. No primeiro lavador o material particulado é removido e os poluentes gasosos ácidos (HCl, SO₃, HF) são absorvidos na água. A corrente efluente do Lavador Ácido é conduzida para o Separador Ciclônico onde a fase líquida que retém os sólidos é separada e removida para o Tanque de Lavagem Ácida. Do Tanque de Lavagem Ácida uma parte do líquido recircula para o Lavador Ácido e a outra parte é continuamente purgada para o Fosso de Cinzas. A lama do fundo do Tanque de Lavagem Ácida é drenada intermitentemente (Menezes *et al*, 1998).

A corrente de gás do Lavador Ácido é conduzida para o Lavador Alcalino, lavada com uma solução alcalina (pH 12) e distribuída sobre o leito de combustão, onde o gás sulfuroso e os gases remanescentes da lavagem ácida são absorvidos completamente. Já a corrente de líquido do lavador flui da base para o Tanque de Lavagem Alcalina, onde é resfriado e recirculado para o Lavador Alcalino juntamente com solução de soda cáustica, para manutenção das condições alcalinas. O pH deste tanque é continuamente medido para que seja mantido em torno de 12, e isto é feito com o controle da vazão de soda diluída a 5% introduzida na corrente recirculada (Menezes *et al*, 1998). Convém ressaltar que controladores auto-actuados que admitem solução de lavagem proveniente do Clarificador, mantêm os níveis nos tanques de Lavagem Ácida e Alcalina.

Após esta etapa, um soprador indutor de tiragem conduz os gases efluentes do Lavador Alcalino, após pré-aquecimento a 100 °C, para o filtro de mangas, onde os materiais particulados mais finos são removidos. O material sólido é retido no filtro e posteriormente recolhido em containeres e os gases limpos do filtro de mangas são conduzidos para a chaminé. Um opacímetro localizado na saída da chaminé é utilizado para acompanhamento das condições de remoção dos materiais particulados. Outros componentes dos gases de combustão, como SO_x, NO_x, HCl, HF, Cl₂ são analisados periodicamente para orientar as correções nas variáveis operacionais. Segundo informações do operador da planta, apesar do

sistema de lavagem de gases ainda não possui licença ambiental, a produção de particulados chega a ser nula.

Tratamento dos efluentes sólidos

O fosso que recebe as cinzas e escórias da queima do lixo, além das purgas da lavagem ácida é mantido sempre cheio de água. Nele, estes rejeitos são resfriados e extraídos de material solúvel por contato direto com a água. A solução alcalina resultante do processo é transferida para o compartimento de solução de lavagem do fosso. Um transportador de correntes submerso motorizado remove a parte insolúvel das cinzas, que antes de serem descarregadas são lavadas em contra corrente com água. Depois de lavadas, as cinzas e escórias são separadas e descarregadas em contêineres, para serem posteriormente encaminhadas ao aterro do jóquei. Convém ressaltar, que a destinação das cinzas no aterro é ambientalmente e economicamente incorreta, já que em muitos países os rejeitos da incineração são aproveitados em construções civis ou como agregado para asfalto, dentre outros.

Tratamento dos efluentes líquidos

A lixívia resultante da lavagem das cinzas e as purgas do lavador alcalino são reunidas no compartimento de solução de lavagem do fosso, onde é adicionada de suspensão de cal para recuperação de soda cáustica por reação com os sais formados no Lavador Ácido (sulfato de sódio, fluoreto de sódio) e no Lavador Alcalino (sulfato de sódio). Destas reações, são formados sais insolúveis (sulfato de cálcio, sulfato de cálcio e fluoreto de cálcio). O fluxo da suspensão de cal para o compartimento de solução de lavagem é regulado para manter um mínimo de excesso de hidróxido de cálcio na solução que é enviada para os lavadores (Menezes *et al*, 1998).

O líquido efluente do compartimento de solução de lavagem, contendo sólidos em suspensão, é encaminhado para o clarificador onde são separados da fase líquida. Periodicamente, o material sedimentado é removido por uma bomba e recolhido em contêineres. O líquido alcalino clarificado é reciclado para os tanques da lavagem ácida e da lavagem alcalina.

5.2.5 – Quinta etapa: valoração dos impactos relevantes

Para a valoração dos impactos econômicos do projeto serão analisados dois cenários, dentre vários possíveis. Um deles leva em consideração as duas opções atuais, são elas, a continuidade da incineração e a disposição do lixo, sem tratamento prévio, no aterro do jóquei. A segunda alternativa, seria a construção de um aterro sanitário para a disposição do lixo, com a desativação do incinerador.

1º Cenário: Como já foi dito anteriormente, não há outra opção de disposição do lixo hospitalar no Distrito Federal, ou o lixo é incinerado ou é lançado no aterro do jóquei. Neste caso, a mensuração dos custos e benefícios será feita de acordo com a tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Incineração frente ao Aterro do Jóquei, 2005

		Quantidade	Valor (US\$/t)	Total (US\$)
+	Economia com coleta convencional	7.593,56 ¹	27,78	210.949,10
+	Economia com disp. em aterro	7.593,56 ¹	6,24	47.383,81
+	Venda de materiais recicláveis	–	–	1.505.608,70
+	Produção de energia	3.780 ²	18,84	71.215,20
	TOTAL DE RECEITAS	–	–	1.835.156,81
–	Coleta de resíduos especiais	7.593,56 ¹	106,77	810.764,40
–	Tratamento por incineração	7.593,56 ¹	325,01	2.467.982,94
–	Custos produção de energia	3.780 ²	16,52	62.445,60
–	Custos com disposição das cinzas	1.290 ¹	6,24	8.049,60
	TOTAL DE CUSTOS	–	–	3.349.242,54
	TOTAL: RECEITAS – CUSTOS	–	–	–1.514.085,73

1. Valores em toneladas.

2. Valores em mW (315·12).

Cotação do dólar: US\$ 1,00 = R\$ 2,30.

Dados obtidos na Belacap.

Para maior detalhamento dos valores vide anexos A, B, C e D.

De acordo com a tabela 5.2, a usina de tratamento de resíduos em questão é deficitária se comparada à disposição do lixo no aterro sem tratamento prévio, já

que a relação benefício/custo é muito menor que 1 (0,55). No entanto, não foram levados em consideração, a potencialidade desse lixo na contaminação das águas e os custos de tratamento de saúde em decorrência da contaminação da população. Isto se deve ao fato da dificuldade de mensuração destes custos, mesmo assim, estima-se que os gastos com tratamento de saúde chegam a ser três vezes superior ao tratamento de água. Além disso, a disposição de resíduos de saúde sem tratamento em aterros constitui crime ambiental e contra a saúde pública, segundo resolução CONAMA nº 358, de 29 de abril de 2005²³.

Tabela 5.2 – Custos e Benefícios para a Incineração frente ao Aterro do Jóquei, 2005

Ano	Custos (US\$)	Benefícios (US\$)
1	3.349.242,54	1.835.156,81
2	3.349.242,54	1.835.156,81
3	3.349.242,54	1.835.156,81
4	3.349.242,54	1.835.156,81
5	3.349.242,54	1.835.156,81
6	3.349.242,54	1.835.156,81
7	3.349.242,54	1.835.156,81
8	3.349.242,54	1.835.156,81
9	3.349.242,54	1.835.156,81
10	3.349.242,54	1.835.156,81
11	3.349.242,54	1.835.156,81
12	3.349.242,54	1.835.156,81
13	3.349.242,54	1.835.156,81
14	3.349.242,54	1.835.156,81
15	3.349.242,54	1.835.156,81
Total	50.238.638,10	27.527.352,15

No próximo cenário, será analisada uma opção que minimiza os efeitos dos resíduos para o meio ambiente e para a saúde pública.

