PAULO HÉLIO KANAYAMA

MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Engenharia.

SÃO PAULO 1999

PAULO HÉLIO KANAYAMA

MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Área de Concentração: Sistemas de Potência

Orientador: Prof. Dr. Lineu Belico dos Reis

SÃO PAULO 1999 99/ ¹⁹⁵ /PEA

fls. 195



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO ESCOLA POLITÉCNICA

TERMO DE JULGAMENTO DE

DEVESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Aos 20 dias do mês de dezembro de 1999, às 09:00 horas, no Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, presente a Comissão Julgadora, integrada pelos Senhores Professores Doutores Lineu Belico dos Reis, orientador do candidato, Miguel Edgar Morales Udaeta e Marcelo de Andrade Romero iniciou-se a Defesa de Dissertação de Mestrado do Sr. PAULO HÉLIO KANAYAMA. Título da Dissertação: "MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E CONSERVAÇÃO DE ENERGIA." Concluída a argüição, procedeu-se ao julgamento na forma regulamentar, tendo a Comissão Julgadora considerado o candidato: Prof.Dr. Lineu Belico dos Reis......(Aprovado Prof.Dr. Miguel Edgar Morales Udaeta.....(Aprovado Prof.Dr. Marcelo de Andrade Romero.....(aprovado) Para constar, é lavrado o presente termo, que vai assinado pela Comissão Julgadora e pela Secretária de Pós-Graduação.

São Paulo, 20 dezembro de 1999.

A Comissão Julgadora:

Secretária: Elisabete Apa.F.S.Ramos Qualek Considerando o candidato aprovado o un reprovado.

Homologado pela C.P.G. em reunião realizada a 14 102 1 2000. 84 p. + anexos

BC

Universidade de São Paulo Bibliotaca da Escola Palitacelas

FD- 2543

Kanayama, Paulo Hélio

Minimização de resíduos sólidos urbanos e conservação de energia. São Paulo, 1999.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas.

1. Minimização de resíduos sólidos urbanos. 2. Conservação de energia. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Universidade de São Paulo — Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas. II. t.

"... para que serve a energia?"

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar a minha gratidão às pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho. São elas:

Lineu Belico dos Reis

Por acreditar em meu trabalho.

Miguel Edgar Morales Udaeta

Pela amizade, orientação e ensinamentos sobre o Planejamento Integrado de Recursos que muito enriqueceram este trabalho.

André Montero Alvarez

Pela amizade, apoio e toda a ajuda prestada.

Maurício de Oliveira e Silva

Pela amizade e todas as críticas, sempre construtivas.

Marco Antonio Saidel

Pelos conselhos, orientações e apoio às minhas atividades.

Luis Cláudio Galvão

Pelo apoio ao trabalho.

Fernando Selles Ribeiro

Pelo incentivo ao trabalho.

Patrícia Blauth

Por apresentar-me o USP Recicla que bastante influenciou este trabalho.

Eliane Fadigas

Pelo apoio.

Renata Katayama

Por toda a ajuda e apoio.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS

RESUMO

"ABSTRACT"

1	Introd	ução	13
	1.1	Necessidades Humanas e Consumo de Energia	
	1.2	Padrões de consumo energético e a conservação de energia	
	1.3	A energia e a produção de resíduos sólidos	
	1.4	Aspectos relevantes da questão da produção de resíduos sólidos	26
	1.5	A conservação de energia e o tratamento dos resíduos sólidos urbanos	33
	1.6	Apresentação do trabalho.	38
2	Polític	as de redução de lixo e seu efeito no consumo energético	39
_	2.1	Caracterização dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) e Políticas Adequadas de	
	Gerenciame	ento	39
	2.2	Uma avaliação da reciclagem de materiais	44
	2.2	no Brasil	
	2.2.1	Economia de energia devido à reciclagem no Brasil	
	2.3	A compostagem de materiais	
	2.4	Incineração com Recuperação Energética	56
	2.4.1	Estudo de caso para incineração de lixo	
	2.5	Redução na fonte	59
	2.5.1	Estimativa da energia conservável devido à medidas de redução na fonte	65
3	A Imp	lementação da Minimização de Resíduos Sólidos Urbanos e a Conservação de E	nergia
	72		
	3.1	Bases para implementação da minimização de RSU	74
	3.2	A minimização dos RSU no contexto da Conservação de Energia Elétrica	76
	3.3	Considerações finais	
	D - f	Sarias Dibliográficas	92

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1 Tendência da geração de resíduos industriais	14
Figura 1-2 Evolução do consumo de energia per capita ao longo da história hun	nana 16
Figura 1-3 Ciclo de satisfação de necessidades humanas, desenvolvimento tecn	ológico e
consumo de energia.	18
Figura 1-4 Evolução do consumo de energia primária – países selecionados	20
Figura 1-5: Brasil: consumo de fontes primárias de energia em 1996	21
Figura 1-6 Investimentos do setor elétrico.	22
Figura 1-7 Consequências do aumento de poder aquisitivo	25
Figura 2-1 Diagrama esquemático do Gerenciamento Integrado de Recursos	40
Figura 2-2 Conceito de minimização de resíduos, segundo a EPA	43
Figura 2-3 A política dos 3 R's.	44
Figura 2-4 Comparação de rendimento energético através da utilização de	: matéria
primária ou de reciclados	49
Figura 2-5 Redução na fonte em processos industriais	64
Figura 3-1 Hierarquia da minimização de resíduos	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-1 Renda per capita de alguns países selecionados
Tabela 1-2 Geração de lixo per capita em alguns países e cidades em kg/dia24
Tabela 1-3 Alguns problemas decorrentes da geração de lixo
Tabela 1-4 Evolução do custo operacional dos aterros no período 1980-1992 no
município de São Paulo30
Tabela 1-5 Impactos ambientais na produção de 1000 t de aço
Tabela 1-6 Impactos ambientais na produção de 1000 t de vidro34
Tabela 1-7 Impactos ambientais na produção de 1000 t de papel
Tabela 2-1 Valor das transações com produtos recicláveis no município de São Paulo,
valores de set/9647
Tabela 2-2 Economia de matéria-prima resultante da reciclagem do lixo para o
município de São Paulo, dados de set/96
Tabela 2-3 Economia de água resultante da reciclagem do lixo no município de São
Paulo, dados de set/96
Tabela 2-4 Redução da poluição da água e do ar devido ao processo de reciclagem 52
Tabela 2-5 Economia resultante da reciclagem de lixo para o município de São Paulo.53
Tabela 2-6 Exemplos de formas de redução na fonte
Tabela 2-7 Hierarquia das opções de gestão ambiental
Tabela 3-1 Tipos de materiais privilegiados para a minimização de RSU73

LISTA DE ABREVIATURAS

DS Desenvolvimento Sustentável

PIR Planejamento Integrado de Recursos

GIR Gerenciamento Integrado de Recursos

RSU Resíduos Sólidos Urbanos

RESUMO

Este trabalho aborda dois assuntos básicos da construção de um modelo sustentável de desenvolvimento: a minimização de resíduos sólidos urbanos e a conservação de energia.

Enquanto a minimização de resíduos sólidos urbanos se relaciona com a utilização racional de recursos materiais e contribui para solucionar o problema da escassez de áreas para deposição final de lixo dos grandes centros urbanos, a conservação de energia contribui para compensar, até certa extensão, a falta de investimentos no setor elétrico para o pleno atendimento da demanda, sem restringir o crescimento econômico do país.

Existem diversas maneiras de se tratar adequadamente os resíduos sólidos urbanos. Por exemplo, podemos citar a compostagem de material orgânico, a reciclagem de materiais, a incineração de lixo e a redução na fonte. Neste trabalho, cada uma destas técnicas é explicada e relacionada com a conservação de energia, com ênfase à demonstrar a necessidade de uma abordagem sistêmica desses temas, no contexto da busca do desenvolvimento sustentável.

"ABSTRACT"

This paper focuses two topics related to the construction of a sustainable development model: the minimization of urban solid wastes and the energy conservation.

The minimization of urban solid wastes is related to the efficient utilization of resource materials and contributes to solve the problem of shortage of available garbage disposal areas in great urban centers. Energy conservation, on the other hand, can be na alternative, when the lack of investment in the electrical sector would otherwise restrict the continued economic growth of the country.

There are many ways of adequately handling urban solid wastes. For example, one can list the compost of organic materials, the recycling of materials, the incineration of materials and the reduction of the amount of waste generated. In this work, each of these techniques is evaluated and connected to the conservation of energy, in an attempt to show that it is necessary na integrated consideration of these to construct a to sustainable development model.

1 Introdução

Até a década de 50, o crescimento econômico ocorreu sem preocupações ambientais com a emissão de poluentes para a atmosfera, ou de resíduos ao meio ambiente, de maneira acelerada e sem maiores restrições. A opinião pública exercia pouca influência quanto a estas questões e a legislação existente era incipiente.

A partir dos anos 60, a preservação ambiental passou a ser mais valorizada. A ênfase à correção de problemas e desvios assumiu grande importância através da engenharia sanitária. Onde havia emissões de poluentes para a atmosfera acima de valores toleráveis, propunha-se a instalação de filtros; onde havia emissões de poluentes em rios, propunha-se o tratamento de efluentes; quando se tratava de resíduos sólidos, recomendava-se a disposição confinada.

Posteriormente, conceitos como eficiência, qualidade e produtividade entraram em destaque. À medida em que contribuia para a redução de custos de produção, a diminuição de emissões de resíduos através de técnicas de reutilização ou de reciclagem de resíduos foi bastante utilizada.

A partir da década de 80 aos dias atuais, fortaleceu-se a idéia da prevenção e da minimização para evitar a geração de resíduos. A prevenção e a minimização de resíduos vão além da reciclagem e da reutilização. Através de revisão de procedimentos de produção, de mudanças tecnológicas e de melhoria nas práticas gerenciais, a prevenção e a minimização de resíduos são aplicadas com o objetivo de tornar os processos produtivos mais eficientes.

Mais recentemente, o conceito de "poluição zero" tem sido alvo de estudos e de novas propostas pela indústria. A "poluição zero" consiste na redução de poluentes a níveis próximos de zero, através da recuperação e reutilização de resíduos da própria indústria, da venda de resíduos como insumo para outras indústrias, da utilização de

energia e recursos renováveis, do aumento da vida útil de produtos e, principalmente, da atuação sobre toda a cadeia do ciclo produtivo, ou ciclo de vida, do produto.

O gráfico a seguir ilustra a tendência, ao longo do tempo, do tratamento dado à geração de resíduos pela indústria até o século XXI.

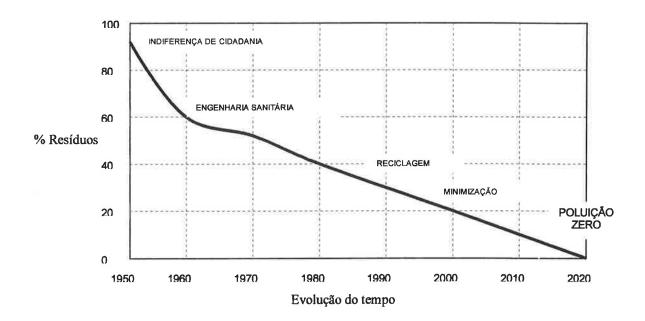


Figura 1-1 Tendência da geração de resíduos industriais

Fonte: Fuente [14]

Neste trabalho, o conceito de "minimização de resíduos", empregado pela indústria, é aplicado aos "resíduos sólidos urbanos", ou "RSU", referindo-se ao lixo gerado nos centros urbanos, decorrente de atividades residenciais e comerciais.

Assim como para a indústria o conceito de "minimização de resíduos" engloba a reutilização, a reciclagem e a redução da geração de resíduos, propõe-se que a minimização de resíduos sólidos urbanos inclua a redução na fonte, a reciclagem de materiais, a incineração e a compostagem de resíduos.

Fazendo-se uma analogia com a evolução do conceito da "minimização de resíduos", pode-se dizer que o Brasil se encontra no início do estágio da "reciclagem de materiais" da Figura 1-1. Nos dias de hoje, é comum assistir a campanhas publicitárias

ou ler reportagens sobre os benefícios e a importância da reciclagem de materiais. O mesmo não ocorre com a minimização da geração de lixo, por exemplo.

Com relação ao consumo energético, por outro lado, o destaque aos conceitos de eficiência, qualidade e produtividade anteriormente citados, deu grande força aos projetos de Conservação de Energia, que se configuraram como opções alternativas racionais e ambientalmente mais adequadas do que a crescente produção de energia para suprir necessidades associadas a um uso final equivocado e ao desperdício.

O objetivo desse trabalho é analisar de forma integrada estas duas questões: a conservação de energia e a minimização dos RSU. Como será visto, o tratamento adequado do lixo, a reciclagem, a recuperação de materiais, a redução na fonte e a minimização de resíduos contribuem para a conservação de energia. Esses elementos são fundamentais para a promoção de um desenvolvimento sustentável¹ e são palavras chaves na Agenda 21².

A conceituação de Desenvolvimento Sustentável é apresentada na primeira seção do Anexo.

² Comentários sobre a Agenda 21 são apresentadas na 2 seção do Anexo.

1.1 NECESSIDADES HUMANAS E CONSUMO DE ENERGIA

O gráfico a seguir, apresentado por Goldemberg[18], apresenta a evolução do consumo energético diário por pessoa ao longo da história.

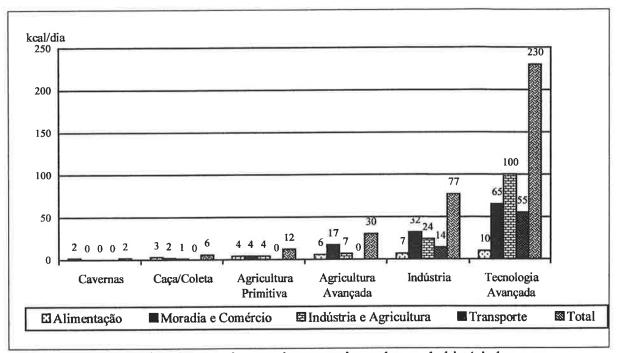


Figura 1-2 Evolução do consumo de energia per capita ao longo da história humana.

A primeira fonte de energia utilizada pelos seres humanos foi a sua própria força muscular. O homem das cavernas, há aproximadamente um milhão de anos atrás, utilizava apenas a energia extraída da alimentação necessária à sua sobrevivência, ou seja, cerca de 2 kcal por dia.

Quando o homem passou a dominar o fogo e a domesticar alguns animais, há aproximadamente 100 mil anos, outras formas de energia, não só aquelas extraídas de sua própria alimentação, passaram a ser exploradas. Por exemplo, na forma de madeira que era utilizada para assar ou para aquecer, ou na forma de alimentos para seus animais domesticados. Nessa época da humanidade, o consumo de energia equivalente total passou a ser cerca de 3 vezes maior do que aquela energia essencial à vida do homem das cavernas.

Em aproximadamente 5 mil A.C., o homem já praticava algum tipo de agricultura, utilizando inclusive alguns animais para tração. Assim, o consumo equivalente de energia passou a ser de aproximadamente 6 vezes maior que aquela energia consumida pelo homem das cavernas.

Por volta do século XIV, além de contar com uma agricultura mais avançada, o homem aprendeu a utilizar a força da água, que corre nos rios ou em pequenos diques artificiais, através de moinhos, ou da força dos ventos, para moer grãos e produzir outros alimentos derivados. Nesta época, pode-se dizer que o consumo de energia era de cerca de 15 vezes superior àquela consumida nos primórdios da humanidade.

No século XVIII, a primeira máquina a vapor construída por Watt impulsionou o acontecimento da Revolução Industrial. Máquinas que produziam movimento através da geração de vapor propiciaram o desenvolvimento de meios de transporte como trens, automóveis e barcos, por exemplo. O transporte de cargas a longas distâncias, promoveu atividades industriais e de comércio. Assim, no século passado, o consumo equivalente de energia chegou a ser cerca de 35 vezes maior do que a energia consumida há 1 milhão de anos.