2º Cenário: A segunda opção consiste na construção de um aterro sanitário, onde o material é depositado no solo, por meio de confinamento de camadas de material inerte, segundo normas específicas, de modo a evitar danos ou riscos à saúde e a

²³ Resolução na íntegra, anexo F.

segurança, minimizando os danos ambientais. O aterro seria construído em uma área de 10 hectares na própria usina de tratamento de resíduos e os custos de instalação e manutenção/operação foram feitos de acordo com matéria publicada no Jornal uol²⁴ de março de 2003, por Valter Conrado de Araújo, coordenador de um projeto de aterro sanitário no município de Timbó-SC. Desta forma, a mensuração dos custos e benefícios será feita de acordo com a tabela 5.3:

Tabela 5.3 – Incineração frente ao Aterro Sanitário, 2005

	Quantidade	Valor (US\$/t)	Total (US\$)
+ Economia com construção do aterro	–	–	1.739.130,43
+ Coleta de resíduos especiais	7.593,56 ¹	106,77	810.764,40
+ Economia com disposição em aterro	7.593,56 ¹	52,17	396.156,03
+ Produção de energia	3.780 ²	18,84	71.215,20
TOTAL DE RECEITAS	–	–	3.017.266,06
– Tratamento por incineração	7.593,56 ¹	325,01	2.467.982,94
– Custos com coleta de resíduos especiais	7.593,56 ¹	106,77	810.764,40
– Custos com produção de energia	3.780 ²	16,52	62.445,60
– Custos com disposição das cinzas	1.290 ¹	6,24	8.049,60
TOTAL DE CUSTOS	–	–	3.349.242,54
TOTAL: RECEITAS – CUSTOS	–	–	–331.976,48

1. Valores em toneladas.

2. Valores em mW (315 · 12).

Cotação do dólar: US\$ 1,00 = R\$ 2,30.

Para maior detalhamento dos valores vide anexos A e B.

Os valores a partir do ano 1 (tabela 5.4), foram calculados subtraindo-se do valor total (US\$ 3.349.242) o custo com a construção do aterro sanitário (US\$ 1.739.130). Analisando a tabela 5.4, observa-se que a incineração com produção energética é deficitária economicamente se comparada à disposição em aterro sanitário, já que a relação benefício/custo é menor que 1 (0,45). Apesar de não haver tratamento prévio do lixo nesta técnica, alguns formuladores de políticas de gerenciamento de resíduos sólidos, defendem o uso da mesma já que os danos ao meio ambiente são mínimos caso haja tratamento de efluentes líquidos e boa cobertura do solo.

²⁴ Matéria publicada no site: www.an.uol.com.br/2003/mar/21/Oger.htm. Acesso em: 06/10/2005.

Tabela 5.4 – Custos e Benefícios para a Incineração frente ao Aterro Sanitário, 2005

Ano	Custos (US\$)	Benefícios (US\$)
	Manut/Operac	
0	0	1.739.130
1	3.349.242	1.278.135
2	3.349.242	1.278.135
3	3.349.242	1.278.135
4	3.349.242	1.278.135
5	3.349.242	1.278.135
6	3.349.242	1.278.135
7	3.349.242	1.278.135
8	3.349.242	1.278.135
9	3.349.242	1.278.135
10	3.349.242	1.278.135
11	3.349.242	1.278.135
12	3.349.242	1.278.135
13	3.349.242	1.278.135
14	3.349.242	1.278.135
15	3.349.242	1.278.135
Total	50.238.630	22.584.120

Nas próximas seções, este trabalho se restringirá à análise desta opção, já que no outro cenário apresentado, os danos ambientais e para a saúde são elevados, além disso, a complexidade técnica de restaurar o recurso e deixá-lo como estava pode levar tempo e nem sempre isso é possível.

5.2.6 – Sexta etapa: desconto dos fluxos de custos e benefícios

Após expressar os custos e benefícios do projeto monetariamente, se faz necessário convertê-los em termos de valor presente (VP), já que a sociedade teria que abrir mão de um benefício no presente para consumir no futuro, ou até mesmo, para as gerações futuras. Este método consiste em se calcular o valor presente para o fluxo de caixa (saldo de entradas e saídas) de investimento em questão, usando a taxa de juros de mercado (ou custo de oportunidade).

Neste caso, se o valor encontrado for zero, significa que o retorno do investimento coincide com a taxa de juros de mercado. Caso o valor seja positivo,

representa o quanto a renda do investimento excede a renda esperada dada pela taxa de juros de mercado. E quando negativo, significa que a renda que o investimento proporciona é menor que o custo de oportunidade.

No entanto, será utilizada uma taxa de desconto menor que a taxa de oportunidade para descontar os custos e benefícios correntes, já que o tempo está sendo levado em consideração. Para Pearce (1993) apud Vélez (2002), o uso da taxa de oportunidade não parece justificado e o intervalo apropriado de estimativas entre 2% e 5% é aceitável, já que se deve responder pela equidade inter-gerações. Além disso, quanto maior a taxa de desconto menor será a importância associada ao futuro e, portanto será menor a probabilidade da sociedade conservar o estoque de capital natural (Pearce e Turner, 1995 apud Vélez, 2002). Ou seja, se forem utilizadas taxas de desconto fixadas no mercado, as gerações futuras serão prejudicadas, já que elas se baseiam nas preferências das gerações atuais ou na produtividade do capital.

Sendo assim, neste trabalho será utilizada uma taxa de desconto real de 5% para obtenção do VP, já que, de acordo com a literatura concernente, é a mais adequada para manutenção da equidade inter-gerações. Além disso, em projetos que envolvem o gerenciamento de resíduos sólidos é comum utilizar um período de vida de 15 anos. O valor dos custos e benefícios descontados será determinado com o uso da fórmula:

$$VP = X_t \left[\frac{1}{(1+i)^t} \right], \text{ onde:} \quad (2)$$

X = Benefício ou Custo;

t = tempo em anos (0, 1, 2, 3, ..., 15);

i = taxa de desconto.

Tabela 5.5 – Cálculo do VP - Incineração frente ao Aterro Sanitário, 2005

Ano	Custos (US\$)	Benefícios (US\$)	VP (5%)	
	Manut/Oper		Custos	Benefícios
0	0	1.739.130	0	1.739.130
1	3.349.242	1.278.135	3.189.754	1.217.271
2	3.349.242	1.278.135	3.037.861	1.159.306
3	3.349.242	1.278.135	2.893.201	1.104.101
4	3.349.242	1.278.135	2.755.430	1.051.525
5	3.349.242	1.278.135	2.624.219	1.001.452
6	3.349.242	1.278.135	2.499.256	953.764
7	3.349.242	1.278.135	2.380.244	908.347
8	3.349.242	1.278.135	2.266.899	865.092
9	3.349.242	1.278.135	2.158.951	823.897
10	3.349.242	1.278.135	2.056.144	784.664
11	3.349.242	1.278.135	1.958.232	747.299
12	3.349.242	1.278.135	1.864.983	711.713
13	3.349.242	1.278.135	1.776.174	677.822
14	3.349.242	1.278.135	1.691.595	645.545
15	3.349.242	1.278.135	1.611.043	614.805
Total	50.238.630	22.584.120	34.763.986	15.005.733

5.2.7 – Sétima etapa: teste do valor presente líquido

Nesta etapa, o resultado anterior será testado para analisar a viabilidade do projeto. Como se pode observar na tabela 5.6, o VPL demonstra que a soma das perdas descontadas com a incineração excede os ganhos líquidos. A fórmula utilizada para encontrar este valor foi²⁵:

$$VPL = \sum_{t=0}^{15} \left\{ B_t \left[\frac{1}{(1+i)^t} \right] - C_t \left[\frac{1}{(1+i)^t} \right] \right\} \text{ onde,} \quad (3)$$

B_t = Benefício;

C_t = Custo;

t = tempos em anos (0, 1, 2, 3, ..., 15);

i = taxa de desconto.