No século XIX, começamos a explorar o petróleo e, às vésperas da Primeira Guerra Mundial, inciava-se nos Estados Unidos a produção em série de automóveis e outros bens industrializados. Rapidamente a utilização de energia proveniente de derivados de petróleo tornou-se comum. O domínio da eletricidade como a conhecemos hoje também é um dos motivos do atual consumo diário de energia ser equivalente a mais de 100 vezes a energia que o homem primitivo utilizava em suas atividades diárias.

Nos primórdios da história do Homem, sua preocupação básica era com a satisfação de sua fome. Na medida em que seu suprimento alimentar deixou de ser sua

preocupação única, a humanidade passou a consumir energia com moradia, comércio e transporte, por exemplo.

O crescimento do consumo de energia ao longo da história ocorreu de forma exponencial pela crescente necessidade do homem em satisfazer suas necessidades de sobrevivência, bem-estar e conforto. Na medida em que avanços tecnológicos ocorrem, novas necessidades humanas são criadas e mais energia é necessária para, por exemplo, fabricar mais máquinas e equipamentos, mais produtos, etc. Trata-se de um ciclo vicioso. As necessidades humanas incentivam o surgimento de avanços tecnológicos. Avanços tecnológicos em geral provocam aumento de consumo de energia e o desenvolvimento de novas necessidades humanas.

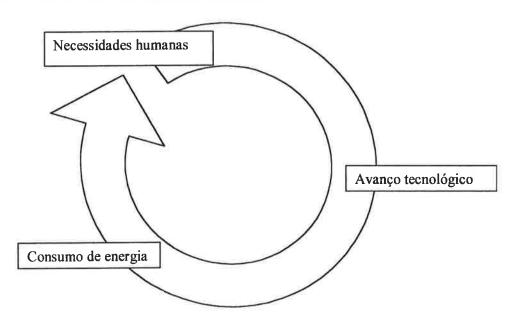


Figura 1-3 Ciclo de satisfação de necessidades humanas, desenvolvimento tecnológico e consumo de energia.

Um fato preocupante, em relação ao aumento do consumo energético no mundo, é o crescimento da população. Segundo dados da Organização Mundial da Saúde, em 1955, a população mundial era de 2,8 bilhões e em 1995 éramos 5,8 bilhões. Em 2025, estima-se que a população será de 8 bilhões de pessoas. Se o consumo de energia per capita continuar a crescer e a população também, certamente novas

maneiras de geração de energia deverão ser desenvolvidas para que as necessidades humanas possam ser amplamente satisfeitas.

O fato de as necessidades humanas estarem relacionadas à disponibilidade de energia faz com que soluções devam ser pensadas agora para que as futuras gerações não sofram as consequências de um modelo insustentável de desenvolvimento.

1.2 PADRÕES DE CONSUMO ENERGÉTICO E A CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

Existem características de consumo energético distintos para países desenvolvidos e países pobres. A Tabela 1-1 a seguir relaciona o PIB per capita de alguns países selecionados e a Figura 1-4 apresenta um gráfico com o consumo de energia primária destes países.

Tabela 1-1 Renda per capita de alguns países selecionados.

país	PIB per capita (US\$)
Canadá	19.380
EUA	26.980
Europa e Ásia Central	2.220
Oriente Médio e N.África	11.021
Améria Latina & Caribe	3.320
Ásia Oriental e Pacífico	800
Sul Asiático	350
África	490
Brasil	3.640

Fonte: Banco Mundial - 1995

Bep/hab 80 70 60 50 40 30 20 10 Estados Ásia & Oriente Europa Europa Canadá África Am érica Unidos Ocidental Oriental Austrália Latina Médio ■ 1970 □ 1975 ■ 1980 Ø 1985 N 1990 Ø 1994

Figura 1-4 Evolução do consumo de energia primária – países selecionados.

Fonte: OLADE 1996

Qualitativamente, pode-se notar no gráfico anterior que os países em desenvolvimento apresentam consumo de energia primária por habitante menor que os países industrializados.

O Canadá e os EUA são os países que mais consomem energia primária por habitante, além de apresentarem PIB per capita elevados.

Em geral, o crescimento econômico de um país é acompanhado pela urbanização, industrialização, aumento do consumo de bens materiais, enfim, aumento de conforto e aumento das necessidades associadas à denominada satisfação dos indivíduos que fazem parte da nação. Inclusive a expectativa de vida e o índice de analfabetismo adulto também são melhores nos países que consomem mais energia.

Outro fato a ser ressaltado é que o nível de consumo energético também está relacionado com as questões da fome, habitação, saúde e educação, por exemplo. Quanto mais os problemas relacionados com estas questões são solucionados, tanto maior é a tendência de consumo elevado de energia.

Sendo assim, pode-se esperar que o nível de consumo energético no Brasil acompanhe o crescimento econômico.

Para suprir a demanda de energia necessária ao desenvolvimento do país, o Brasil apresenta a vantagem de possuir uma hidrologia favorável, fazendo com que a energia hidráulica corresponda à fonte primária mais consumida no país (Figura 1-5). Porém, a expansão do sistema elétrico está fortemente condicionada a questões de ordem ambiental, além de depender da disponibilidade de recursos financeiros.

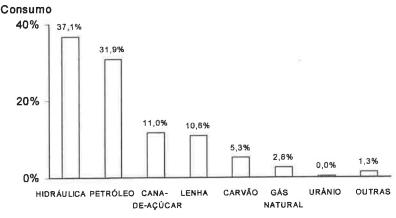
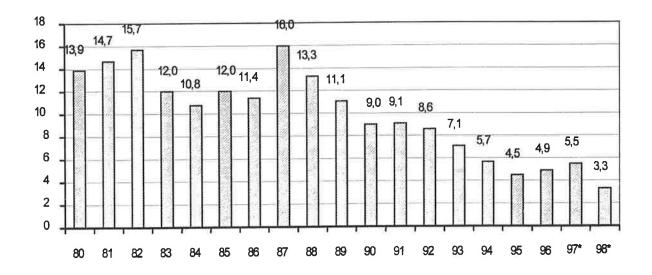


Figura 1-5: Brasil: consumo de fontes primárias de energia em 1996. Com relação ao setor elétrico, a figura a seguir apresenta a evolução do

investimento total realizado de 1980 a 1998. Na década de 80, o investimento médio foi da ordem de R\$ 13 bilhões, declinando para R\$ 6,8 bilhões nos primeiros oito anos da década seguinte. Segundo estimativas da Eletrobrás, no plano decenal de 1998 a 2007, investimentos no setor elétrico da ordem de R\$ 8 bilhões anuais seriam necessários para atender à demanda de crescimento econômico do país.



obs.: R\$ bilhões dez/96 (US\$ 1.00 = R\$ 1,0374) * = Estimativa, em dez/96, para os anos de 97 e 98 Fonte: Anuário Estatístico Eletrobrás 1998

Figura 1-6 Investimentos do setor elétrico.

Nesse contexto de crescimento contínuo do consumo de energia elétrica, de falta de investimentos no setor elétrico, de comprometimento do fornecimento e de preocupação cada vez maior com questões ambientais, fortalece-se a importância da conservação de energia elétrica, como uma alternativa viável para a solução de uma parte do problema de fornecimento, sem comprometer o desempenho dos sistemas de cada uso final ou o nível de conforto aos usuários.

Hoje, o governo, através do Procel – Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica, realiza esforços e pratica investimentos para solucionar os problemas de falta de energia iminentes. O Procel estima que o custo médio da energia conservada é da ordem de 0,024 US\$/kWh, inferior ao custo marginal de

expansão do setor elétrico, situado entre 0,047 e 0,100 US\$/kWh. A conservação de energia elétrica diminui a necessidade de expansão do parque gerador de energia e posterga grandes investimentos necessários ao atendimento do mercado consumidor.

A importância da conservação de energia não se restringe à questão da disponibilidade de recursos para investimento. A preservação do meio ambiente é um fator de grande relevância também. Na verdade, não existem fontes energéticas que não causem impactos ambientais. O que varia é a intensidade dos impactos, sendo de maior ou menor grau, dependendo da fonte.

O efeito estufa é um exemplo de impacto ambiental que tem uma de suas causas associada à utilização de energia. O capítulo 3 do Anexo explica as origens do efeito estufa e suas conseqüências.

Embora o Brasil possua sua matriz energética com grande porcentagem de fontes renováveis de origem hídrica (que têm, por seu lado, outros tipos de impactos ambientais não desejáveis), apresenta grande participação de combustíveis fósseis, o que contribui para o aumento do efeito estufa. Além disso, os gases estufa têm um efeito global tão devastador para o planeta, que até mesmo os países menos responsáveis pelas emissões de CO₂ à atmosfera serão atingidos. Preocupados com esta questão, nações do mundo inteiro têm tratado sobre estas questões. A Convenção do Clima e o Protocolo de Quioto, abordados com maiores detalhes nos capítulos 4 e 5 do Anexo, são alguns exemplos desta preocupação.

1.3 A ENERGIA E A PRODUÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Conforme a conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento (Rio de Janeiro, 1992), "O nosso bem-estar depende basicamente da disponibilidade a longo prazo de quantidades suficientes de energia de fontes que sejam eficientes, seguras e ambientalmente equilibradas".

Uma visão sistêmica da sociedade, abrangendo questões como a revisão de padrões de consumo, a educação ambiental, a conservação de água e de energia ou o aproveitamento do lixo urbano, por exemplo, pode indicar alternativas para a promoção do desenvolvimento sustentável.

Segundo dados de 1991, a geração de lixo per capita em alguns países era como se mostra na tabela a seguir:

Tabela 1-2 Geração de lixo per capita em alguns países e cidades em kg/dia.

Países ou grupo de países	kg/dia	Cidades do mundo	kg/dia
Canadá	1,9	México	0,9
E.U.A.	1,5	Rio de Janeiro	0,9
Holanda	1,3	Buenos Aires	0,8
Suíça	1,2	San José	0,7
Japão	1,0	San Salvador	0,7
Europa	0,9	Tegucigalpa	0,5
Índia	0,4	Lima	0,5

Fonte: Emplasa, 1986 / OMS 1991, apud Neder [26].

Referenciando-se estes valores à Tabela 1-1 e Figura 1-4, pode-se observar que países como Canadá e EUA possuem elevada renda per capita, apresentam consumo elevado de energia e produzem muito lixo, relativamente aos demais países.

Em geral, quanto maior é o nível de renda da população, maior é o consumo de energia e maior é a quantidade de lixo gerado por habitante. Há que se ressaltar, no entanto, que a geração de lixo pode não se constituir em problema até que o limite da capacidade de seu tratamento adequado seja atingido.

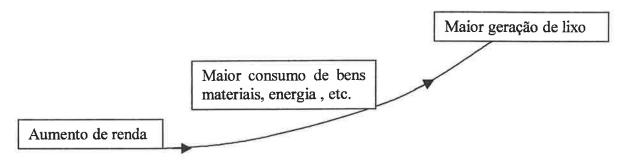


Figura 1-7 Consequências do aumento de poder aquisitivo.

Um dos maiores problemas da geração de lixo em grandes quantidades é a falta de locais adequados para a sua disposição final. Em São Paulo, por exemplo, todos os dias, 14.500 toneladas de lixo são coletadas na cidade, num processo que envolve 600 veículos e cerca de 1.850 viagens. Cinco dos aterros sanitários existentes na cidade estão desativados por motivo de saturação e a expectativa é de que a vida útil dos dois únicos aterros em funcionamento seja de aproximadamente 5 anos, sendo que atualmente cada um deles recebe diariamente cinco mil toneladas de resíduos. Embora a geração per capita de lixo, assim como a população estejam aumentando, as áreas para deposição de lixo não se expandem de acordo com as necessidades reais.

Consumir mais energia do que a capacidade de geração e produzir mais lixo do que a capacidade de tratamento adequado são condições insustentáveis.

1.4 ASPECTOS RELEVANTES DA QUESTÃO DA PRODUÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A seguir, alguns problemas decorrentes da produção indiscriminada de lixo são apresentados.

Tabela 1-3 Alguns problemas decorrentes da geração de lixo.

Aspectos	 Contaminação da água pelo chorume produzido pela decomposição da matéria orgânica; 		
sanitário e	 Contaminação do solo pelas condições favoráveis ao desenvolvimento de fungos e bactérias; 		
ambiental	Poluição do ar pelas emissões de poeira, gases e mau cheiro;		
	■ Disseminação de doenças, como o botulismo e o tétano, causados por fungos e bactérias, e diarréias infecciosas, amebíase, tifo, peste bubônica e leptospirose, produzidos por vetores como baratas, moscas e ratos;		
	Riscos de acidentes aéreos com aves;		
	 Desabamentos provocados pelo lixo jogado nas encostas e carregado pela chuva; 		
	 Enchentes causadas pela obstrução de rios e córregos com lixo neles jogado. 		
Aspecto Lixo jogado a céu aberto atrai populações de baixa renda que, atra catação e comercialização de materiais recicláveis, buscam uma for sustento;			
Alta exposição dos catadores a uma gama de moléstias: ferimen geral pela manipulação de objetos cortantes, doenças gastrointestina doenças de pele;			
	Má qualidade de vida dos catadores.		
Aspecto	 Elevados investimentos para recuperação de áreas e mananciais degradados; 		
econômico	Altos custos de implantação e operação de aterros que ocupam imensas áreas, cuja vida útil se esgota rapidamente;		
	Pesados gastos com saúde no tratamento de doenças ocasionadas pela		

O crescimento demográfico combinado com mudanças de hábitos, melhoria da qualidade de vida e desenvolvimento industrial causam um aumento na quantidade gerada de resíduos e em suas características, agravando os problemas de disposição.

Juntam-se a estes problemas a crescente urbanização que limita as áreas disponíveis para a disposição final dos resíduos.

Grandes cidades precisam, muitas vezes, exportar seu lixo para áreas de municípios vizinhos. Em diversas outras situações, áreas não adequadas são eleitas como depósitos provisórios que, com o tempo, muitas vezes acabam se tornando permanentes.

No Brasil, a geração de resíduos sólidos municipais está estimada em 54 mil toneladas por dia, com composição variável de acordo com a região. A geração per capita de uma cidade brasileira varia entre 0,4 e 0,7 kg/hab.dia. De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico -PNSB, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE e editada em 1991, a destinação final de lixo nos municípios brasileiros se divide da seguinte forma:

- 76% vão para lixões a céu aberto;
- 13% vão para aterros controlados;
- 10% vão para aterros sanitários;
- Apenas 1% total de lixo coletado passa por algum tratamento, seja de compostagem, reciclagem ou incineração.

O lixão a céu aberto é uma forma inadequada de disposição final de resíduos sólidos, caracterizado pela simples descarga de resíduos sobre o solo, sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública.

Os resíduos assim lançados acarretam problemas à saúde pública, como proliferação de vetores de doenças (moscas, mosquitos, baratas, ratos, etc.), geração de maus odores e, principalmente, a poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas através do chorume (líquido de cor preta, mau cheiroso e de elevado

potencial poluidor produzido pela decomposição da matéria orgânica contida no lixo), comprometendo os recursos hídricos.

Acrescenta-se a esta situação o total descontrole quanto aos tipos de resíduos recebidos nestes locais, verificando-se até mesmo a disposição de dejetos originados dos serviços de saúde e das indústrias.

Comumente ainda se associam aos lixões fatos altamente indesejáveis, como a criação de porcos e a existência de catadores (os quais muitas vezes residem no próprio local). (JARDIM, 1995, [19])

A utilização de aterros sanitários é uma técnica de disposição de lixo que utiliza princípios de engenharia sanitária para confinar o lixo à menor área possível e ao menor volume permissível, cobrindo-o com uma camada de terra ou material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho. Este método utiliza critérios e normas operacionais específicas para permitir o confino seguro em termos de controle da poluição ambiental e proteção à saúde pública.

Sua instalação requer técnicas específicas de seleção e preparo da área, de operação e de monitoramento, visando, inclusive, a utilização futura do local. Entre as técnicas destaca-se a impermeabilização lateral e inferior do terreno, para evitar a contaminação do solo e do lençol freático, o sistema de drenagem de águas pluviais e os sistemas de coleta e tratamento de líquidos percolados e de drenagem de gases.

Um aterro controlado é uma versão simplificada do aterro sanitário. Esse método também utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos, cobrindo-os com uma camada de material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho. Porém, geralmente não dispõe de impermeabilização de base (comprometendo a qualidade das águas subterrâneas), nem sistemas de tratamento de chorume ou de dispersão dos gases gerados.

Nessa forma de disposição, a poluição gerada é em geral localizada, pois similarmente ao aterro sanitário, a extensão da área de disposição é minimizada.

Esse método é preferível ao lixão, mas deve ser considerado como solução provisória, pois é grande seu potencial de impacto ambiental, principalmente em relação à poluição das águas e do solo.

Como método de disposição final, existem ainda os aterros em valas de pequenas dimensões que consistem no preenchimento de valas escavadas com dimensões apropriadas, onde os resíduos são depositados sem compactação e a sua cobertura com terra é realizada manualmente; os equipamentos (que podem ser máquinas leves, com retroescavadeiras) são necessários apenas na fase de abertura das valas. Esse método é adequado a comunidades que produzem até 10t/dia de lixo (cerca de 20 mil habitantes). (BNDES, [06])

Alguns fatores que indicam a necessidade de busca de soluções para os problemas da geração de lixo, principalmente nos grandes centros urbanos, são apresentados a seguir.

A) Escassez de investimentos

Os lixões representam a forma mais barata de destinação final de resíduos, enquanto que a compostagem, a incineração e a reciclagem requerem investimentos maiores, nem sempre disponíveis à maioria dos municípios brasileiros. Segundo JARDIM [19], "em geral, os serviços de limpeza absorvem entre 7 e 15% dos recursos de um orçamento municipal".

Esse quadro ilustrado representa a situação de escassez de investimentos em áreas de saneamento básico e de saúde pública que os países de Terceiro Mundo como o Brasil enfrentam. Daí a predominância da existência de lixões nesses países.

B) Esgotamento de áreas disponíveis para aterro próximas aos centros urbanos

No setor de saneamento e saúde pública, a destinação de resíduos sólidos urbanos é uma questão cada vez mais preocupante, principalmente nos grandes centros urbanos. Geralmente, os aterros e lixões ocupam grandes áreas, nem sempre disponíveis nas cidades, que além de causarem problemas de poluição atmosférica à população vizinha. A tendência é que estas áreas de destinação sejam alocadas em locais distantes de suas fontes geradoras, aumentando os custos com transporte.

Nesse sentido, a reciclagem, a coleta seletiva, a redução na fonte geradora, a compostagem e a incineração são medidas que amenizam o problema da falta de espaço físico para a disposição do lixo, porém possuem custo elevado.

Com técnicas modernas, os aterros sanitários constituem uma das alternativas que causam menos impacto ambiental. O custo da operação dos aterros sanitários é atualmente no mínimo três vezes menor que o da compostagem e muitas vezes menor que o da incineração, mas a disponibilidade de áreas é cada vez menor dentro dos grandes centros urbanos.

C) Crescimento dos custos operacionais por tonelada

O crescimento dos custos operacionais para disposição de lixo em aterros sanitários pode ser notado na tabela a seguir.

Tabela 1-4 Evolução do custo operacional dos aterros no período 1980-1992 no município de São Paulo.

Ano	Dólar/tonelada
1980	2 a 3
1984	3 a 4
1988	4 a 5
1992	7 a 8

FONTE: PMSP/Limpurb, apud Calderoni, pg.89.

O aumento do custo verificado pode ser atribuído a fatores como a necessidade de obras para escoamento do chorume cada vez mais em níveis superficiais; obras

referentes a acessos cada vez mais difíceis dada à presença cada vez mais constante de carretas nos aterros; e a obras decorrentes do alteamento crescente dos aterros, chegando a até 50 metros acima do nível original.

D) Emissão de gases

Os depósitos de lixo - aterros e lixões - geram metano quando os resíduos encontram-se sob condições favoráveis. Esta geração varia de local para local, em função de fatores como quantidade de resíduos, idade do depósito, presença de ambiente anaeróbico, materiais tóxicos, acidez e condições construtivas e de manejo.

O biogás pode representar um perigo para o meio ambiente a nível local, caso não sejam tomadas as devidas medidas de prevenção às emissões não sujeitas ao controle. O gás sulfídrico (H₂S), presente em baixas concentrações no biogás, pode causar danos à vegetação e odores desagradáveis e em altas concentrações o gás metano pode provocar misturas explosivas.

Além disso, a disposição e tratamento de resíduos pode produzir emissões de gases que provocam o efeito estufa.

O gás mais importante produzido no tratamento de resíduos ou proveniente dos aterros é o metano, que contribui em proporção considerável para as emissões globais desse gás. Quantias significativas de emissões anuais de metano produzidas e liberadas à atmosfera são um produto secundário da decomposição anaeróbia de resíduos.

As duas maiores fontes deste tipo de produção de metano são os aterros de lixo e o tratamento anaeróbico (processo biológico sob presença insuficiente de oxigênio) de águas residuárias. Em cada caso, a matéria orgânica contida nos resíduos se decompõe por ação de bactérias, produzindo o biogás composto principalmente de metano e gás carbônico.

Segundo inventário da CETESB³, de emissões do metano gerado no tratamento e disposição de resíduos no Brasil, as emissões líquidas de metano por resíduos sólidos no Brasil para os anos de 1990 e 1994 são respectivamente 789,54 e 845,79 gigagramas, equivalendo a um aumento aproximado de 7,1% no período.

As estimativas das emissões globais de metano, proveniente dos aterros, oscilam entre 20 e 70 teragramas por ano (Tg/ano) enquanto que o total das emissões globais pelas fontes antropogênicas, ou seja, aquelas influenciadas diretamente pela ação do homem, equivale a 360 Tg/ano, indicando que os aterros podem produzir cerca de 6 a 20 % do total de metano.

³ Este inventário de emissões de metano gerado no tratamento e disposição de residuos no Brasil nos anos de 1990 e 1994, executado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), seguiu as recomendações do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC), 'Greenhouse Gas Inventory', Volumes 1, 2 e 3, respectivamente 'Reporting Instructions', 'Workbook' e 'Reference Manual' (IPCC, 1995).

1.5 A CONSERVAÇÃO DE ENERGIA E O TRATAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Levando-se em conta o exposto anteriormente, este trabalho tem como objetivo efetuar a análise, através de um enfoque integrado, de soluções dos seguintes problemas relacionados aos temas "energia" e "lixo urbano":

- Necessidade crescente de conservação de energia;
- Esgotamento de aterros sanitários ou locais adequados para a disposição final de lixo.

A relação entre a conservação de energia e o tratamento dos RSU pode ser ilustrada inicialmente através da referência a trabalhos voltados a enfocar os benefícios da reciclagem de lixo para a solução dos problemas acima citados, mostrando como os setores de energia e de saneamento poderiam se relacionar, atuando de acordo com princípios de desenvolvimento sustentável.

Um estudo de impacto ambiental desenvolvido nos Estados Unidos, em 1972, pelo MRI - Midwest Research Institute [25], apresentava vantagens da reciclagem de materiais na conservação de energia, preservação ambiental e conservação de água. As tabelas a seguir ilustram alguns desses benefícios.

Tabela 1-5 Impactos ambientais na produção de 1000 t de aço.

Tabela 1 5 impactos ambientais na produção de 1000 t de aço.				
Impacto Ambiental	Utilização de matéria	Utilização de	Taxa de redução	
	prima	100% de sucata	devido à reciclagem	
Consumo de Matéria Prima	2278 t	250t	90%	
Consumo de Água	$63 \times 10^3 \text{m}^3$	$38x10^3 \mathrm{m}^3$	40%	
Consumo de Energia	6.8 GWh	1.8 GWh	74%	
	R\$ 416 mil*	R\$ 110 mil*		
Poluentes Atmosf.	121 t	17 t	86%	
Geração de Poluição Aquática	67.5 t	16.5 t	76%	
Geração de Resíduos em Geral	967 t	-60 t	105 %	
Geração de Resíduos Minerais	2878 t	63 t	97%	

Fonte: ref.: [25]

Segundo este estudo, na produção de 1000 toneladas de barras de aço, a utilização de sucata consumiria 74 % menos energia e 41% menos água do que o

^{*} Custo equivalente em energia elétrica. Valor empregado R\$ 61.2/MWh = tarifa média setor industrial

processo de transformação da matéria bruta em produto final. Além disso, a quantidade de poluentes atmosféricos seria reduzida em 86% e a de poluentes minerais em 97% (Tabela 1-5).

Fazendo-se outra comparação, a reciclagem de 75 latas de aço poderia poupar uma árvore que seria utilizada como carvão em sua produção. Com 100 latas de aço, poderia-se poupar o equivalente a uma lâmpada de 60 W acesa durante 1 hora.

Da mesma forma os impactos ambientais na produção de vidro e papel são mostrados nas Tabela 1-6 e Tabela 1-7.

Tabela 1-6 Impactos ambientais na produção de 1000 t de vidro.

Impacto ambiental	Utilização de	Utilização de	Taxa de redução
	15% de cacos	60% de cacos	devido à reciclagem
Geração de resíd. minerais	104 t	22 t	79 %
Poluentes atmosf.	13.9 t	13 t	22 %
Consumo de água	76 m ³	380 m ³	50%
Consumo de energia	4.8 GWh	4.2 GWh	6%
	R\$ 294 mil*	R\$ 257mil*	
Consumo de matéria prima	1100 t	500 t	54%
Quantidade de resíduos de manejo	1000 t	450 t	55%

Fonte: ref.: [25]

Tabela 1-7 Impactos ambientais na produção de 1000 t de papel.

Impacto ambiental	Utilização de	Utilização de	Taxa de redução
-	polpa	100% de papel	devido à reciclagem
Consumo de matéria prima	100 t	0	100%
Consumo de água de processo	$91x10^3 \text{ m}^3$	$38x10^3 \mathrm{m}^3$	60%
Consumo de energia	5 GWh	1.5 GWh	70%
	R\$ 306mil*	R\$ 92 mil*	
Geração de poluentes atmosféricos	42t	11t	73%
Geração de poluentes aAquáticos	15t	-9t	44%
Geração de resíduos sólidos	68t	42t	39%
Quantidade de resíduos de manejo	850t	-250t	129%

Fonte: ref.: [25]

No caso do vidro, os dados da Tabela 1-6 se devem ao fato de o ponto de fusão do vidro reutilizado acontecer a uma temperatura de 1.000 a 1.200°C, sendo que o ponto de fusão do vidro com matérias virgens realiza-se com temperatura entre 1.500 e 1.600°C. Por isso, cada tonelada de vidro reutilizado poderia economizar o equivalente

^{*} Valor empregado R\$ 61.2/MWh=tarifa média setor industrial 1995

^{*} Valor empregado R\$ 61.2/MWh = tarifa média setor industrial 1995

a 290 Kg de petróleo gastos na fundição. Além disso, como o vidro é 100% reciclável podendo-se introduzir o caco de vidro em proporções que variam de 15 a 80% do total da composição, dependendo do tipo de produto fabricado e coloração, a reciclagem deixa de utilizar areia, calcário, dolomita, feldspato, bórax e carbonato de sódio, matérias-primas que também utilizam energia para sua extração ou produção.

Para o papel, a economia de energia que se atinge seria da ordem de 70%. Com relação à conservação de água, a produção de cada tonelada de papel consome cerca de 100 mil litros de água, enquanto que a reutilização do papel gasta apenas 37 mil litros de água por tonelada. Soma-se e a isso o fato de a economia de água propiciar economia de energia indiretamente, devido ao processo de bombeamento dos reservatórios até os pontos de utilização. Outro fato interessante é que na produção de papel reciclado é necessário adicionar uma parte de matéria-prima virgem (celulose), mas mesmo assim a reciclagem poupa o corte de cerca de 10 a 20 árvores adultas por tonelada produzida.

Existem também outros materiais com altos potenciais de conservação de energia e água associados a sua reciclagem. O plástico que é produzido a partir de matérias-primas como petróleo, gás-natural, carvão mineral e vegetal, apresenta uma economia em torno de 90% com a reciclagem, sendo que alguns destes energéticos são não renováveis, além de o plástico ser um dos piores resíduos para os aterros, pois demora mais de 200 anos para se degradar sendo que alguns tipos não se degradam.

Outro exemplo de material que propicia benefícios para a conservação de energia é o alumínio, que de todos os materiais exploráveis, é o que apresenta maior potencial de economia de energia com a reciclagem. A produção de uma lata nova a partir de uma recuperada economiza cerca de 95% de energia no processo industrial. Outro ponto importante é a economia de recursos naturais. Para a produção de uma

tonelada de alumínio, são necessárias 5 toneladas de bauxita, que podem ser economizadas com a reciclagem.

A verificação do fato da reciclagem de materiais propiciar tantos beneficios, trouxe à baila a questão original de determinar qual seria a contribuição para o setor energético, em termos de conservação de energia, se os índices de reciclagem no Brasil, que hoje é inferior a 1%, fossem maiores.

Assim como a dúvida sobre se a economia de energia resultante da reciclagem de materiais não justificaria investimentos pelo setor elétrico, em programas de reciclagem.

Durante o decorrer das pesquisas algumas avaliações desenvolvidas por diversos autores vieram responder parte destas questões, assim como colocar outras, no contexto deste trabalho. Por exemplo, Neder [26] expõe que apenas a comercialização dos materiais recicláveis presentes no lixo urbano, não é suficiente para cobrir os gastos operacionais da reciclagem, em que se incluem a coleta seletiva e a triagem do lixo. E assim sendo, a reciclagem de materiais não deveria ser vista apenas pela ótica financeira, mas também por uma preocupação ambiental e social.

Já outro autor, Calderoni [09], chega a alguns dados interessantes. Em seu trabalho, ele contabiliza os ganhos que as prefeituras deixam de auferir devido à não reciclagem de materiais que são descartados ao meio ambiente.

Estas verificações vieram reforçar a idéia de que a reciclagem de materiais não pode ser vista como única solução para os problemas de esgotamento de áreas para a disposição final do lixo e de limitação de recursos energéticos no país. Para a solução destes problemas, existem outras abordagens que podem ser implementadas, como:

 A implantação de usinas de incineração para geração de energia elétrica a partir do calor gerado pela combustão do lixo;

- A compostagem de resíduos orgânicos, que não é explorado com o objetivo de conservar energia, mas traz contribuição significativa para o problema de esgotamento de aterros sanitários; ou até mesmo
- A redução da geração de lixo, já que menos lixo produzido significa menor utilização de recursos naturais e energia para a sua produção, bem como menor quantidade de lixo destinado aos aterros.

O objetivo deste trabalho se configurou então como a execução de uma análise sistêmica da conservação de energia e do tratamento dos RSU, com vistas à solução das dificuldades de suprimento da demanda de energia e de esgotamento de aterros sanitários.

1.6 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho é composto de 3 capítulos principais. O primeiro deles é onde se fez a introdução ao tema, apresentando uma avaliação das questões do consumo de energia e da produção de lixo, com enfoque sistêmico para caracterizar a necessidade de medidas que propiciem um desenvolvimento mais sustentável em relação à utilização eficiente de recursos naturais e energéticos.

No segundo capítulo é apresentada a caracterização dos RSU e algumas metodologias que visam seu tratamento ambientalmente correto dos RSU, procurandose avaliar, quando possível, as contribuições para a conservação de energia.