²⁵ Hanley e Spash (1993).

Ainda assim, segundo Hanley e Spash (1993), um projeto qualquer em questão é aceito se o $VPL > 0$, caso contrário ele não é considerado viável, ou seja, não contribui para o aumento de bem-estar da sociedade. Neste caso específico, o projeto de incineração não deve ter continuidade já que o VPL é de **US\$ -19.760.253,00** em 15 anos.

Por fim, uma alternativa utilizada na literatura como critério de aceitação é a Relação Benefício-Custo (RBC) descontados. O valor da RBC pode ser encontrado com o uso da fórmula²⁶:

$$\sum_{t=0}^{15} \left\{ B_t \left[\frac{1}{(1+i)^t} \right] \div C_t \left[\frac{1}{(1+i)^t} \right] \right\} > 1, \text{ onde} \quad (4)$$

B_t = Benefício;

C_t = Custo

t = tempo em anos (0, 1, 2, 3,..., 15);

i = taxa de desconto.

O valor de 0,43 da RBC, conforme tabela 5.6, reitera que o projeto de incineração frente ao aterro sanitário não é viável, dado que o valor da RBC é menor que 1.

²⁶ Hanley e Spash (1993).

Tabela 5.6 – Cálculo do VPL – Incineração frente ao Aterro Sanitário, 2005

Ano	VPL (5%)		Valores Descontados	RBC
	Custos (US\$)	Benefícios (US\$)		
0	0	1.739.130	1.739.130	
1	3.189.754	1.217.271	-1.972.483	
2	3.037.861	1.159.306	-1.878.555	
3	2.893.201	1.104.101	-1.789.100	
4	2.755.430	1.051.525	-1.703.905	
5	2.624.219	1.001.452	-1.622.767	
6	2.499.256	953.764	-1.545.492	
7	2.380.244	908.347	-1.471.897	
8	2.266.899	865.092	-1.401.807	
9	2.158.951	823.897	-1.335.054	
10	2.056.144	784.664	-1.271.480	
11	1.958.232	747.299	-1.210.933	
12	1.864.983	711.713	-1.153.270	
13	1.776.174	677.822	-1.098.352	
14	1.691.595	645.545	-1.046.050	
15	1.611.043	614.805	-998.238	
Total	34.763.986	15.005.733		0,43
VPL			-19.760.253	

5.2.8 – Oitava etapa: análise de sensibilidade

É amplamente sabido que as decisões sobre projetos são tomadas envoltas por incerteza quanto ao futuro. Não é possível garantir que as expectativas formadas sobre os benefícios e custos serão perfeitamente realizadas e, para algumas atividades, os erros cometidos nas expectativas serão provavelmente maiores do que em outras (Contador, 2000). Nesta etapa, o VPL será calculado novamente mudando a taxa de desconto e o tempo de vida do projeto, este último, devido à probabilidade de mudanças quanto ao gerenciamento de resíduos provocado pelo avanço tecnológico. De acordo com a tabela 5.7, com a variação destes parâmetros é possível observar o que acontece com a rentabilidade do projeto.

Tabela 5.7 – Relação Benefício/Custo - Incineração frente ao Aterro Sanitário, 2005

Ano	Custos	Benefícios	VPL (2%)		VPL (10%)		VPL (18%)	
	Man/Oper		Custos	Benefícios	Custos	Benefícios	Custos	Benefícios
0	0	1.739.130	0	1.739.130	0	1.739.130	0	1.739.130
1	3.349.242	1.278.135	3.283.571	1.253.073	3.044.765	1.161.941	2.838.341	1.083.165
2	3.349.242	1.278.135	3.219.187	1.228.503	2.767.969	1.056.310	2.405.373	917.937
3	3.349.242	1.278.135	3.156.065	1.204.415	2.516.335	960.282	2.038.542	777.912
4	3.349.242	1.278.135	3.094.182	1.180.799	2.287.577	872.983	1.727.502	659.248
5	3.349.242	1.278.135	3.033.512	1.157.646	2.079.616	793.621	1.463.984	558.685
6	3.349.242	1.278.135	2.974.031	1.134.947	1.890.560	721.474	1.240.665	473.461
7	3.349.242	1.278.135	2.915.717	1.112.693	1.718.691	655.885	1.051.411	401.239
8	3.349.242	1.278.135	2.858.546	1.090.876	1.562.446	596.259	891.026	340.033
9	3.349.242	1.278.135	2.802.496	1.069.486	1.420.406	542.054	755.107	288.163
10	3.349.242	1.278.135	2.747.545	1.048.516	1.291.278	492.776	639.921	244.206
Tot	33.492.420	14.520.480	30.084.852	13.220.084	19.579.643	9.592.715	15.051.872	7.483.179

Valores calculados em dólares (US\$)

Pode-se notar pela análise sensítiva (tabela 5.7) que o VPL é diretamente proporcional à taxa de desconto, variando de –US\$ 16.864.768,00 à taxa de 2% para –US\$ 9.986.928,00 à taxa de 10% e, finalmente para –US\$ 7.568.693,00 à taxa de 18%. No entanto, a variação da RBC, de 0,44 (à taxa de 2%) para 0,49 (à taxa de 10%) e, por último, à 0,50 (à taxa de 18%) é pouco sensível com a mudança da taxa de desconto. Isto demonstra a inviabilidade do projeto, mesmo com a mudança destes parâmetros.

CAPÍTULO 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta deste estudo foi analisar a viabilidade econômica e ambiental da incineração de resíduos sólidos. Por meio da literatura concernente, foi possível conhecer a base teórica da teoria do bem-estar e da análise custo-benefício (ACB). Além disso, puderam-se observar as práticas de gerenciamento de resíduos e suas aplicações, em especial, a utilização da incineração como forma de tratamento de lixo domiciliar no cenário nacional e internacional.

Foi possível evidenciar também, que a ACB é um instrumento importante para definir o investimento público em projetos distintos. Uma grande quantidade de dinheiro pode ser economizada, se antes da implementação de um projeto for feito um levantamento de todos os custos e benefícios incorridos, inclusive os danos ambientais. Neste caso, foi possível notar que as vantagens deste método são: a inclusão das externalidades nos custos e o uso da taxa de desconto para valorizar as gerações futuras.

O estudo de caso do incinerador de resíduos sólidos de Ceilândia foi desenvolvido por meio de levantamento bibliográfico e de informações coletadas junto à usina de incineração e à Belacap. Os resultados obtidos com a aplicação da ACB, tanto para o VPL quanto para a RBC, critérios utilizados para a tomada de decisão, mostraram a inviabilidade do projeto de incineração frente ao aterro sanitário, devido ao alto custo de tratamento do lixo na usina. Convém ressaltar que o primeiro cenário analisado, que traz como opção a disposição do lixo no aterro do Jóquei, apesar de parecer viável economicamente, provoca prejuízos à saúde dos moradores circunvizinhos e ao meio ambiente, como a poluição do solo, do lençol freático e das nascentes de água próximas, contrariando as normas ambientais.