No último capítulo, procura-se apresentar algumas proposições para o tratamento adequado dos RSU, com vistas à utilização racional e maior eficiência energética, aspectos básicos da Conservação de Energia.

2 POLÍTICAS DE REDUÇÃO DE LIXO E SEU EFEITO NO CONSUMO ENERGÉTICO

Neste capítulo, serão apresentados alguns conceitos importantes para a abordagem da conservação de energia através da minimização de resíduos sólidos urbanos.

2.1 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) E POLÍTICAS ADEQUADAS DE GERENCIAMENTO

Para JARDIM [19], lixo, ou resíduos sólidos, "são os restos das atividades humanas, considerados pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis. Normalmente, apresentam-se sob estado sólido, semi-sólido ou semilíquido (com conteúdo líquido insuficiente para que este líquido possa fluir livremente)".

O lixo urbano recebe a denominação de RSU quando é de responsabilidade da prefeitura e é subdividido em lixo domiciliar, comercial e público. No capítulo 6 do Anexo são apresentadas algumas classificações que o lixo pode ter.

Existem diversos tipos de RSU. Sabendo-se que cada tipo de lixo exige determinada forma de tratamento, existe uma metodologia denominada de Gerenciamento Integrado de Resíduos – GIR, que visa a tratar da forma mais adequada esta questão. Segundo o manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos, elaborado por JARDIM [19], o tratamento dos RSU pode ser efetuado segundo um "conjunto articulado de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento, que uma administração municipal desenvolve, com base em critérios sanitários, ambientais e econômicos, para coletar, tratar e dispor o lixo da sua cidade", ou seja, gerenciar a diversidade de tipos de resíduos de forma integrada.

Gerenciar o lixo de forma integrada significa, através de um sistema de coleta, transporte e tratamento adequado, combinando tipos de soluções disponíveis e utilizando-se de tecnologias compatíveis com a realidade local, fazer com que o lixo não seja uma fonte de problemas, tanto no presente, quanto no futuro.

A seguir, é apresentado um diagrama ilustrativo, onde cada bloco representa uma atividade levada em consideração pelo GIR.

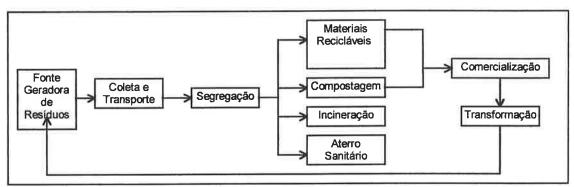


Figura 2-1 Diagrama esquemático do Gerenciamento Integrado de Recursos.

No GIR, todas as características dos resíduos sólidos urbanos devem ser conhecidas. Para isso os resíduos são classificados da seguinte maneira:

- nos aspectos de quantidade geração per capita de lixo (kg/hab.dia), população, taxa de crescimento populacional (%), além da expansão física da área urbana e outros fatores que venham a influenciar variações de geração de lixo;
- nos aspectos da qualidade composição física (% de vidro, plástico, metal, papel,
 etc.) e parâmetros físicos (umidade, densidade e poder calorífico), químicos
 (carbono, nitrogênio, enxofre, potássio e fósforo) e outros.

O conhecimento da caracterização dos RSU, assim como de suas tendências futuras, possibilita calcular a capacidade e tipo dos equipamentos de coleta, tratamento e destinação final. Revela, por exemplo, as potencialidades econômicas do lixo, subsidiando informações para escolha do sistema de tratamento e disposição final mais adequados.

Os fatores importantes na caracterização do lixo são:

A) O teor de umidade nos RSU, que influencia fatores como:

- a escolha do sistema de tratamento;
- a escolha de equipamentos de coleta;
- a determinação do poder calorífico para geração de energia;
- a velocidade de decomposição de materiais biodegradáveis.

B) Produção per capita de RSU

A produção per capita de RSU está diretamente ligada ao padrão de consumo, influenciado pelo poder aquisitivo, hábitos e costumes da população, entre outros diversos fatores em conjunto.

A produção per capita determina fatores como:

- a massa a ser transportada pelos meios de coleta, determinando o tamanho da frota,
 de acordo com a capacidade volumétrica dos veículos;
- as dimensões dos locais de descarga ou estações de transbordo;
- a área de tratamento e disposição final;
- a tempo de vida de um aterro.

C) Classificação dos RSU

Os RSU podem ser classificados segundo critérios como:

- Sua natureza física: seco e molhado;
- Sua composição química: matéria orgânica e matéria inorgânica;
- Os riscos potenciais ao meio ambiente: perigosos, não inertes e inertes;
- Sua caracterização: urbano, quando de responsabilidade da prefeitura, ou especial,
 quando de responsabilidade do gerador.

D) Tipos de Coleta

A coleta é de responsabilidade da Administração Municipal, exceção feita aos produtores de grandes quantidades de lixo especial que, nesse caso, são os responsáveis pela sua remoção. Mesmo quando os serviços de coleta domiciliar são terceirizados, a

administração municipal deve definir requisitos básicos, tais como, frequências e locais de destinação final, cabendo à empresa responsável pelos serviços seu dimensionamento e programação.

Para otimização do sistema de coleta e transporte é necessário um fluxo permanente de informações que subsidie o seu planejamento e gerenciamento.

Quanto maior a produção de lixo, maior deve ser a freqüência da coleta. Porém, quanto maior a freqüência, maior o custo total do serviço. Por isso, a restrição econômica influi diretamente no acúmulo de lixo. A organização da coleta tem grande importância na otimização da relação de custo/benefício neste contexto.

Dados como: condições de tráfego; relevo e pavimentação das ruas; dimensionamento de áreas de coleta de cada veículo; definição de itinerários e divulgação à população de informações como hora e dia de coleta, são fundamentais para a organização da coleta.

Uma característica importante do GIR que nem sempre é executada na prática é a priorização de ações, muitas vezes conhecida como política dos 3 R's, de "Reduzir", "Reutilizar" e "Reciclar", antes da disposição final. Segundo esta política, cada "R" obedece a uma hierarquia. A reutilização não deve ser considerada até que as possibilidades de redução na fonte tenham se esgotado. A reciclagem não deve ser levada em conta até que as possibilidades de utilização tenham se esgotado, e assim por diante, até se chegar à disposição final.

Em alguns países, e dependendo da circunstância, a política dos 3 R's pode receber denominações diferentes, mas sua essência é a mesma.

Nos Estados Unidos, por exemplo, A Environmental Protection Agency (EPA), considera a redução na fonte e a reciclagem, elementos da "minimização de resíduos".

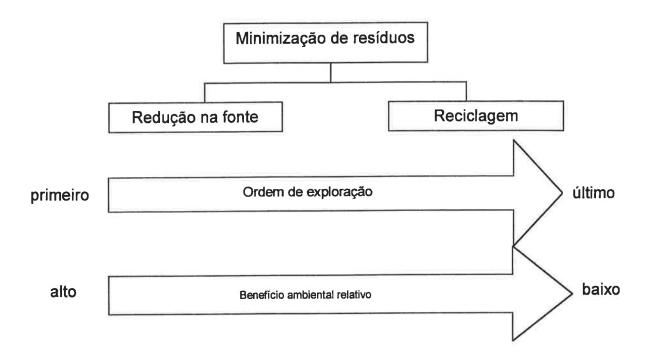


Figura 2-2 Conceito de minimização de resíduos, segundo a EPA.

Segundo a EPA, a redução na fonte é preferível à reciclagem quando vistas de uma perspectiva ambiental. Por este motivo, ações para redução na fonte devem ser priorizadas em relação à reciclagem.

Como se pode notar, a essência destas políticas é a mesma. Uma maneira simples e eficaz de se evitar problemas com disposição final de lixo, é evitando a sua geração. Não havendo como evitar a sua geração, é melhor que este seja tratado de maneira adequada.

Para o governo britânico a hierarquia estratégica adotada para o gerenciamento de resíduos recebe a denominação de política dos 3 R's, de Reduzir, Reutilizar e "Recuperar", como ilustrado na figura a seguir.

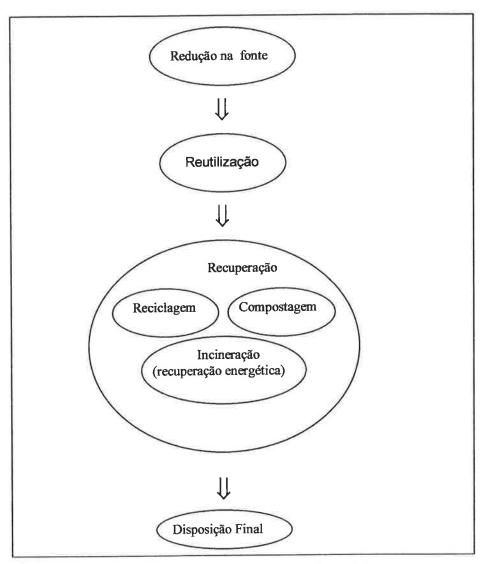


Figura 2-3 A política dos 3 R's.

No Brasil, o terceiro "R" dos 3 R's é geralmente lembrado como "Reciclagem", ao invés de "Recuperação". Cabe ressaltar, no entanto, que a recuperação já envolve a reciclagem, a compostagem de resíduos orgânicos e também a incineração, quando esta é utilizada com a finalidade de se gerar energia, ou "recuperar" energia.

Nesta hierarquia, a reutilização não deve ser considerada até que as possibilidades de redução na fonte tenham se esgotado. A recuperação não deve ser levada em conta até que as possibilidades de utilização tenham se esgotado, e assim por diante, até se chegar à disposição final.

2.2 UMA AVALIAÇÃO DA RECICLAGEM DE MATERIAIS

NO BRASIL

Calderoni [09], em sua pesquisa de doutorado, efetuou uma análise econômica da reciclagem de materiais bastante abrangente, enfocando os ganhos ambientais; a conservação de recursos naturais (água, energia e matéria-prima); a geração de empregos; a prevenção de gastos com a construção de novos aterros etc; apresentando algumas conclusões sobre os ganhos econômicos deixados de serem auferidos devido à conservação energia.

Devido à importância deste trabalho e à sua forte relação com o tema aqui abordados, a avaliação a seguir apresenta um sumário dos principais resultados obtidos por Calderoni, assim como comentários adicionais, consistentes com o objetivo dessa dissertação.

No trabalho de Calderoni, chamam a atenção as conclusões referentes à determinação econômica da reciclagem do lixo, particularmente no município de São Paulo:

"Como resultado principal, em grandezas referentes a 1996, concluiu-se que a reciclagem do lixo é economicamente viável, podendo proporcionar ganhos superiores a R\$ 1,1 bilhão anuais, no caso do município de São Paulo e acima de R\$ 5,8 bilhões, no caso do Brasil como um todo. A economia de matérias-primas pode chegar a quase R\$ 700 milhões e a de energia elétrica a mais de R\$ 265 milhões para o município de São Paulo, onde é da ordem de R\$ 90 milhões a economia decorrente dos custos evitados (coleta, transportes e aterros) pela Prefeitura em função da reciclagem do lixo.

Cabe ressaltar que os gastos da Prefeitura do Município de São Paulo com a coleta domiciliar, transporte e varrição de feiras, correspondentes a uma média de 300 mil toneladas por mês (média de janeiro a agosto de 1996), correspondem a cerca de R\$ 110 milhões anuais, ou 10% da quantia de R\$ 1,1 bilhão de ganhos anuais possíveis decorrente da reciclagem. A parcela

de R\$ 265 milhões corresponde a 2.800 MWh de energia, 22% do consumo do Município de São Paulo.

No caso do Brasil, a quantia de R\$ 5,8 bilhões corresponde a cerca de 0,7% do PIB nacional do ano de 1996." (Calderoni [09]).

Neste contexto, Calderoni sustenta a idéia de que a reciclagem do lixo é economicamente viável sob o ponto de vista da sociedade como um todo, sob os pontos de vista e interesses econômicos dos diversos agentes envolvidos, e não apenas da Prefeitura.

As conclusões de Calderoni basearam-se na formulação elaborada em seu trabalho, seguindo a equação mostrada a seguir.

Equação 1: Formulação de Calderoni para a contabilização de ganhos com a reciclagem:

$$G = V - C + E + W + M + H + A + D$$
, onde:

G = Ganho com a reciclagem;

V = Venda dos materiais recicláveis;

C = Custo do processo de recicalgem;

E = custo Evitado de disposição final;

W = ganhos decorrentes da economia do consumo de energia (Wh);

M = ganhos decorrentes da economia de Matérias primas;

H = ganhos decorrentes da economia de recursos Hídricos;

A = ganhos com a economia de controle Ambiental;

D = Demais ganhos econômicos.

A seguir, cada uma das variáveis da equação 1 são explicados.

Venda dos materiais recicláveis (V)

O preço de venda dos materiais recicláveis é determinado através de pesquisa de preços médios de venda praticados por sucateiros. Calderoni considera que a quantidade de materiais reciclados pela Prefeitura é mínima, frente à quandidade de lixo

domiciliar gerada. Por isso, é considerado que os agentes principais responsáveis pela reciclagem no município de São Paulo são os carrinheiros, catadores, sucateiros e indústria.

O sucateiro é o elemento que desempenha o papel de financiar e operar a triagem dos materiais recicláveis e promover a coleta, o transporte, a armazenagem e o processamento dos materiais recicláveis, através de carrinheiros e catadores. Em outras palavras, o sucateiro assume os custos do processo de coleta e catação e os repassa às indústrias.

A seguinte tabela é aplicada na determinação dos valores das transações com produtos recicláveis:

Tabela 2-1 Valor das transações com produtos recicláveis no município de São Paulo, valores de set/96.

Recicláveis	Consumo	Índice de Reciclagem	Preços Indústria/ Sucateiro	Economia Obtida	Economia Perdida	Economia Possível
	mil t/ano	%	R\$/t	R\$ milhões	R\$ milhões	R\$ milhões
Lata de alumínio	24	85,0	630	12.852	2.268	15.120
Vidro	153	60,0	70	6.426	4.284	10.710
Papel	1.153	46,3	150	80.076	92.874	172.950
Plástico	338	8,5	120	3.448	37.112	40.560
Lata de aço	192	38,0	60	4.378	7.142	11.520
Total	1.860	-		107.179	143.681	250.860

Fonte: Calderoni [09]

Os dados básicos de consumo são pesquisados em associações de fabricantes, organismos de pesquisas, balanços anuais, etc.

Os índices de reciclagem são determinados através de relatórios de experiências de reciclagem de municípios.

O valor obtido das transações é aquele obtido através de transações que efetivamente ocorreram. O valor possível é determinado multiplicando-se os dados de

consumo, índice de reciclagem e preços da indústria/sucateiros. O vaior perdido é a diferença entre os valores possível e obtido.

Custo do processo de reciclagem (C)

O custo do processo de reciclagem (C) corresponde ao custo de transporte, armazenagem e enfardamento - no caso do papel, trituração - no caso dos metais, lavagem - no caso do vidro e plástico, além de outras modalidades de beneficiamento, adotadas conforme as circunstâncias de fornecimento. Adicionalmente, consideram-se também os custos administrativos envolvidos.

Custo Evitado de disposição final (E)

O processo de reciclagem de materiais diminui o volume de lixo a ser disposto.

O custo evitado (E) se refere aos custos evitados com aterros sanitários ou incineração,
bem como com as operações de coleta, transporte e transbordo envolvidas.

Nos custos de aterros e incineradores, são considerados os custos de implantação, operação e manutenção das instalações. Inclui-se também os custos com a frota de veículos utilizados no tranporte e no transbordo.

Ganhos decorrentes da economia do consumo de energia (Wh)

Partindo-se do princípio de que a produção a partir de materiais recicláveis requer consumo de energia significativamente menor do que a produção a partir de matéria virgem, os ganhos decorrentes da economia do consumo de energia são calculados a partir de dados como ilustra a figura a seguir.