A quantidade de resíduos incinerada, apesar do grau de periculosidade destes, não justifica os altos custos incorridos, já que as práticas de disposição em aterros sanitários utilizadas atualmente cumprem todas as normas de segurança e proteção ambiental, sendo feito de maneira a proteger o solo, o lençol freático e com tratamento de chorume. Países como Suíça, Japão, Dinamarca e Suécia, que incineram mais da metade do lixo produzido, possuem problemas referentes a

espaço físico para a instalação de aterros, o que pode justificar a utilização do método, já que as escórias resultantes possuem apenas 10% do volume do resíduo bruto. Um outro fator que motiva o uso de usinas de queima de resíduos nestes países é a minimização dos custos, devido à quantidade de resíduos tratados. Por último, devido à indisponibilidade hídrica, a utilização de usinas de lixo como fonte de energia é uma opção muito utilizada devido à minimização dos custos frente às termelétricas movidas a carvão, óleo ou nucleares.

Ao contrário, no Distrito Federal ainda há locais a serem destinados para aterros sanitários, além de não haver problemas quanto à disponibilidade de energia nos próximos 15 anos, tempo de vida útil do projeto. Além disso, o incremento de poluição da quantidade de lixo incinerada atualmente não justifica os altos custos, ainda assim, há dúvida quanto à eficácia do método no que se refere à poluição, devido os gases emanados no processo de queima dos resíduos.

Por fim, cabe ressaltar que a instalação de aterros sanitários não pode ser utilizada como solução para destinação do lixo, antes disso, deve-se reutilizar e reciclar, para que sejam dispostos apenas os rejeitos que não puderem ser reaproveitados. A redução da produção de lixo é fator preponderante para a minimização dos custos com tratamento e disposição. Para estudos futuros, sugere-se: i) a análise da viabilidade da recuperação energética em aterros, como forma de minimizar os custos de disposição; ii) estudo de impacto ambiental do tratamento de resíduos sólidos por incineração; iii) análise econômico-social de políticas públicas envolvendo a redução na fonte de resíduos hospitalares.

CAPÍTULO 7

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAD, M. C. E. Valoração econômica do meio ambiente: o método de valoração contingente no Brasil. Brasília: UnB/NEPAMA, dissertação de mestrado, 2002.

ACAIA, C. ; FAHRNI, H. P. ; FISHER, C. M. e GANDOLLA, M. Revisões recentes na Política Suíça de Gerenciamento de Resíduos. Bioggio: Abrelpe, 1998. Disponível em: http://www.abrelpe.com.br/iswa_artigos.php. Acesso em: 20 de junho de 2005.

AIACHE, R. R. Uso de instrumentos econômicos para valoração de parques nacionais: os casos do Parque Nacional de Brasília e do Parque Nacional do Iguaçu. Brasília: UnB/NEPAMA, dissertação de mestrado, 2003.

ALMUNEEF, M. e MEMISH Z. A. Effective medical waste management: it can be done. Riyadh: American Journal of Infection Control, v. 31, 2003. p. 188-192 Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez>. Acesso em: 20 de junho de 2005.

AMAZONAS, M. C. Custos e benefícios do controle da poluição: algumas observações críticas. Campinas: Associação Nacional dos Centros de Pós-graduação em Economia (ANPEC), 1996.

_____. Economia ambiental neoclássica e desenvolvimento sustentável. Vitória: ANPEC, 1998.

ARAÚJO, M. B. O uso da avaliação econômica e social no licenciamento ambiental de projetos de geração de energia. Brasília: UnB/ECO, dissertação de mestrado, 2002.

ARROW, K. J. Is there a role for benefit-cost analysis in environmental, health and safety regulation?. Cap. 13 de Robert N. Stavins (Ed). Economics of the environment selected readings. WW. Norton, Nova York e Londres, 2000. p.319-324.

AZEVEDO, J.; SILVA FILHO, E. V. e DAMASCENO, R. N. Valor agrícola e comercial do composto orgânico de resíduos sólidos urbanos da usina de Irajá. In: IX SIMPÓSIO SOBRE MEIO AMBIENTE/IV SIMPÓSIO DE DIREITO AMBIENTAL. Universo: Banco de Textos Sobre Desenvolvimento Sustentável, outubro de 2001. Disponível em: www.unilivre.org.br. Acesso em: 10 de abril de 2005.

BARBA, I. S. Valoração do serviço de coleta de lixo: o caso de Naviraí – MS. Brasília: UnB/Centro de Desenvolvimento Sustentável, dissertação de mestrado, 2002.

BRENNAN, T. Discounting the future: economics e ethics. Resources summer 1955. Resources for the future. Washington, 1995. 6p.

CALDERONI, S. Os bilhões perdidos no lixo. Ed. Humanitas. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1998.

CARRERA-FERNANDEZ, J. e GARRIDO, R. J. Economia dos recursos hídricos. Salvador: Editora da Universidade Federal da Bahia, 2003.

CEMPRE – Compromisso Empresarial para a Reciclagem. Programa de Porto Alegre mobiliza a população. São Paulo, 1997. Disponível em: www.cempre.org.br. Acesso em: 08 de maio de 2005.

_____. Manual de gerenciamento integrado. São Paulo: 2000. Disponível em: www.cempre.org.br. Acesso em: 15 de março de 2004.

_____. Novas pesquisas apontam para importantes avanços. São Paulo: 2002. Disponível em: www.cempre.org.br. Acesso em: 08 de maio de 2005.

_____. Brasil ocupa boa posição no cenário mundial de reciclagem. São Paulo, 2004. Disponível em: www.cempre.org.br. Acesso em: 08 de maio de 2005.

_____. Composto urbano – o mercado para reciclagem. São Paulo, 2005. Disponível em: www.cempre.org.br. Acesso em: 08 de março de 2004.

CHERMONT, L. S. e MOTTA, R. S. Aspectos econômicos da gestão integrada de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada, 1996 (Texto para Discussão, 416).

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução Conama nº 358, de 29 de abril de 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35805.pdf>. Acesso em: 10 de outubro de 2005.

CONNET, P. Incineração do lixo municipal - uma solução pobre para o século 21. Amsterdã, 1998. Disponível em: < <http://www.abrelpe.com.br/iswa/iswa-0019.html>>. Acesso em: 06 de junho de 2003.

CONTADOR, C. R. Projetos sociais: avaliação e prática. São Paulo: Atlas, 2000.

DENARDIN, V. F. e SULZBACH, M. T. Capital natural na perspectiva da economia. In: I ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM AMBIENTE E SOCIEDADE. Indaiatuba: novembro de 2002. Disponível em: www.anppas.org.br.

EATON, B. C. Microeconomia. Trad. Cecília Bartalotti. São Paulo: 1999. Original de Microeconomics.

FRANZON D. Lixões batem no teto e agüentam só mais um ano. São Paulo: Diário do Comércio, 2005.

GERLACH, J. L.; MENEZES, M. A. e MENEZES, R. A. A. Estágio atual da incineração no Brasil. VII SEMINÁRIO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA. Curitiba: Associação Brasileira de Limpeza Pública, abril de 2000.

GEWIRT, A. Two types of cost benefit analysis. In: SCHERER, D. UPSTREAM/DOWNSTREAM: ISSUES IN ENVIRONMENTAL/ETHICS. Philadelphia: Temple University Press, 1990.

GOMES, P. A. Estudo de viabilidade econômica da reciclagem de resíduos sólidos. Brasília: UnB/NEPAMA, Dissertação de Mestrado, 2002.

GRIMBERG, E. A política nacional de resíduos sólidos: a responsabilidade das empresas e a inclusão social. São Paulo: 2002. Disponível em: < www.polis.org.br/publicacoes/artigos>. Acesso em: 06 de junho de 2005.

HANLEY, N. R. e SPASH, C. L. Cost-benefit analysis and the environment. Brookfield: Edward Elgar Publishing Company, 1993.

HJERESSEN, D. L.; KIRCHHOFF, M. M. e LANKEY, R. L. Green chemistry: environment, economics, and competitiveness. In: CORPORATE ENVIRONMENTAL STRATEGY. Elsevier science, V. 9, 2002. p. 259-266.

IBGE/PNSB (2000). Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 06 de junho de 2003.

MACEDO, Z. L. Os limites da economia na gestão ambiental. São Paulo: Margem, Nº 15, 2002. p. 203-222.

MATTOS, K. M. C.; MATTOS, K. M. C. e MATTOS, A. Valoração econômica do meio ambiente dentro do contexto do desenvolvimento sustentável. Revista Gestão Industrial, v. 01, 2005. p. 109-121.

MENEZES R. A. Alternativa segura para a geração de energia. In: XIII SEMANA ECOLÓGICA DE LIMEIRA. Limeira: Grupo Kompac, junho de 2001. Disponível em: www.kompac.com.br. Acesso em: 06 de junho de 2003.

MENEZES, R. A.; BESSA, I. e SOUZA, J. V. O tratamento de resíduos perigosos em Fortaleza, Ceará. In: II SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE RESÍDUOS SÓLIDOS. Fortaleza: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária, maio de 1998.

MENEZES, R. A.; MENEZES, M. A. e GERLACH, J. L. Estágio atual da incineração no Brasil. In: VII SEMINÁRIO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA. Curitiba: Associação Brasileira de Limpeza Pública, 3 a 7 de abril de 2000.

_____. Alternativa segura para a geração de energia. Solução para dois problemas: lixo e energia. In: XIII SEMANA ECOLÓGICA DE LIMEIRA. Limeira: Grupo Kompac, Junho de 2001.

MISHAN, E. J. Elementos de análise de custos-benefícios. Trad. Donaldson M. Garschagen. Rio de Janeiro: ZAHAR Editores, 1975. Original de Elements of Cost-Benefit Analysis.

_____. Análise de custos-benefícios: uma introdução informal. Trad. Ruy Jungmann. Rio de Janeiro: ZAHAR Editores, 1976. Original de Cost-Benefit Analysis – An Informal Introduction.

MOTTA R. S. e SAYAGO D. E. Propostas de instrumentos econômicos ambientais para a redução do lixo urbano e o reaproveitamento de sucatas no Brasil. Rio de Janeiro: IPEA, 1998. (Texto para Discussão Nº 608).

MOTTA, R. S. As técnicas das análises de custo-benefício na avaliação ambiental. Em: *Análise ambiental: uma visão multidisciplinar*. São Paulo: Universidade Estadual Paulista, 1995.

MUELLER, Charles C. Manual de economia do meio ambiente. Departamento de Economia. Universidade de Brasília, mimeografado, 2001.

O'SULLIVAN, A. *Urban Economics*. Boston: Irwin/McGraw-Hill, 1996.

PEARCE, D. e MORAN, D. O valor econômico da biodiversidade. Trad, S. da Costa Raimundo. Lisboa, Portugal: Instituto Piaget, 1994. Original de *The economic value of biodiversity*.

PINDYCK, R. S. e RUBINFELD, D. L. *Microeconomia*. Trad. Pedro Catunda. São Paulo: 1994. Original de *Microeconomics*.

PORTO, M. F. S.; JUNCA, D. C. M. e GONCALVES, R. S. Lixo, trabalho e saúde: um estudo de caso com catadores em um aterro metropolitano no Rio de Janeiro, Brasil. *Cad. Saúde Pública*, nov./dez. 2004, vol.20, nº. 6, p.1503-1514.

PREST, A. R. e TURVEY, R. Análise de custos e benefícios: um retrospecto. Em: *Panorama da Moderna Teoria Econômica*, Vol. 3, American Economic Association e Royal Economic Society; Trad. Milton Carlos Ribeiro e Auripheto Simões. São Paulo: Atlas, 1973.

RANDALL, A. Taking benefits and costs seriously. Capítulo 6 de Henk Folmer e Tom Tientenberg (Eds). *The International Yearbook of Environmental and Resource Economics: 1999/2000*. (Reino Unido e Estados Unidos: Edward Elgar, 1999), p. 250-272.

REVISTA MEIO AMBIENTE INDUSTRIAL. A situação dos resíduos hospitalares no Brasil. Edição 29, Janeiro/Fevereiro de 2001.

SAYAGO, D. E.; OLIVEIRA, J. M. D. e MOTTA, R. S. Resíduos sólidos: propostas de instrumentos econômicos ambientais. Brasília: MPO/SEPURB, 1998. (Série Modernização do Setor Saneamento, 15).

SISINNO, C. L. S. Destino dos resíduos sólidos urbanos e industriais no Estado do Rio de Janeiro: avaliação da toxicidade dos resíduos e suas implicações para o

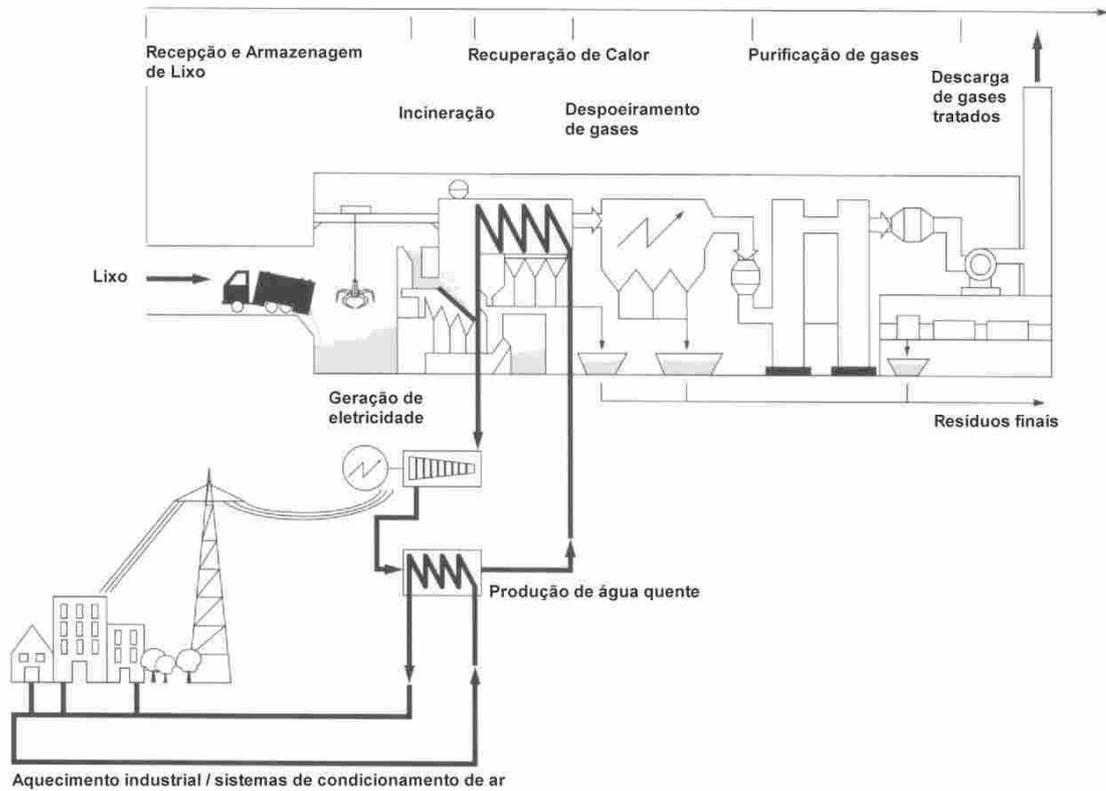
ambiente e para a saúde humana. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz, Tese de Doutorado, 2002.