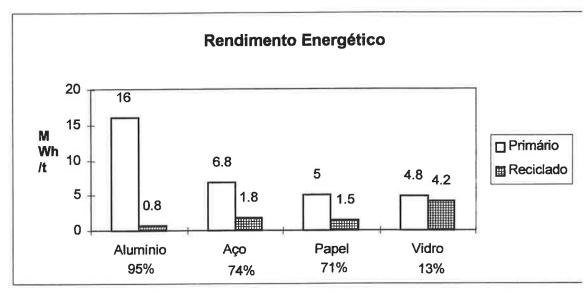


Figura 2-4 Comparação de rendimento energético através da utilização de matéria primária ou de reciclados.

FONTE: Referência [01]

Segundo o gráfico, a produção de 1 tonelada de alumínio a partir da bauxita consome cerca de 16 MWh de energia, enquanto que, se for produzido a partir de alumínio reciclado, seriam necessários apenas 0,8 MWh de energia. Assim, a produção de uma lata de alumínio nova a partir de uma recuperada economiza 95% de energia, por exemplo.

Na produção de 1 tonelada de barras de aço, a utilização de sucata consome cerca de 1,8 MWh de energia, enquanto que a produção a partir de minério de ferro consome cerca de 6,8 MWh, ou seja, 74 % menos energia.

Para o papel, a economia de energia é de 71% e , no caso do vidro, a economia de energia é de cerca de 13%, pois o ponto de fusão do vidro reutilizado acontece a uma temperatura de 1.000 a 1.200°C , sendo que o ponto de fusão do vidro com matérias virgens realiza-se com temperatura entre 1.500 e 1.600°C.

Em outras palavras, na reciclagem de 75 latas de aço, uma árvore que seria utilizada como carvão na produção é poupada. Com 100 latas de aço reciclado, poupase o equivalente a uma lâmpada de 60 W acesa durante 1 hora. No caso do vidro, podese dizer que cada tonelada de vidro reutilizado economiza 290 Kg de petróleo gastos na fundição.

Existem também outros materiais potenciais. O plástico que é produzido a partir de matérias-primas como petróleo, gás-natural, carvão mineral e vegetal, apresenta uma economia em torno de 90% com a reciclagem, sendo que alguns destes energéticos são não renováveis, além de o plástico ser um dos piores resíduos para os aterros, pois demora mais de 200 anos para se degradar sendo que alguns tipos não se degradam.

Com base nesses índices de rendimento energético da Figura de cada material, a economia de energia devido à reciclagem é calculada através da concentração gravimétrica, ou seja, da massa de cada material contida no lixo, como se esses materiais fossem reciclados, ao invés de dispostos em lixões ou aterros.

Ganhos Decorrentes da Economia de Matérias Primas (M)

As matérias-primas a que se refere Calderoni são:

- Bauxita para lata de alumínio;
- Barrilha, areia, feldspato e calcário para o vidro;
- Madeira e produtos químicos para o papel;
- Resinas termoplásticas para o plástico; e
- Ferro-gusa para a lata de aço.

Tabela 2-2 Economia de matéria-prima resultante da reciclagem do lixo para o município de São Paulo, dados de set/96.

Recicláveis	Consumo	Índice de Reciclagem	Custo por tonelada	Economia obtida	Economia Perdida	Economia possível
	mil t/ano	%	R\$/t	R\$ milhões	R\$ milhões	R\$ milhões
Lata de alumínio	24	85,0	12,00	1.224	216	1.440
Vidro	153	60,0	97,42	8.944	5.962	14.906
Papel	1.153	46,3	184,22	98.343	114.061	212.405
Plástico	338	8,5	1.310,00	37.636	405.144	442.780
Lata de aço	192	38,0	122,00	8.901	14.523	23.424
Total	1.860	-		155.048	539.906	694.954

Fonte: Calderoni [09]

O material que apresenta maior economia de matéria-prima devido à reciclagem é o plástico, em fumção do elevado valor da resina termoplástica, cerca de 7 vezes o custo da matéria-prima considerada para o papel.

O papel vem em segundo lugar, devido à alta tonelagem produzida.

Ganhos decorrentes da economia de recursos Hídricos(H)

Para a determinação dos ganhos decorrentes da economia de água, foi estimado o valor da redução do consumo de água em m³/t, multiplicando-se este valor pela tarifa de água em R\$/m³, para cada tipo de material reciclável.

Os valores obtidos por Calderoni são:

- 50% de economia de água no caso do vidro;
- 40% de economia de água para latas de aço, correspondendo a 4 m³/t de material reciclado; e
- 29,2 m³/t de economia de água por tonelada de papel reciclado.

O quadro abaixo sintetiza os cálculos realizados por Calderoni para a quantificação dos ganhos decorrentes da economia de recursos hídricos:

Tabela 2-3 Economia de água resultante da reciclagem do lixo no município de São Paulo, dados de set/96.

Recicláveis	Consumo	Índice de Reciclagem	Redução no Consumo de Água	Economia Obtida	Economia Perdida	Economia Possível
	mil t/ano	%	m ³ /t	R\$ milhões	R\$ milhões	R\$ milhões
Lata de alumínio	24	85,0	-		•	-
Vidro	153	60,0	-	-	-	-
Papel	1.153	46,3	29,2	63,9	74,1	138,0
Plástico	338	8,5	_	-	-	-
Lata de aço	192	38,0	4,0	1,2	2,0	3,1
Total	1.860	-	-	65,1	76,1	141,1

Fonte: Calderoni [09]

Assim, no caso do município de São Paulo, o setor de papel pode auferir ganhos anuais de R\$ 138 milhões, alcançando já R\$ 63,9 milhões. A lata de aço pode obter com a reciclagem economia de R\$ 3,1 milhões/ano, tendo já alcançado R\$ 1,2 milhão/ano.

Ganhos com a economia de controle Ambiental (A)

Calderoni considera que a reciclagem de lixo propicia redução de custos para as empresas que necessitam se adequar às disposições da legislação ambiental.

Em sua tese, foi considerado que tais custos se referem sobretudo aos custos com controle ambiental ligados à poluição da água e do ar, tendo-se, para cada tipo de material, os seguintes ganhos:

Tabela 2-4 Redução da poluição da água e do ar devido ao processo de reciclagem.

Recicláveis	Redução da poluição devido à reciclagem			
	Água	Ar		
Lata de alumínio	97%	95%		
Vidro	50%	20%		
Papel	35%	75%		
Plástico	-	-		
Lata de aço	76%	85%		

Fonte: Powelson, op. Cit., 1992, apud Calderoni, pg. 219

Para se estimar a economia devido à redução da poluição, seria necessário conhecer os valores monetários associados a esta redução. Nos valores calculados por Calderoni, foram considerados apenas os valores de redução de custo referentes apenas à lata de aço, da ordem de R\$ 7,50 por tonelada, incluindo-se a poluição da água e do ar.

Demais ganhos econômicos (D)

Existem outros ganhos econômicos que não são abrangidos no trabalho de Calderoni, dentre os quais podem ser citados:

- Custo da energia produzida evitada,
- Redução de importação de determinadas matérias-primas; e
- Alongamento de vida útil de determinados equipamentos, como é o caso dos equipamentos utilizados na fabricação do vidro, em consequência da menor temperatura requerida para produção através de cacos de vidro em lugar das matérias-primas usuais.

Os resultados globais de sua análise, tendo como base a moeda em R\$, para a época setembro/96 foram as seguintes:

Tabela 2-5 Economia resultante da reciclagem de lixo para o município de São Paulo.

Economia	G=	V	-C	+E	+W	+M	+H	+A
		Venda de	Custo da	Custo	Economia	Economia	Economia	Economia
		reciclávei	Reciclage	Evitado	de	de	de	de Custos
		s	m	da PMSP	Energia	Matéria -	Recursos	Ambienta
						Prima	Hídricos	is
Possível	1.117,5	250,9	-75,3	90,3	265,0	695,0	141,1	1,4
Obtida	326,3	107,2	-32,2	36,3	101,5	155,0	65,1	0,5
Perdida	791,2	143,7	-43,3	54,0	163,5	539,9	76,0	0,9

Fonte: Calderoni [09]

As conclusões de Calderoni, a partir dos dados acima são as seguintes:

- Se todo lixo gerado no município de São Paulo fosse reciclado, a economia possível seria da ordem de R\$ 1,1 bilhão, porém com os níveis de reciclagem verificados, foram alcançados apenas R\$ 326 milhões e perdidos R\$ 791 milhões;
- O papel constitui a principal fonte de economia entre os recicláveis, no que se refere à economia obtida, respondendo por 71% do total, mercê da elevada escala em que opera;
- plástico representa 59% da economia perdida, dadas as dificuldades de identificação desse reciclável e a sua desfavorável relação peso/volume;
- A matéria-prima é a principal fonte de economia obtida com a reciclagem, sobretudo no caso do papel. O plástico é a maior fonte de economia potencial entre os recicláveis, R\$ 443 milhões;
- As transações de recicláveis atingiram R\$ 107 milhões no município de São Paulo, valor este distribuído pela indústria aos sucateiros e carrinheiros/catadores. O potencial dessas transações chega a R\$ 251 milhões, montante apto a suportar cerca de 28 mil empregos de carrinheiros/catadores com rendimentos anuais de R\$ 3,6 mil (R\$ 300/mês) e a manter em atividade uma rede importante de sucateiros;
- A Prefeitura Municipal vem auferindo R\$ 35 milhões como benefício decorrente da reciclagem, uma vez que não precisa coletar, transportar e dispor em aterros 748 mil toneladas de lixo;
- A reciclagem proporciona uma economia de R\$ 436/ton no município de São Paulo, valor expressivo e apto a justificar ao menos iniciativas promocionais no sentido da instituição e manutenção de programas de coleta seletiva domiciliar, os quais contribuiriam para elevar ainda mais o valor dos recicláveis.

2.2.1 ECONOMIA DE ENERGIA DEVIDO À RECICLAGEM NO BRASIL

No trabalho de Calderoni, a economia de energia resultante da reciclagem de lixo para o Brasil poderia ser de cerca de 37 TWh anualmente, cerca de 14% do consumo de energia elétrica no Brasil em 1995, cerca de 270 TWh.

Considerando-se que o potencial hidráulico inventariado firme no Brasil, segundo o Balanço Energético Nacional de 1996, é de 92,9 GW ano, para a produção de 37 TWh anual, uma usina de aproximadamente 12 GW, equivalente a uma Itaipu, é necessária.

Estes dados dão uma dimensão estimada da potencialidade de economia de energia. Há que se ressaltar, no entanto, que a obtenção dessa economia não é trivial. As dificuldades principais são:

- Programas de coleta seletiva e reciclagem de resíduos deveriam ser implantados em todo Brasil;
- A economia de 37 TWh anual de energia estimada por Calderoni não se refere apenas à energia elétrica. Embora a unidade utilizada seja a de energia elétrica, o processo de produção e transformação dos materiais em estudo, no caso o alumínio, aço, papel, plástico e vidro, utilizam-se de outras fontes energéticas também. Se forem consideradas todas as fontes energéticas, o consumo de energia total do Brasil é de cerca de 57 mil Wh¹, fazendo com que a economia proveniente da reciclagem de lixo não represente 0,1% do total de energia consumida no Brasil.

Utilizou-se como unidade de conversão: 1 tEP médio = 0,290 MWh. Balanço Energético Nacional 1996. Ministério de Minas e Energía.

2.3 A COMPOSTAGEM DE MATERIAIS

A compostagem de materiais pode ser encarada, na realidade, como uma reciclagem de materiais orgânicos.

Ela consiste da transformação de materiais orgânicos, como restos de alimentos, papéis, folhas, vegetais, madeiras, etc, em adubo orgânico.

Atualmente ela é praticada de duas formas principais:

- Pontualmente, quando cada consumidor faz a compostagem de seus próprios resíduos gerados, comercializando-o ou para utilizando-o em suas próprias atividades. Esta forma de compostagem é realizada na agricultura, em domicílios, ou em centros de abastecimento de alimentos, principalmente;
- Descentralizadamente, quando a compostagem é feita em centros de triagem de lixo. Nos centros de triagem, os materiais recicláveis comercializáveis, como latas de alumínio, plásticos, papéis e vidros, entre outros, são segregados do lixo. Em seguida, os materiais inorgânicos e outros aos quais não se aplica a compostagem são separados e o material restante recebe um tratamento para que ocorra o processo orgânicos A parcela de materiais orgânicos que sobra recebe um tratamento adequado de cura, para se transformar em adubo. O problema deste tipo de compostagem é que o material resultante possui valor baixo no mercado, devido ao seu alto índice de contaminação por substâncias que não são segregadas no processo de triagem, como mercúrio de pilhas, pó de lâmpadas fluorescentes, tintas, materiais inertes, etc.

2.4 INCINERAÇÃO COM RECUPERAÇÃO ENERGÉTICA

Existem formas diretas e indiretas para aproveitamento da energia presente no lixo. A maneira tradicional de recuperação direta de energia a partir do lixo é através da incineração. Existem outros métodos também, como a coleta de gás metano através de decomposição anaeróbica, que são apresentados posteriormente.

A incineração é a combustão do lixo em fornos especiais, com utilização de oxigênio e turbulência e controle de permanência e temperatura. Ao final do processo, há significativa redução do peso e do volume do lixo incinerado.

É possível obter energia a partir de resíduos através da incineração, desde que estes sejam combustíveis e não excessivamente úmidos. O calor assim gerado pode ser utilizado para aquecimento direto, em processos de vaporização, ou para gerar eletricidade. Alguns resíduos líquidos podem até ser utilizados como complementos a combustíveis convencionais.

As usinas de incineração utilizam fornalhas para a queima de resíduos, aquecendo água que passa através de tubos, para ser aproveitada em outros processos. Neste sistema, mesmo os resíduos com grau elevado de periculosidade podem ser utilizados. Existem usinas que operam em larga escala, queimando 500 a 1000 toneladas por dia, e as usinas de menor escala que operam de 50 a 100 toneladas por dia de resíduos. As usinas de grande escala apresentam a vantagem da economia de escala na utilização dos resíduos, e também na geração de energia, à medida que as turbinas a vapor utilizadas podem ser maiores e portanto com maior eficiência. As usinas de escala reduzida são úteis em comunidades com população em torno de 30 a 200 mil habitantes, produzindo entre 50 e 200 t/dia de resíduos sólidos urbanos. Possuem a flexibilidade de se ajustarem às necessidades de demanda e também de manutenção, através do sistema

de rodízio de operação das usinas que permite o fechamento programado de algumas usinas. A desvantagem está na pressão do vapor gerado, geralmente baixa.

2.4.1 ESTUDO DE CASO PARA INCINERAÇÃO DE LIXO

Em 1991, a Cesp efetuou um estudo sobre a viabilidade de implantação da Usina Termoelétrica a Lixo (UTEL) no município de São Paulo, a ser implantada na região de Santo Amaro, a 16 km do centro e próximo de um aterro sanitário em fase de fechamento, por saturação.

A UTEL-Sto. Amaro seria uma alternativa à problemática da disposição final de lixo na região, pois evitaria que o lixo gerado nas proximidades fosse transportado a aterros mais distantes, por pelo menos mais 30 anos, sua vida útil.

Com capacidade de incineração nominal de 1.800 toneladas de lixo por dia, a UTEL Sto. Amaro teria a potência nominal de 30 MVA. Passando para valores anuais, obtêm-se os seguintes valores:

Capacidade de incineração de lixo:

630.000 ton/ano

Capacidade de geração de energia:

240 GWh/ano

Consumo próprio:

55 GWh/ano

• Quantidade de energia suprida:

185 GWh/ano

Na análise econômico-financeira do projeto, as receitas são oriundas:

- a) Da prestação do serviço de tratamento do lixo às municipalidades que o coletam e entregam na UTEL para a respectiva incineração;
- b) Do suprimento de energia elétrica ao sistema interligado a ser remunerado pela concessionária local.