UNIDO, V. Pautas para la evaluacion de proyectos. Nueva York: Naciones Unidas, 1972.

VÉLEZ, D. F. V. Uso do método custo-reposição para a estimativa de custos e benefícios ambientais do tratamento de esgotos por lemnaceae. Brasília, UnB/NEPAMA, Dissertação de Mestrado, 2002.

ANEXO A

Fluxograma de uma Planta de Incineração com Geração de Energia



Fonte: Gerlach *et al*, 2000, p. 8.

ANEXO B

Custos – Manutenção e Operação da Usina de Incineração

Mês	Quantidade/Ton	Preço/Ton	Custo Total
Jan	607,00	312,01	189.390,79
Fev	568,17	312,01	177.275,40
Mar	724,75	327,39	237.275,91
Abr	653,90	327,39	214.080,32
Mai	677,49	327,39	221.803,46
Jun	621,07	327,39	203.332,11
Jul	667,76	327,39	218.617,95
Ago	682,45	327,39	223.427,31
Set	670,78	327,39	219.606,67
Out	653,95	327,39	214.096,70
Nov	629,63	327,39	206.134,57
Dez	436,61	327,39	142.941,75
$\sum_{t=1}^{12} Q_t P_t = 2.467.982,94$			

Valores em dólar.

Cotação do dólar: US\$ 1,00 = R\$ 2,30.

Dados obtidos na Belacap.

ANEXO C

Custos – Coleta e Transporte de Resíduos Especiais

Mês	Quantidade/Ton	Preço/Ton	Custo Total
Jan	607,00	102,56	62.253,92
Fev	568,17	102,56	58.276,67
Mar	724,75	107,54	77.939,72
Abr	653,90	107,54	70.320,41
Mai	677,49	107,54	72.857,28
Jun	621,07	107,54	66.789,87
Jul	667,76	107,54	71.810,92
Ago	682,45	107,54	73.390,68
Set	670,78	107,54	72.135,69
Out	653,95	107,54	70.325,79
Nov	629,63	107,54	67.710,41
Dez	436,61	107,54	46.953,04
$\sum_{t=1}^{12} Q_t P_t = 810.764,40$			

Valores em dólar.

Cotação do dólar: US\$ 1,00 = R\$ 2,30.

Dados obtidos na Belacap.

ANEXO D

Custos – Coleta e Transporte Convencional

Mês	Quantidade/Ton	Preço/Ton	Custo Total
Jan	607,00	26,52	16.097,64
Fev	568,17	26,52	15.072,32
Mar	724,75	28,01	20.300,25
Abr	653,90	28,01	18.315,74
Mai	677,49	28,01	18.976,50
Jun	621,07	28,01	17.396,18
Jul	667,76	28,01	18.703,96
Ago	682,45	28,01	19.115,43
Set	670,78	28,01	18.788,55
Out	653,95	28,01	18.317,14
Nov	629,63	28,01	17.635,94
Dez	436,61	28,01	12.229,45
$\sum_{t=1}^{12} Q_t P_t = 210.949,10$			

Valores em dólar.

Cotação do dólar: US\$ 1,00 = R\$ 2,30.

Dados obtidos na Belacap.

ANEXO E

Custos – Manutenção e Operação do Aterro do Jóquei

Mês	Quantidade/Ton	Preço/Ton	Custo Total
Jan	607,00	5,97	3.623,79
Fev	568,17	5,97	3.388,38
Mar	724,75	6,29	4.558,67
Abr	653,90	6,29	4.113,03
Mai	677,49	6,29	4.261,41
Jun	621,07	6,29	3.906,53
Jul	667,76	6,29	4.200,21
Ago	682,45	6,29	4.292,61
Set	670,78	6,29	4.219,20
Out	653,95	6,29	4.113,34
Nov	629,63	6,29	3.960,37
Dez	436,61	6,29	2.746,27
			$\sum_{t=1}^{12} Q_t P_t = 47.383,81$

Valores em dólar.

Cotação do dólar: US\$ 1,00 = R\$ 2,30.

Dados obtidos na Belacap.

ANEXO F

**MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA
RESOLUÇÃO Nº 358, DE 29 DE ABRIL DE 2005**

Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências.

O **CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA**, no uso das competências que lhe são conferidas pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 6 de julho de 1990, e tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno, anexo à Portaria nº 499, de 18 de dezembro de 2002, e o que consta do Processo nº 02000.001672/2000-76, volumes I e II, resolve:

Considerando os princípios da prevenção, da precaução, do poluidor pagador, da correção na fonte e de integração entre os vários órgãos envolvidos para fins do licenciamento e da fiscalização;

Considerando a necessidade de aprimoramento, atualização e complementação dos procedimentos contidos na Resolução CONAMA nº 283, de 12 de julho de 2001, relativos ao tratamento e disposição final dos resíduos dos serviços de saúde, com vistas a preservar a saúde pública e a qualidade do meio ambiente;

Considerando a necessidade de minimizar riscos ocupacionais nos ambientes de trabalho e proteger a saúde do trabalhador e da população em geral;

Considerando a necessidade de estimular a minimização da geração de resíduos, promovendo a substituição de materiais e de processos por alternativas de menor risco, a redução na fonte e a reciclagem, dentre outras alternativas;

Considerando que a segregação dos resíduos, no momento e local de sua geração, permite reduzir o volume de resíduos que necessitam de manejo diferenciado;

Considerando que soluções consorciadas, para fins de tratamento e disposição final de resíduos de serviços de saúde, são especialmente indicadas para pequenos geradores e municípios de pequeno porte;

Considerando que as ações preventivas são menos onerosas do que as ações corretivas e minimizam com mais eficácia os danos causados à saúde pública e ao meio ambiente;

Considerando a necessidade de ação integrada entre os órgãos federais, estaduais e municipais de meio ambiente, de saúde e de limpeza urbana com o objetivo de regulamentar o gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde, resolve:

Art. 1º Esta Resolução aplica-se a todos os serviços relacionados com o atendimento à saúde humana ou animal, inclusive os serviços de assistência domiciliar e de trabalhos de campo; laboratórios analíticos de produtos para saúde; necrotérios, funerárias e serviços onde se realizem atividades de embalsamamento (tanatopraxia e somatoconservação); serviços de medicina legal; drogarias e farmácias inclusive as de manipulação; estabelecimentos de ensino e pesquisa na área de saúde; centros de controle de zoonoses; distribuidores de produtos farmacêuticos; importadores, distribuidores e produtores de materiais e controles para diagnóstico *in vitro*; unidades móveis de atendimento à saúde; serviços de acupuntura; serviços de tatuagem, entre outros similares.

Parágrafo único. Esta Resolução não se aplica a fontes radioativas seladas, que devem seguir as determinações da Comissão Nacional de Energia Nuclear-CNEN, e às indústrias de produtos para a saúde, que devem observar as condições específicas do seu licenciamento ambiental.

Art. 2º Para os efeitos desta Resolução considera-se:

I - agente de classe de risco 4 (elevado risco individual e elevado risco para a comunidade):

patógeno que representa grande ameaça para o ser humano e para os animais, representando grande risco a quem o manipula e tendo grande poder de transmissibilidade de um indivíduo a outro, não existindo medidas preventivas e de tratamento para esses agentes;

II - estabelecimento: denominação dada a qualquer edificação destinada à realização de atividades de prevenção, produção, promoção, recuperação e pesquisa na área da saúde ou que estejam a ela relacionadas;

III - estação de transferência de resíduos de serviços de saúde: é uma unidade com instalações exclusivas, com licença ambiental expedida pelo órgão competente, para executar transferência de resíduos gerados nos serviços de saúde, garantindo as características originais de acondicionamento, sem abrir ou transferir conteúdo de uma embalagem para a outra;

IV - líquidos corpóreos: são representados pelos líquidos cefalorraquidiano, pericárdico, pleural, articular, ascítico e amniótico;

V - materiais de assistência à saúde: materiais relacionados diretamente com o processo de assistência aos pacientes;

VI - príon: estrutura protéica alterada relacionada como agente etiológico das diversas formas de encefalite espongiiforme;

VII - redução de carga microbiana: aplicação de processo que visa a inativação microbiana das cargas biológicas contidas nos resíduos;

VIII - nível III de inativação microbiana: inativação de bactérias vegetativas, fungos, vírus lipofílicos e hidrofílicos, parasitas e microbactérias com redução igual ou maior que 6Log_{10} , e inativação de esporos do bacilo *stearothermophilus* ou de esporos do bacilo *subtilis* com redução igual ou maior que 4Log_{10} ;

IX - sobras de amostras: restos de sangue, fezes, urina, suor, lágrima, leite, colostro, líquido espermático, saliva, secreções nasal, vaginal ou peniana, pêlo e unha que permanecem nos tubos de coleta após a retirada do material necessário para a realização de investigação;

X - resíduos de serviços de saúde: são todos aqueles resultantes de atividades exercidas nos serviços definidos no art. 1º desta Resolução que, por suas características, necessitam de processos diferenciados em seu manejo, exigindo ou não tratamento prévio à sua disposição final;

XI - Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde-PGRSS: documento integrante do processo de licenciamento ambiental, baseado nos princípios da não geração de resíduos e na minimização da geração de resíduos, que aponta e descreve as ações relativas ao seu manejo, no âmbito dos serviços mencionados no art. 1º desta Resolução, contemplando os aspectos referentes à geração, segregação, acondicionamento, coleta, armazenamento, transporte, reciclagem, tratamento e disposição final, bem como a proteção à saúde pública e ao meio ambiente;

XII - sistema de tratamento de resíduos de serviços de saúde: conjunto de unidades, processos e procedimentos que alteram as características físicas, físico-químicas, químicas ou biológicas dos resíduos, podendo promover a sua descaracterização, visando a minimização do risco à saúde pública, a preservação da qualidade do meio ambiente, a segurança e a saúde do trabalhador;

XIII - disposição final de resíduos de serviços de saúde: é a prática de dispor os resíduos sólidos no solo previamente preparado para recebê-los, de acordo com critérios técnico-construtivos e operacionais adequados, em consonância com as exigências dos órgãos ambientais competentes; e

XIV - redução na fonte: atividade que reduza ou evite a geração de resíduos na origem, no processo, ou que altere propriedades que lhe atribuam riscos, incluindo modificações no processo ou equipamentos, alteração de insumos, mudança de tecnologia ou procedimento, substituição de materiais, mudanças na prática de gerenciamento, administração interna do suprimento e aumento na eficiência dos equipamentos e dos processos.

Art. 3º Cabe aos geradores de resíduos de serviço de saúde e ao responsável legal, referidos no art. 1º desta Resolução, o gerenciamento dos resíduos desde a geração até a disposição final, de forma a atender aos requisitos ambientais e de saúde pública e saúde ocupacional, sem prejuízo de responsabilização solidária de todos aqueles, pessoas físicas e jurídicas que, direta ou indiretamente, causem ou possam causar degradação ambiental, em especial os transportadores e operadores das instalações de tratamento e disposição final, nos termos da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981.

Art. 4º Os geradores de resíduos de serviços de saúde constantes do art. 1º desta Resolução, em operação ou a serem implantados, devem elaborar e implantar o Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde-PGRSS, de acordo com a legislação vigente, especialmente as normas da vigilância sanitária.

§ 1º Cabe aos órgãos ambientais competentes dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, a fixação de critérios para determinar quais serviços serão objetos de licenciamento ambiental, do qual deverá constar o PGRSS.

§ 2º O órgão ambiental competente, no âmbito do licenciamento, poderá, sempre que necessário, solicitar informações adicionais ao PGRSS.

§ 3º O órgão ambiental, no âmbito do licenciamento, fixará prazos para regularização dos serviços em funcionamento, devendo ser apresentado o PGRSS devidamente implantado.

Art. 5º O PGRSS deverá ser elaborado por profissional de nível superior, habilitado pelo seu conselho de classe, com apresentação de Anotação de Responsabilidade Técnica-ART, Certificado de

Responsabilidade Técnica ou documento similar, quando couber.

Art. 6º Os geradores dos resíduos de serviços de saúde deverão apresentar aos órgãos competentes, até o dia 31 de março de cada ano, declaração, referente ao ano civil anterior, subscrita pelo administrador principal da empresa e pelo responsável técnico devidamente habilitado, acompanhada da respectiva ART, relatando o cumprimento das exigências previstas nesta Resolução.

Parágrafo único. Os órgãos competentes poderão estabelecer critérios e formas para apresentação da declaração mencionada no *caput* deste artigo, inclusive, dispensando-a se for o caso para empreendimentos de menor potencial poluidor.

Art. 7º Os resíduos de serviços de saúde devem ser acondicionados atendendo às exigências legais referentes ao meio ambiente, à saúde e à limpeza urbana, e às normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT, ou, na sua ausência, às normas e critérios internacionalmente aceitos.

Art. 8º Os veículos utilizados para coleta e transporte externo dos resíduos de serviços de saúde devem atender às exigências legais e às normas da ABNT.

Art. 9º As estações para transferência de resíduos de serviços de saúde devem estar licenciadas pelo órgão ambiental competente.

Parágrafo único. As características originais de acondicionamento devem ser mantidas, não se permitindo abertura, rompimento ou transferência do conteúdo de uma embalagem para outra.

Art. 10. Os sistemas de tratamento e disposição final de resíduos de serviços de saúde devem estar licenciados pelo órgão ambiental competente para fins de funcionamento e submetidos a monitoramento de acordo com parâmetros e periodicidade definidos no licenciamento ambiental.

Parágrafo único. São permitidas soluções consorciadas para os fins previstos neste artigo.

Art 11. Os efluentes líquidos provenientes dos estabelecimentos prestadores de serviços de saúde, para serem lançados na rede pública de esgoto ou em corpo receptor, devem atender às diretrizes estabelecidas pelos órgãos ambientais, gestores de recursos hídricos e de saneamento competentes.

Art. 12. Para os efeitos desta Resolução e em função de suas características, os resíduos de serviço de saúde são classificados de acordo com o Anexo I desta Resolução.

Art. 13. Os resíduos não caracterizados no Anexo I desta Resolução devem estar contemplados no PGRSS, e seu gerenciamento deve seguir as orientações específicas de acordo com a legislação vigente ou conforme a orientação do órgão ambiental competente.

Art. 14. É obrigatória a segregação dos resíduos na fonte e no momento da geração, de acordo com suas características, para fins de redução do volume dos resíduos a serem tratados e dispostos, garantindo a proteção da saúde e do meio ambiente.

Art. 15. Os resíduos do Grupo A1, constantes do Anexo I desta Resolução, devem ser submetidos a processos de tratamento em equipamento que promova redução de carga microbiana compatível com nível III de inativação microbiana e devem ser encaminhados para aterro sanitário licenciado ou local devidamente licenciado para disposição final de resíduos dos serviços de saúde.

Art. 16. Os resíduos do Grupo A2, constantes do Anexo I desta Resolução, devem ser submetidos a processo de tratamento com redução de carga microbiana compatível com nível III de inativação e devem ser encaminhados para:

I - aterro sanitário licenciado ou local devidamente licenciado para disposição final de resíduos dos serviços de saúde, ou

II - sepultamento em cemitério de animais.