Resumidamente, pode-se dizer que os benefícios de uma usina de incineração são:

Esterilização dos resíduos;

- Diminuição do volume de resíduos a ser aterrado e ampliação da vida útil de aterros existentes;
- Economia de combustível com transporte a aterros distantes;
- Reaproveitamento energético dos resíduos e aumento da confiabilidade no fornecimento elétrico da região.

Existem outras formas de recuperação energética através do lixo. No capítulo 7 do Anexo são apresentadas algumas delas.

2.5 REDUÇÃO NA FONTE

Existem diversas maneiras de se reduzir a geração de RSU. A seguir, apresentamos uma tabela com alguns exemplos que podem ser seguidos pelos consumidores.

Tabela 2-6 Exemplos de formas de redução na fonte.

Bem embalado	Nos EUA, a 4º maior indústria é a de embalagens. As					
X	embalagens são necessárias para o armazenamento seguro de					
Excesso de embalagem	produtos, para proteger a saúde humana e para promover a					
	venda de produtos. Estima-se que para cada dólar gasto em					
	compras, 10% seja custo da embalagem. Escolher produtos com					
	menos embalagens economiza dinheiro e evita que toneladas de					
	embalagens contaminem o meio ambiente.					
Tamanho família	Produtos como cereais, refrigerantes, etc. possuem a relação					
X	produto/embalagem maior quando comprados em pacotes					
"one way"	tamanho família. Além disso, geram menos lixo por quantidade					
	de produto.					
Papel	Embalagens plásticas contêm diversos tipos de resinas,					
X	tornando-as de difícil identificação para a reciclagem. Além					
plástico	disso, muitos plásticos não se decompõe na natureza, tornando-					
	se lixo perene nos aterros.					
	O papel, além de ser mais fácil a sua reciclagem, decompõem-se					
	mais rapidamente nos aterros.					
Menos sacolas plásticas	As sacolas de supermercados são pagas pelo estabelecimento.					
de supermercados.	Portanto, quem as paga são os consumidores. E no final, quem					
	paga é o meio ambiente.					
Reutilizáveis	Produtos descartáveis podem ser mais convenientes, mas geram					
X	mais lixo. São exemplos de produtos reutilizáveis:					
Descartáveis	Baterias recarregáveis; lenço de pano, ao invés de lencinhos de					
	papel; barbeador com lâminas descartáveis, ao invés do					
	barbeador inteiro descartável; pratos de cerâmica, copos de					
	vidro, etc.					
Durabilidade e qualidade	Produtos de melhor qualidade são mais caros, mas geralmente					
	apresentam maior durabilidade.					
Reutilização	Envelopes usados podem ser reutilizados em circunstâncias que					
	não exigem boa apresentação; rascunhos podem ser escritos no					
	verso de documentos sem valor; embalagens de produtos podem					
	ser reutilizados para embalar outros produtos, etc.					

Fonte: Panfletos da UTAH Department of Environmental Quality e do California Integrated Waste Management Board.

A maioria dos exemplos apresentados na Tabela 2-6 necessitam da conscientização da população para serem seguidos. Mas o que garante a colaboração dos consumidores para que os exemplos sejam seguidos?

Na cidade de Viena, em um estudo feito por Gilnreiner [16], sobre estratégias de minimização de lixo e suas chances de sucesso, o autor aponta que:

- Esquemas econômica e ecologicamente aceitáveis podem ser mais ou menos impostos ao público através de leis e relações públicas. Esta opção tende a resultar em insatisfação e possível fracasso.
- 2) Um fator social deve ser acrescentado aos componentes sociológicos e econômicos. Isto quer dizer, investigar sob quais circunstâncias e até que ponto as coisas são aceitáveis ou não.

Neste estudo, é exposto que soluções ecologicamente consistentes podem ser bem sucedidas quando largamente aceitas pelos consumidores, comércio e indústria em geral. Portanto, haveria a necessidade de se procurar a interseção de interesses que protecionistas ambientais, consumidores, comércio e indústria têm em comum.

Partindo-se das seguintes premissas que:

- Comércio e indústria satisfazem as necessidades do consumidor, primariamente com bens materiais;
- Como comerciante, o homem tende a maximizar seus lucros;
- Os seres humanos estão constantemente lutando por um novo sentimento de felicidade. Quando não há mudança nos objetos que ele possuem ou no mundo em que eles vivem, sua alegria desaparece e o seu desconforto cresce;
- Como consumidor, o homem tende a aumentar a quantidade e a qualidade dos seus pertences e a descartar as coisas que não mudam;

Talvez a única maneira de se conseguir a interseção desses interesses seria garantir ao comércio e à indústria o mesmo lucro com menos consumo de recursos, e garantir ao consumidor a mesma felicidade com menos material de consumo.

Num primeiro momento, parece difícil reduzir o consumo de material, sendo que o crescimento econômico normalmente se dá com o aumento do consumo de

recursos. Mas algo semelhante já aconteceu com a energia. A partir da crise petróleo, em 1973, muitos países conseguiram diminuir a relação entre o crescimento do consumo de energia com o crescimento do PIB. Tal fato se deu devido à necessidades econômicas associadas ao aumento do de preços do petróleo.

Isto quer dizer que, assim como ocorreu com a energia, o aumento do consumo de recursos tem de ser, pelo menos, mais lento que o crescimento econômico. Obviamente tal fato não ocorrerá voluntariamente, sendo necessário a implementação de ferramentas de controle eficazes. Um caminho seria a taxação gradual do consumo de recursos e, simultaneamente, reduzir os impostos sobre o trabalho, proporcionalmente. Assim, o comércio e a indústria automaticamente reduziriam o consumo de recursos para maximizar seu lucro, beneficiando a redução de lixo.

Do ponto de vista do <u>consumidor</u>, um trabalho de sensibilização poderia ser feito para mostrar que é possível alcançar a mesma felicidade com menos material de consumo, considerando:

- mais qualidade, menos quantidade;
- mais alta tecnologia, menos material consumido;
- mais amor e carinho, menos presentes;
- mais tempo para as crianças, menos dinheiro trocado;
- mais cultura, menos símbolos de status;
- mais produtos duradouros, menos produtos descartáveis;
- mais charme, menos maquiagem;
- mais esportes, menos artigos esportivos;
- mais animação, menos tecnologia de diversão;
- ...e assim por diante.

Infelizmente, ainda teremos que enfrentar o aumento, em vez da redução do lixo, nos próximos anos, principalmente nos lugares onde há crescimento populacional,

econômico, ou ambos, pois esta abordagem vai de encontro com nosso sistema econômico tradicional.

A abordagem metodológica utilizada por Gilnreiner [16] se baseia em 3 variáveis:

A primeira é o lixo doméstico POTENCIAL, definido como a porção recuperável das frações do lixo doméstico, em porcentagem ou peso. A segunda é a ACEITAÇÃO, definida como uma proporção entre a aceitação e a rejeição das estratégias. A terceira seria a EFICÁCIA, sendo a porção dos materiais que podem realmente ser explorados com base na aceitação. Assim, a eficácia é definida como a probabilidade de sucesso. Matematicamente, EFICÁCIA = POTENCIAL X ACEITAÇÃO.

Enquanto que o potencial está relacionada à composição de materiais contidos no lixo, a aceitação depende do fator humano.

Assim, a aceitação pode ser estimulada através de campanhas de conscientização ou de taxação. Por exemplo, em Bonn, na Alemanha, o governo instituiu uma taxa sobre a quantidade de detritos produzida nas residências. Dessa forma, o morador só paga pelo lixo que efetivamente produz, tantas vezes quantas sua lata for esvaziada. Através de um moderno sistema, um computador no veículo de coleta se comunica automaticamente com o microprocessador de cada lata de lixo que está sendo esvaziada, transmitindo sinais para uma central de controle, para que seja emitida a cobrança mensal.

No próximo item será proposta uma metodologia para se estimar a quantidade de energia conservável devido à redução na fonte, baseada no princípio da eficácia = potencial x aceitação.

Embora a redução na fonte possa ser aplicada em diversos setores da economia, inclusive no setor residencial e comercial, que têm maior importância para

este trabalho, a maioria dos estudos que trata sobre redução na fonte dá um enfoque para aplicação no setor industrial.

A maioria dos trabalhos referentes à redução na fonte para RSU tratam sobre o tema de forma qualitativa, na forma de campanhas ou fornecendo alguns dados gerais de economias e vantagens para os consumidores. Quantificar as vantagens para o governo e indústrias, porém, envolve múltiplas variáveis, tornando esta atividade complexa. Por exemplo, como avaliar o impacto na economia ou o índice de desemprego, se as indústrias que produzem produtos descartáveis fossem sobretaxadas, fazendo com que o consumidor priorizasse o consumo de produtos mais duráveis? Provavelmente muitas destas indústrias acabariam produzindo menos, tendo que reduzir seus quadros de funcionários. Por outro lado, outros postos de trabalho seriam criados nas indústrias onde o consumo de produtos mais duráveis venha a aumentar. E como seria possível prever o aumento ou diminuição de matéria-prima e energia devido a essas mudanças? Essas respostas ainda não foram totalmente descobertas.

Já os trabalhos que tratam sobre a redução na fonte para processos industriais apresentam metodologias de aplicação e pesquisas detalhadas.

A EPA, em seu Manual de Avaliação de Oportunidades para Minimização de Resíduos, publicado em julho de 1998, apresenta o seguinte esquema para a Redução na fonte para processos industriais:

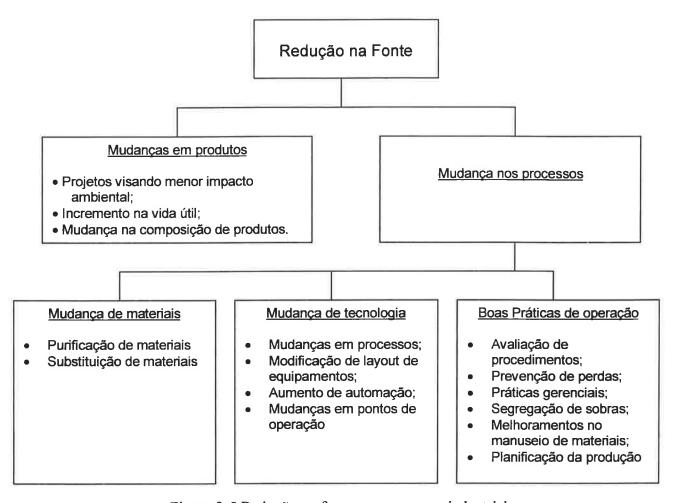


Figura 2-5 Redução na fonte em processos industriais.

A redução na fonte para processos industriais é a forma ótima de evitar a geração de resíduos, pois possibilita a substituição de produtos perigosos por outros que sejam confiáveis, otimiza o uso de recursos energéticos e matérias-primas e reincorpora resíduos ao processo.

Economicamente falando, para a indústria, medidas de redução na fonte custam menos que a reciclagem, que por sua vez é mais barata que a disposição final. E ainda apresentam gastos menores que medidas de remediação por contaminações ou por redução de lucro por ineficiência na produção.

A tabela a seguir compara qualitativamente o custo associado à redução na fonte com a reciclagem e a disposição final. A disposição final sem tratamento é a

opção que apresenta maior custo associado, devido às medidas de remediação das destruições causadas.

Tabela 2-7 Hierarquia das opções de gestão ambiental

Opções técnicas			Custo
Redução na fonte	Mudança nos processos	Substituição de materias primas e insumos contaminantes	
	Mudança em	Utilização de tecnologias limpas	
		Melhoramento na gestão e nas práticas de operação	\$
		Projetos visando menor impacto ambiental	
	The PACE ST	Aumento da vida útil do produto	
Reciclagem		Recuperação e reutilização dentro do processo produtivo	\$\$\$
		Reciclagem fora do processo produtivo	
Pré-tratamento e tra	\$\$\$\$\$		
Disposição final/des	\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$		

= Opções de produção limpa Fonte: FRIEDMANN [15]

A ISO 14000⁴ trabalha bastante neste sentido também. Aplicando-se os procedimentos da ISO é possível tornar os processos mais eficientes, minimizando-se a geração de resíduos.

2.5.1 ESTIMATIVA DA ENERGIA CONSERVÁVEL DEVIDO À MEDIDAS DE REDUÇÃO NA FONTE

No caso de se desejar calcular a energia conservável devido a medidas de redução na fonte, a seguinte expressão poderia ser utilizada:

Equação 1: Energia conservável devido a medidas de redução na fonte.

Sendo:

I) Ec = Energia conservada devido à redução da geração de lixo na fonte. Neste caso, todos os tipos de energéticos utilizados na cadeia de produção (por exemplo, diesel, álcool, carvão, eletricidade) devem ter suas unidades convertidas para uma

unidade de referência (por exemplo Wh, joule, cal/h ou tonelada equivalente de petróleo);

II) Q = Quantidade equivalente de determinado material ou produto descartado,em peso;

Ep = Energia poupada equivalente pela redução de 1 tonelada de determinado material:

O produto Q x Ep pode ser expandido para:

Equação 2 Valor da energia conservável equivalente

$$Q \times Ep = Q_{\text{Economizado}} \times E_{\text{produção}} + (Q_A \times E_{\text{produção}A} - Q_B \times E_{\text{produção}B})$$

Onde

E_{produção A} = Energia consumida na produção de 1 tonelada do material A;

 $E_{\text{produçãoB}} = Energia$ consumida na produção de 1 tonelada do material B que substitui o material A;

Q_{Economizado} = Quantidade de material economizado através de medidas simples como: utilização do verso de papéis usados para rascunho, reutilização de copos descartáveis etc.;

 Q_A = Quantidade de material A descartado;

 Q_B = Quantidade de material B que substitui Q_A ;

A equação 2 pode ser simplificada, segundo os seguintes casos:

a) Ocorre economia de materiais através do processo de reutilização, sem substituição de materiais. Existem alguns exemplos que podem ser dados, como a reutilização de embalagens de papelão, vidro, plástico etc., ou até mesmo a utilização de produtos embalados em "tamanho família" em detrimento àqueles com embalagem "one way".

⁴ Para entender o que é a ISO 14000, consulte a seção 6 do Anexo.

Nesses casos, ocorre a economia de materiais sem a substituição por outros produtos. A Equação 2 é simplificada para:

$$Q \times Ep = Q_{\text{Economizado}} \times E_{\text{produção}}$$

b) Ocorre economia de materiais através da substituição de materiais, por exemplo, quando se utilizam copos de vidro no lugar de centenas de copos plásticos descartáveis.

Então a Equação 2 fica:

$$Q \times Ep = Q_A \times E_{produçãoA} - Q_B \times E_{produçãoB}$$

c) Ocorrem mudanças tecnológicas que fazem com que determinados produtos desapareçam com o tempo.

Um exemplo de avanço tecnológico que pode auxiliar na economia de materiais é o desenvolvimento da tecnologia digital. Por exemplo, com a popularização da Internet, muitas cartas, memorandos, jornais e outros impressos em papel passarão a ser distribuídos eletronicamente. Para se contabilizar a energia conservável nesse caso, pode-se assumir a hipótese de que os computadores possuem inúmeras aplicações, onde se inclui a utilização da Internet. Sendo assim, a equação 2 fica:

$$Q \times Ep = Q_A \times E_{produçãoA} - Q_B \times E_{produçãoB}$$

Ou seja, Q x $Ep = Q_A$ x $E_{produçãoA}$, onde Q_A representa a quantidade de papéis descartados e $E_{produçãoA}$ corresponde à energia equivalente consumida por tonelada na produção desse papel .