Parágrafo único. Deve ser observado o porte do animal para definição do processo de tratamento. Quando houver necessidade de fracionamento, este deve ser autorizado previamente pelo órgão de saúde competente.

Art. 17. Os resíduos do Grupo A3, constantes do Anexo I desta Resolução, quando não houver requisição pelo paciente ou familiares e/ou não tenham mais valor científico ou legal, devem ser encaminhados para:

I - sepultamento em cemitério, desde que haja autorização do órgão competente do Município, do Estado ou do Distrito Federal; ou

II - tratamento térmico por incineração ou cremação, em equipamento devidamente licenciado para esse fim.

Parágrafo único. Na impossibilidade de atendimento dos incisos I e II, o órgão ambiental competente nos Estados, Municípios e Distrito Federal pode aprovar outros processos alternativos de destinação.

Art. 18. Os resíduos do Grupo A4, constantes do Anexo I desta Resolução, podem ser encaminhados sem tratamento prévio para local devidamente licenciado para a disposição final de resíduos dos serviços de saúde.

Parágrafo único. Fica a critério dos órgãos ambientais estaduais e municipais a exigência do tratamento prévio, considerando os critérios, especificidades e condições ambientais locais.

Art. 19. Os resíduos do Grupo A5, constantes do Anexo I desta Resolução, devem ser submetidos a tratamento específico orientado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária-ANVISA.

Art. 20. Os resíduos do Grupo A não podem ser reciclados, reutilizados ou reaproveitados, inclusive para alimentação animal.

Art. 21. Os resíduos pertencentes ao Grupo B, constantes do Anexo I desta Resolução, com características de periculosidade, quando não forem submetidos a processo de reutilização, recuperação ou reciclagem, devem ser submetidos a tratamento e disposição final específicos.

§ 1º As características dos resíduos pertencentes a este grupo são as contidas na Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos-FISPQ.

§ 2º Os resíduos no estado sólido, quando não tratados, devem ser dispostos em aterro de resíduos perigosos - Classe I.

§ 3º Os resíduos no estado líquido não devem ser encaminhados para disposição final em aterros.

Art. 22. Os resíduos pertencentes ao Grupo B, constantes do Anexo I desta Resolução, sem características de periculosidade, não necessitam de tratamento prévio.

§ 1º Os resíduos referidos no *caput* deste artigo, quando no estado sólido, podem ter disposição final em aterro licenciado.

§ 2º Os resíduos referidos no *caput* deste artigo, quando no estado líquido, podem ser lançados em corpo receptor ou na rede pública de esgoto, desde que atendam respectivamente as diretrizes estabelecidas pelos órgãos ambientais, gestores de recursos hídricos e de saneamento competentes.

Art. 23. Quaisquer materiais resultantes de atividades exercidas pelos serviços referidos no art. 1º desta Resolução que contenham radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de isenção especificados na norma CNEN-NE-6.02 - Licenciamento de Instalações Radiativas, e para os quais a reutilização é imprópria ou não prevista, são considerados rejeitos radioativos (Grupo C) e devem obedecer às exigências definidas pela CNEN.

§ 1º Os rejeitos radioativos não podem ser considerados resíduos até que seja decorrido o tempo de decaimento necessário ao atingimento do limite de eliminação.

§ 2º Os rejeitos radioativos, quando atingido o limite de eliminação, passam a ser considerados resíduos das categorias biológica, química ou de resíduo comum, devendo seguir as determinações do grupo ao qual pertencem.

Art. 24. Os resíduos pertencentes ao Grupo D, constantes do Anexo I desta Resolução, quando não forem passíveis de processo de reutilização, recuperação ou reciclagem, devem ser encaminhados para aterro sanitário de resíduos sólidos urbanos, devidamente licenciado pelo órgão ambiental competente.

Parágrafo único. Os resíduos do Grupo D, quando for passível de processo de reutilização, recuperação ou reciclagem devem atender as normas legais de higienização e descontaminação e a Resolução CONAMA nº 275, de 25 de abril de 2001.

Art. 25. Os resíduos pertencentes ao Grupo E, constantes do Anexo I desta Resolução, devem ter tratamento específico de acordo com a contaminação química, biológica ou radiológica.

§ 1º Os resíduos do Grupo E devem ser apresentados para coleta acondicionados em coletores estanques, rígidos e hígidos, resistentes à ruptura, à punctura, ao corte ou à escarificação.

§ 2º Os resíduos a que se refere o *caput* deste artigo, com contaminação radiológica, devem seguir as orientações contidas no art. 23, desta Resolução.

§ 3º Os resíduos que contenham medicamentos citostáticos ou antineoplásicos, devem ser tratados conforme o art. 21, desta Resolução.

§ 4º Os resíduos com contaminação biológica devem ser tratados conforme os arts. 15 e 18 desta Resolução.

Art. 26. Aos órgãos ambientais competentes, integrantes do Sistema Nacional de Meio Ambiente-SISNAMA, incumbe a aplicação desta Resolução, cabendo-lhes a fiscalização, bem como a imposição das penalidades administrativas previstas na legislação pertinente.

Art. 27. Para os municípios ou associações de municípios com população urbana até 30.000 habitantes, conforme dados do último censo disponível do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE, e que não disponham de aterro sanitário licenciado, admite-se de forma excepcional e tecnicamente motivada, por meio de Termo de Ajustamento de Conduta, com cronograma definido das etapas de implantação e com prazo máximo de três anos, a disposição final em solo obedecendo aos critérios mínimos estabelecidos no Anexo II, desta Resolução, com a devida aprovação do órgão ambiental competente.

Art. 28. Os geradores dos resíduos dos serviços de saúde e os órgãos municipais de limpeza urbana poderão, a critério do órgão ambiental competente, receber prazo de até dois anos, contados a partir da vigência desta Resolução, para se adequarem às exigências nela prevista.

§ 1º O empreendedor apresentará ao órgão ambiental competente, entre outros documentos, o cronograma das medidas necessárias ao cumprimento do disposto nesta Resolução.

§ 2º O prazo previsto no *caput* deste artigo poderá, excepcional e tecnicamente motivado, ser prorrogado por até um ano, por meio de Termo de Ajustamento de Conduta, ao qual se dará publicidade, enviando-se cópia ao Ministério Público.

Art. 29. O não cumprimento do disposto nesta Resolução sujeitará os infratores às penalidades e sanções previstas na legislação pertinente, em especial na Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e no seu Decreto regulamentador.

Art. 30. As exigências e deveres previstos nesta resolução caracterizam obrigação de relevante interesse ambiental.

Art. 31. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 32. Revogam-se a Resolução CONAMA nº 283, de 12 de julho de 2001, e as disposições da Resolução nº 5, de 5 de agosto de 1993, que tratam dos resíduos sólidos oriundos dos serviços de saúde, para os serviços abrangidos no art. 1º desta Resolução.

MARINA SILVA

ANEXO G

QUESTIONÁRIO

1. Que tipo de resíduo é tratado no incinerador? Em que quantidade?

2. Qual o horário de funcionamento do incinerador?

3. Como o lixo é transportado para o incinerador e de que forma ele é encaminhado para tratamento? Existe diferença quanto à classe de risco do lixo?

4. Como o lixo é tratado, ou seja, como é o processo de incineração?

5. Como é feito o tratamento dos efluentes líquidos? Qual o destino desses efluentes?

6. Como funciona o sistema de tratamento de gases? Qual a percentagem de poluição dos gases dispostos no meio ambiente?

7. Como são tratados os efluentes sólidos? Qual a percentagem de peso e volume das escórias? Qual o destino dado a esses dejetos?