O mesmo raciocínio pode ser aplicado à substituição dos discos de vinil amplamente consumidos até a década de 80, pela tecnologia digital que atualmente chega a revolucionar até o mercado de CD-ROMs, através da propagação do formato conhecido como MP3, cada vez mais popular na Internet. Com o formato MP3 é possível atualmente carregar na hora, via Internet, músicas de interesse para e escutá-las

diretamente através do computador ou gravá-las em outros meios magnéticos ou digitais. Alguns cantores já preferem lançar faixas de músicas promocionais via Internet a lançá-los em CD-ROM. Os custos são bem menores para os artistas pois ocorre uma economia bastante grande nos materiais empregados na manufatura dos CD's, embalagens, transporte e distribuição dos mesmos.

Por outro lado, o avanço tecnológico pode também causar o aumento do consumo de materiais e de energia. A utilização cada vez maior de fraldas descartáveis é um exemplo. Segundo dados da revista Exame de jun/99, até meados da década de 80, uma fralda descartável custava cerca de 1 dólar, enquanto 20 fraldas de pano eram compradas por 5 dólares. Nessa época, apenas 4% dos bebês usavam fraldas descartáveis no Brasil e ainda alguns pediatras a desaconselhavam, por deixar as pernas do bebê muito abertas ou por causar alergias freqüentes.

Hoje, o uso de super absorventes permite tornar as fraldas mais delgadas, a utilização de fitas adesivas permite aos pais inspecionar o conteúdo sem se desfazer da fralda e o desenvolvimento de produtos anti-alérgicos não causam mais os inconvenientes das primeiras fraldas descartáveis. Dos meros 4% dos bebês, as fraldas descartáveis chegaram a 10% de penetração em 1996, 17% em 1997 e 22% em 1998. Para 1999, os fabricantes prevêem 25% de taxa, sendo que hoje 20 fraldas descartáveis custam cerca de 4 reais. Nos EUA, onde não se fabricam mais fraldas de pano, as fraldas descartáveis têm 90% de penetração.

III) Potencial = parcela de material, em %, encontrado no lixo que poderia ser reduzido. O potencial de redução de determinado produto é maior quanto maior for a existência e disponibilidade de materiais que possam substituir os materiais com que são fabricados estes produtos. Em geral, produtos descartáveis possuem elevado potencial de redução. As latas de alumínio são um exemplo de material com grande potencial de redução. Basta lembrar que até meados da década de 80, quando as bebidas em latas de

alumínio passaram a tomar conta das prateleiras dos supermercados, a maior parte do consumo de cervejas e refrigerantes era praticamente feito através de garrafas de vidro retornáveis.

IV) Aceitação = valor em %, que representa a aceitação dos consumidores em relação à redução na fonte de determinado produto. Continuando o exemplo das latas de alumínio, hoje a sua "aceitação" de redução no consumo de latas de alumínio é bastante baixa. Hoje, praticamente não se encontram supermercados que ofereçam a venda de bebidas em garrafas retornáveis.

A modificação do nível de aceitação de redução de determinado material ou produto depende basicamente de dois fatores: estímulos e conscientização. Um exemplo de estímulo seria a imposição de impostos à indústria de latas de alumínio, causando uma sobre elevação no preço final das bebidas.

A conscientização da população, neste caso, deveria ser no sentido de estimular o consumo de refrigerantes e cervejas em garrafas retornáveis, mostrando-se os benefícios ao meio ambiente e aos consumidores em si, que teriam a vantagem de consumir refrigerantes e cervejas a um preço relativamente menor.

Para ilustrar um exemplo de conscientização, vamos apresentar o Programa USP Recicla, da Universidade de São Paulo, em que com a mudança nos hábitos de alunos, funcionários e docentes, a produção diária de lixo caiu pelo menos 50%, em peso nas unidades em cada campus da USP (São Paulo, Bauru, Piracicaba, Pirassununga, São Carlos e Ribeirão Preto).

O USP Recicla atua através de encontros educativos em diversas faculdades e órgãos administrativos da USP. Nestes encontros, tanto os aspectos de reciclagem, como os de redução de resíduos são enfatizados, enfatizando-se o poder de engajamento de cada pessoa e fazendo com que os participantes sejam incentivados a sugerir

mudanças de procedimentos, tanto individuais, quanto jurídico-administrativas, que possam resultar em um consumo mais "sustentável" de materiais.

A metodologia aplicada pode ser classificada como essencialmente educativa e humanista, isto é, deixa-se a um segundo plano a transmissão de conteúdo "técnicocientífico". Entende-se aqui como metodologia humanista aquela que privilegia aspectos de crescimento pessoal e a relação do indivíduo com o ambiente coletivo.

Em geral, as atividades do USP Recicla começam pela caracterização dos resíduos produzidos. Amostras diárias de lixo são estudadas qualitativa e quantitativamente, avaliando-se o potencial para a redução no uso, reutilização e reciclagem de materiais. Após estes levantamentos, os usuários da unidade ou órgão são convidados a participar de um dos vários encontros educativos promovidos pelo programa. Durante estes encontros são discutidos tópicos como geração, acondicionamento e destinação do lixo, impacto ambiental na exploração de recursos naturais, reciclagem, compostagem, consumismo, desperdício etc.

De 50 unidades visitadas e quase 75 mil pessoas que passaram por este programa, foi obtido um índice médio de redução no peso do lixo de 50%. Neste caso, este índice corresponde não apenas à aceitação, mas ao produto Potencial x Aceitação.

Para se estimar o montante de energia conservada na USP, devido ao programa USP Recicla, através da equação Ec = Q x Ep x Potencial x Aceitação, devemos calcular as variáveis Q e Ep, pois sabemos de antemão que:

$$P \times A = 50\%$$

Adotando-se o consumo energético específico associado à produção de papel em suas diversas formas (vide Figura 2-4) de:

$$Ep = 5$$
 MWh/ton.

E estimando-se que a quantidade de papel encontrado nos lixos das diversas unidades onde o programa USP Recicla atuou seja de:

$$Q = 4.7 \text{ ton/ano}$$

Obtemos:

 $Ec = Q \times Ep \times Potencial \times Aceitação$

 $Ec = 4.7 \times 5 \times 50\%$

Ec = 11,7 MWh/ano de energia poupada

Considerando-se que em geral a energia elétrica corresponde a aproximadamente 50% da energia total do consumo específico de energia para a fabricação do papel, chega-se ao resultado que cerca de até 5,8 MWh/ano em energia elétrica tenha sido economizada.

Cabe ressaltar que no caso do USP Recicla, este resultado pôde ser obtido com custo financeiro comparativamente baixo, em relação a se o programa visasse exclusivamente à reciclagem ou a incineração. Através de uma atividade de conscientização, houve efetiva redução na quantidade de resíduos gerados e os materiais descartados destinados à reciclagem foram segregados na fonte, não necessitando de investimentos em equipamentos para triagem dos mesmos.

Esta metodologia de determinação do potencial de energia conservável devido à redução na fonte pode ser aplicada a todos os materiais presentes no lixo, independentemente se forem orgânicos ou inorgânicos, recicláveis ou não recicláveis, já que todos consomem energia em seu processo de produção, possuem um potencial de redução e um nível de aceitação intrínsecos a cada tipo de material.

3 A IMPLEMENTAÇÃO DA MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E A CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

Resumindo-se o que foi exposto até o momento, a minimização de RSU pode visar a:

- 1. Aumentar a eficiência no uso de energia e de recursos;
- 2. Reduzir ao mínimo a geração de resíduos.

Para se atingir estes objetivos, as seguintes práticas são recomendáveis, em ordem decrescente de otimização de recursos energéticos:

- 1. Redução na fonte;
- 2. Reciclagem de materiais;
- 3. Incineração de resíduos com recuperação energética;
- 4. Compostagem de matéria orgânica;

A figura a seguir ilustra esta hierarquia, representando a redução de lixo que pode ser obtida.

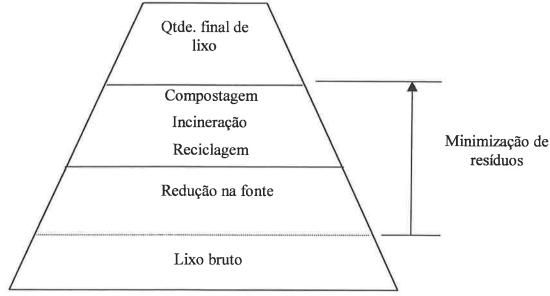


Figura 3-1 Hierarquia da minimização de resíduos.

De todas elas, as três primeiras são as medidas que mais contribuem para resolver os problemas de escassez de aterros sanitários e da escassez de recursos energéticos. Mas para que a minimização de resíduos seja eficiente, elas devem ser aplicadas em conjunto, pois isoladamente, cada uma delas possui uma determinada abrangência de tipos de materiais.

Embora a compostagem não represente uma alternativa significativa para a conservação de energia, não há sentido em se privilegiar apenas a reciclagem de materiais ou apenas a redução na fonte, pois para o problema da escassez de aterros sanitários, todas as medidas são complementares.

A tabela a seguir ilustra o tipo de aplicação de cada uma delas:

Tabela 3-1 Tipos de materiais privilegiados para a minimização de RSU.

Redução na fonte	Praticamente não existe restrição quanto a materiais. Porém
,	os produtos mais fáceis de serem reduzidos são os
	descartáveis em geral.
Reciclagem	A reciclagem é indicada para materiais cujas sucatas possam
	ser facilmente comercializadas. Em ordem decrescente, os
	materiais recicláveis com maior valor de revenda são o
	alumínio, plásticos, papel, latas de aço e vidros.
Incineração	A eficiência do processo de incineração está relacionada ao
,	poder calorífico do lixo, influenciado pela alta presença de
	materiais combustíveis, baixo teor de umidade e baixa
	quantidade de materiais inertes.
Compostagem	Varrição de feiras públicas, lixos de restaurantes, alimentos
	em geral e materiais orgânicos.

A minimização de resíduos é uma maneira sistêmica de se reduzir a quantidade de lixo gerado e de conservar energia, pois cada uma das abordagens privilegia determinados tipos de materiais. Enquanto que a reciclagem de materiais pode ser rentável para materiais como o alumínio, papel, ou vidro, a incineração é viável para lixos com alta concentração de materiais combustíveis com baixo teor de umidade. A compostagem atua sobre materiais orgânicos e a redução na fonte pode ser aplicada à maioria dos materiais.

Das quatro linhas de atuação da minimização de RSU, a redução na fonte é a mais importante. Enquanto a redução na fonte atua como medida preventiva de geração de RSU, a reciclagem, a incineração e a compostagem atuam como medidas de mitigação.

3.1 BASES PARA IMPLEMENTAÇÃO DA MINIMIZAÇÃO DE RSU

Atualmente, a aplicação da minimização de RSU não é trivial. Mudanças de hábitos de consumo da população e a participação da sociedade são essenciais.

Trata-se de um desafio reduzir as pressões ao meio ambiente e atender às necessidades básicas da humanidade, através da implementação de padrões de consumo mais sustentáveis.

Segundo a Agenda 21, o desenvolvimento de políticas e estratégias para estimular mudanças nos padrões insustentáveis de consumo e produção, dependem de:

- (a) Expandir ou promover bancos de dados sobre a produção e o consumo e desenvolver metodologias para analisá-los;
- Avaliar as conexões entre produção, consumo, meio ambiente,
 adaptação e inovação tecnológicas, crescimento econômico,
 desenvolvimento e fatores demográficos;
- (c) Examinar o impacto das alterações em curso sobre a estrutura das economias industriais modernas que venham abandonando o crescimento econômico com elevado emprego de matérias-primas;
- (d) Considerar de que modo as economias podem prosperar e ao mesmo tempo reduzir o uso de energia e matéria-prima e a produção de materiais nocivos;

- (e) Estimular a difusão de tecnologias ambientalmente saudáveis já existentes;
- (f) Incentivar e promover pesquisas para o desenvolvimento de tecnologias ambientalmente saudáveis;
- (g) Estimular o uso ambientalmente saudável das fontes de energia novas e renováveis.

No que tange ao problema da eliminação de um volume cada vez maior de resíduos, a Agenda 21 ressalta a importância dos governos, da indústria e do público em geral de envidar um esforço conjunto para reduzir a geração de resíduos e de *produtos descartados*, por meio do estímulo à reciclagem no nível dos processos industriais e do produto consumido, por meio da redução do desperdício na embalagem dos produtos, ou por meio do estímulo à introdução de novos produtos ambientalmente saudáveis.

Além disso, ela recomenda o auxílio a indivíduos e famílias na tomada de decisões ambientalmente saudáveis de compra, através de rotulagem com indicações ecológicas e outros programas de informação sobre produtos relacionados ao meio ambiente; da oferta de informações sobre as consequências das opções e comportamentos de consumo de modo a estimular a demanda e o uso de produtos ambientalmente saudáveis; da conscientização dos consumidores acerca do impacto dos produtos sobre a saúde e o meio ambiente e do estímulo a determinados programas expressamente voltados para os interesses do consumidor, como a reciclagem e sistemas de depósito/restituição.

O recente surgimento, em muitos países, de um público consumidor mais consciente do ponto de vista ecológico, associado a um maior interesse, por parte de algumas indústrias, em fornecer bens de consumo mais saudáveis ambientalmente, constitui acontecimento significativo que deve ser estimulado. Os governos e as organizações internacionais, juntamente com o setor privado, devem desenvolver

critérios e metodologias de avaliação dos impactos sobre o meio ambiente e das exigências de recursos durante a totalidade dos processos e ao longo de todo o ciclo de vida dos produtos. Os resultados de tal avaliação devem ser transformados em indicadores claros para informação dos consumidores e das pessoas em posição de tomar decisões.

3.2 A MINIMIZAÇÃO DOS RSU NO CONTEXTO DA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Quanto aos processos de avaliação, no contexto da conservação de energia elétrica, a minimização de RSU pode ser englobada no planejamento da expansão do setor elétrico, através de um planejamento sistêmico, como o Planejamento Integrado de Recursos - PIR, por exemplo.

O PIR, de forma simplificada, consistente com a análise aqui efetuada, pode ser entendido como uma ferramenta que permite incorporar preocupações e prioridades das empresas, do governo, do órgão regulador, dos consumidores, de grupos ambientalistas e de ONG's, fazendo em um processo de planejamento indicativo de longo prazo, executado por órgãos governamentais, em que a preocupação maior é com aspectos estratégicos.

Se aplicado no setor elétrico, suas principais características como forma avançada de planejamento são:

- Analisa-se, de forma explícita e equitativa, um grande número de opções de suprimento e de ações sobre a demanda de energia;
- Tenta-se internalizar, isto é, quantificar e monetarizar os custos sociais e ambientais associados às diferentes opções;
- Incentiva-se a participação do público interessado;

- Efetua-se uma avaliação dos riscos e incertezas oriundos de fatores externos ao exercício de planejamento e, também, dos decorrentes das opções analisadas;
- Busca-se, desta forma, um consenso na preparação e avaliação dos planos de expansão das empresas concessionárias de energia elétrica.

O PIR pode, também, constituir-se em uma ferramenta de auxílio às decisões de investimento das concessionárias, por exemplo, em horizontes de planejamento curtos, em que as empresas concessionárias preferem adquirir energia ao invés de construir usinas.

Um incentivo para que empresas concessionárias apliquem o PIR é a possibilidade de postergação de custos de expansão de sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia. O PIR permite encontrar a realização continuada e monitorada do ótimo ao longo do tempo no curto e longo prazo através de programas de gerenciamento de energia, por exemplo, com minimização de impactos ambientais e com a participação de diversas setores da economia e da sociedade.

A metodologia do PIR possui alguns pontos que podem ser complementares à metodologia da minimização de RSU. Por exemplo, onde o PIR aborda a questão da disponibilização de energia elétrica, a minimização de RSU, através da abordagem do tratamento e disposição final de resíduos, acaba contribuindo para a economia de energia.

Além disso, existem outros pontos de interseção, como os apresentados a seguir:

- A implementação da minimização de RSU, ou do PIR, inicialmente depende de vontade política do governo;
- Existe um leque muito grande de opções com custos associados. No caso do PIR, as opções são as diversas fontes energéticas existentes, a conservação de energia e o

- gerenciamento pelo lado da demanda, no caso da minimização de RSU, as opções giram em torno das formas de tratamento e disposição final de lixo;
- Existe dificuldade de internalização de custos sociais e ambientais associados a cada opção;
- A participação da comunidade e das partes interessadas é importante;
- A minimização de RSU contribui para o PIR quanto à questão da conservação de energia, podendo ser incorporada como uma alternativa no PIR.

3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A minimização de resíduos é em geral referenciada pela Indústria para caracterizar uma série de práticas que visam a redução de custos através da utilização eficiente dos recursos materiais envolvidos em seus processos produtivos. São exemplos destas práticas a redução de sobras ou peças defeituosas, o reaproveitamento de rebarbas, a revisão de procedimentos de produção ou a melhoria de práticas gerenciais.

O surgimento de normas ambientais aplicadas às indústrias, como a série ISO 14000, ilustra a importância de práticas de prevenção de acidentes ambientais e da minimização de resíduos, principalmente porque estas práticas se traduzem em vantagens competitivas de mercado. A seção 6 do Anexo faz algumas explicações a respeito das normas ISO 14000.

Neste trabalho, o conceito da minimização de resíduos da indústria é aproveitado para abordar outro tipo de resíduo, que é o lixo gerado pelos centros urbanos, também chamado de resíduos sólidos urbanos (RSU).

Enquanto que para a Indústria, a minimização de resíduos se traduz em vantagens competitivas de mercado, a minimização de resíduos sólidos urbanos pode-se traduzir em vantagens para a sociedade, na medida em que contribui para a conservação de recursos, incluindo matérias primas, a água e a energia, estando por isso de acordo com os princípios do desenvolvimento sustentável, contribuindo para a preservação do meio-ambiente.

A minimização de resíduos sólidos urbanos engloba a utilização conjunta da compostagem de resíduos orgânicos, da reciclagem de materiais, da incineração de resíduos e da redução na fonte. Ainda hoje, cada uma destas técnicas é pouco explorada. Estima-se que no Brasil menos de 1% de todo lixo urbano coletado receba algum tipo destes tratamentos.

De todas elas, a reciclagem de materiais é a mais popular. Campanhas promovidas pelas indústrias que sobrevivem de materiais recicláveis, como papel, plástico, vidro, alumínio e aço, atingem os consumidores diariamente através da televisão, cartazes e até mesmo nos rótulos de seus produtos. Interesses comerciais estimulam o consumo de materiais recicláveis, apesar de os mesmos não serem totalmente reciclados. Há até mesmo trabalhos acadêmicos que defendem a reciclagem de materiais como a melhor solução para os problemas do esgotamento de aterros sanitários.

Porém os materiais recicláveis não são os únicos tipos de resíduos que lotam os aterros sanitários. Por isso a reciclagem não pode ser vista como única solução para os problemas sanitários dos centros urbanos. É importante que uma abordagem sistêmica que abranja a maior parte dos tipos de materiais encontrados no lixo seja pensada. E mais, esta abordagem deve levar em conta os interesses da sociedade como um todo, e não apenas de determinados grupos econômicos ou setores da sociedade.

A Agenda 21 é clara quanto à necessidade da revisão de padrões de consumo, principalmente quanto aos materiais descartáveis. Hoje, no entanto, o consumo de produtos descartáveis é amplamente estimulado e muitas vezes até vendidos como produtos ecologicamente saudáveis, pelo simples fato de serem recicláveis. Na verdade, como o sistema de coleta seletiva ainda é pouco expressivo, nem todo material reciclável é reciclado, tendo sua destinação final nos aterros sanitários.

Assim, a implementação de uma estratégia voltada à minimização dos RSU é da maior importância e muito mais significativa do que apenas a reciclagem. Este trabalho demonstrou esta importância, não só do ponto de vista de utilização eficiente dos recursos naturais, com também do ponto de vista da conservação de energia elétrica. Neste sentido, apresentou avaliações de ganhos energéticos associados à ações voltadas à minimização dos RSU e propôs um método de avaliação dos ganhos energéticos

associados à redução do lixo na fonte. Além disso, indicou como a minimização dos RSU pode ser introduzida no contexto do setor elétrico através do processo do PIR.

Ressalta-se que os temas abordados são aspectos relacionados com a construção de um modelo de desenvolvimento sustentável, apresentando aspectos mais diretos na solução dos problemas do esgotamento da capacidade de tratamento adequado dos RSU e da necessidade de conservação de energia.

É importante salientar que os aspectos aqui abordados, embora não forneçam soluções prontas para tais problemas, formam uma base indicadora de rumos a serem seguidos. A partir desta base, estudos e pesquisas complementares mais específicos podem ser reconhecidos para o aprofundamento de conhecimento sobre o tema.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [01] ABAL ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO 10. Seminário Internacional de Reciclagem de Alumínio. São Paulo. maio/1994.
- [02] ALBOREDA, S. Coleta Seletiva. Município de São Paulo. Estudo detalhado da "Coleta Seletiva" e do Sistema de Tratamento dos Resíduos Recicláveis da Cidade de São Paulo. CEMPRE Compromisso Empresarial para Reciclagem. R. Janeiro, Versão 2 fev/1993.
- [03] ALVAREZ, A.M. Uso Racional e Eficiente de Energia Elétrica: Metodologia para a Determinação dos Potenciais de Conservação dos Usos Finais em Instalações de Ensino e Similares. Tese de Doutorado. EPUSP. 1998.
- [04] ANDRADE, M.L.A.; CUNHA L.M.S.; VIEIRA J.R.M.; KELLER M.C. A inserção da Indústria Brasileira no Mercado Mundial de Alumínio. Gerência Setorial de Mineração e Metalurgia do BNDES.BNDES Setorial, no. 4, set/1996.
- [05] ANFPC ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE PAPEL E CELULOSE. Anuário Estatístico 1995.
- [06] BNDES Finame/BNDESPAR. CADERNOS DE INFRA-ESTRUTURA. Fatos-Estratégias no. 6. Saneamento Ambiental, Foco: Resíduos Sólidos Urbanos. Área de Projetos de Infra-Estrutura.. Rio de Janeiro. Jan./1998.
- [07] BRASIL, MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA; Balanço Energético Nacional, Brasília, 1996
- [08] BRITO, M.H. A Proteção do Meio Ambiente como uma Oportunidade para Pequenas e Médias Empresas". Anotações da palestra proferida no "International Conference on Agenda 21 Financing Energy & Environment in Brazil". Rio de Janeiro. 08 de junho de 1998.
- [09] CALDERONI, S. Perspectivas econômicas da reciclagem do lixo no município de São Paulo. Tese de doutoramento, FFLCH-USP, Depto. Geografia. São Paulo. SP. 1996.
- [10] CEMPRE COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. Coleta Seletiva: Conceitos Básicos. São Paulo.
- [11] CEMPRE COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. Fichas Técnicas.
- [12] CESP COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO. Projeto da Usina Termoelétrica a Lixo UTEL Região Metropolitana de São Paulo Santo Amaro. Relatório de Apresentação COFIEX/Carta-Consulta. São Paulo. Dezembro/1991.
- [13] ENELMA ENCONTRO NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA E MEIO AMBIENTE. Anais do II ENELMA. GEPEA/EPUSP. Grupo de Energia do Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Poços de Caldas. MG. Dezembro/1997.
- [14] FUENTE, H.D. Gestión Ambientalmente Adecuada de Residuos Sólidos Un enfoque de política integral. CEPAL Comissión Económica para América

- Latina y el Caribe de las Naciones Unidas. GTZ Cooperación Tecnica Alemana.
- [15] :FRIEDMANN, C. Projeto CEPAL/GTZ(1997).
- [16] GILNREINER, G. Estratégias de Minimização de Lixo e Reciclagem e suas chances de Sucesso. St Andra-Wordern, Áustria, 1994.
- [17] GLEISER, M. A dança do universo dos mitos de criação até o big-bang. São Paulo, Companhia das Letras, 1997.
- [18] GOLDEMBERG, J. Energy, Environment and Development. International Academy of the Environment. Geneva. Switzerland.
- [19] JARDIM, N.S.; WELLS C. Lixo Municipal Manual de Gerenciamento Integrado. IPT Instituto de Pesquisas Tecnológicas; CEMPRE Compromisso Empresarial para Reciclagem. São Paulo, 1a. ed., 1995.
- [20] LIMA, A. X. Estudo de Viabilidade Técnico-Econômica de Uma Usina de Incineração de Resíduos Sólidos Urbanos no ABCD. Dissertação de Mestrado. IEE-USP/EPUSP/IFUSP/FEA-USP, Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia. São Paulo, 1994.
- [21] MACEDO, A.R.P.; VALENÇA, A.C.V. A Indústria de Papel no Brasil e no Mundo: Uma Visão Geral. Gerência Setorial de Papel e Celulose do BNDES.BNDES Setorial, set/1996.
- [22] MACEDO, A.R.P.; VALENÇA, A.C.V. Reciclagem de Papel. Gerência Setorial de Papel e Celulose do BNDES.BNDES Setorial, set/1996.
- [23] MAIMON, D. Passaporte Verde Gestão Ambiental e Competitividade. Qualitymark Editora. RJ. 1996.
- [24] MOTTA, R.S.; AMAZONAS M.; WELLS, C. A Economia da Reciclagem: Agenda para uma Política Nacional. Relatório CEMPRE/IPEA. CEMPRE Compromisso Empresarial para Reciclagem; IPEA Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. R.Janeiro, nov/1995.
- [25] MRI MIDWEST RESEARCH INSTITUTE. Economic Studies in Support of Policy Formation on Resource Recovery. Unpublished report to the Advisory Comittee on Environment, 1972.
- [26] NEDER, L.T.C. Reciclagem de Resíduos sólidos de Origem Domiciliar. Análise da Implantação e da Evolução de Programas Institucionais de Coleta Seletiva em Alguns Municípios Brasileiros. Dissertação de Mestrado. USP Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambiental. São Paulo, maio/1995.
- [27] PRICE, B. Energy from wastes. Financial Times Energy Publishing. London. October, 1996.
- [28] PROCEL, PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. Transparências apresentadas no INDUSCON'96.
- [29] RESOL ENGENHARIA; A Situação da Reciclagem de Materiais Recuperados do Lixo Doméstico nos Países Desenvolvidos. SEBRAE.
- [30] REYNOLDS LATASA. Programa de Reciclagem da Lata de Alumínio Informações Básicas. Brasil, 1995.

- [31] SILVEIRA, G.T.R. Estudo do Sistema de Coleta Seletiva e do Processo de Separação dos Resíduos Recicláveis no Município de Florianópolis Santa Catarina. CEMPRE. Abril, 1993.
- [32] UDAETA, M.E.M.. Planejamento Integrado de Recursos Energéticos PIR Para o Setor Elétrico (Pensando o Desenvolvimento Sustentável). Tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Engenharia. EPUSP. São Paulo. Abril, 1997.
- [33] ZINI, C.A.; ESCOBAR, R. ISO 14001 como Ferramenta para o Desenvolvimento Sustentável Caso prático: 27º Congresso Brasileiro de Química, ABQ. Natal, 29 de setembro a 3 de outubro de 1997.

PAULO HÉLIO KANAYAMA

ANEXOS

Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Engenharia.

SUMÁRIO DO ANEXO

1	DES	SENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	3
1	.1 Pr	RINCÍPIOS DA SUSTENTABILIDADE	
	1.1.1	Prevenção.	
	1.1.2	Precaução	4
	1.1.3	Poluidor pagador	
	1.1.4	Cooperação	
	1.1.5	Trabalhar dentro do ecossistema	
	1.1.6	Igualdade intra e entre gerações	
	1.1.7	"Solucionática"	
	1.1.8 1.1.9	Compromisso com a melhoria contínua	
1		responsabilidade Jstentabilidade Energética	
2	AGI	ENDA 21	9
	2.1.1	Dimensões Econômicas e Sociais:	10
	2.1.2	Conservação e Administração de Recursos para o Desenvolvimento	10
	2.1.3	Fortalecimento dos Grupos Sociais:	11
	2.1.4	Meios de Implementação	
	2.1.5	"Pense globalmente, aja localmente"	
	2.1.6	A Agenda 21 Brasil	13
3	MU	DANÇA DO CLIMA E O EFEITO ESTUFA	15
3	3.1 C	ONSEQUÊNCIAS DA MUDANÇA CLIMÁTICA NA TERRA	16
	3.1.1	Modificação nos padrões regionais de chuva	
	3.1.2	Deslocamento de zonas férteis para a agricultura para as	
	3.1.2	regiões polares	20
		TIVIDADES QUE CONTRIBUEM PARA O AUMENTO DAS CONCENTRAÇÕES DE GASES DE EFEITO ES	TUFA 21
-	<i>3.2.1</i> 3.3 Si	Impactos Ambientais segundo as fontes energéticas TUAÇÃO DO BRASIL	27
-	3.3.1	Emissão de CO ₂ pelo sistema elétrico brasileiro	
4	A C	ONVENÇÃO SOBRE A MUDANÇA DO CLIMA	28
5	PRO	OTOCOLO DE QUIOTO	33
6	A IS	SO 14000	36
	6.1.1	Precedentes da ISO 14000	36
	6.1.2	A ISO 14000	
	6.1.3	Sistema de Gestão Ambiental (SGA)	39
	6.1.4	A ISO 14000 no Brasil	
	6.1.5	As normas ISO 14000	
	6.1.6	Considerações Principais	44
7	OS	ETOR ELÉTRICO E O GERENCIAMENTO	
I	TEG	GRADO DE RECURSOS	45
_		Conceito de Planejameno Integrado de Recursos Energéticos para o Setor Elétrico-PIR	
	7.1.1 7.1.2	Oncetto de Planejameno integrado de Recursos Energeticos para o Setor Eletrico-FIR	45

1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Desenvolver de forma sustentável é aumentar a qualidade da vida humana enquanto se vive dentro da capacidade que mantém os ecossistemas. Este é um processo que requer progresso global simultâneo em uma variedade de dimensões: econômica, humana, ambiental e tecnológica¹.

O conceito de "desenvolvimento sustentável" está relacionado ao desenvolvimento atrelado ao gerenciamento dos recursos naturais e à proteção do meio ambiente global, visando ao mesmo tempo resolver o problema da pobreza, aperfeiçoar a condição humana e preservar os sistemas biológicos, dos quais toda vida depende. Além disso, é necessário que haja disponibilidade de recursos naturais em níveis semelhantes aos atuais para as gerações futuras, e também o acesso igualitário entre os homens hoje, aos recursos naturais ou aos "bens" econômicos e sociais.

1.1 PRINCÍPIOS DA SUSTENTABILIDADE

Qualquer projeto direcionado ao desenvolvimento sustentável requer um horizonte de tempo e diversos processos decisórios para ser implementado, principalmente porque envolve interesses diversos e mudança de paradigmas. Quando um processo de decisão é iniciado, por exemplo, e este processo envolve negociações com interesses divergentes, é importante estabelecer, de início, quais os princípios devem ser atendidos pelas decisões a serem tomadas. Alguns dos princípios da sustentabilidade são:

World Conservation Union, "Caring for Earth", apud anais do II ENELMA - Encontro Nacional de Energia Elétrica e Meio Ambiente, Poços de Caldas-MG, 1997.

1.1.1 Prevenção

Quase sempre é mais barato prevenir a degradação e a poluição do que mais tarde consertar o estrago. Muitas vezes é impossível remover completamente a poluição. O ar, a água ou o solo podem ficar permanentemente degradados.

Tratamentos que apenas transferem a poluição de um meio para o outro, além de caros, não são mais aceitáveis. Por exemplo, é sempre melhor reduzir as emissões de uma chaminé do que colocar filtros e continuar como antes. O controle ambiental deve ser integrado às outras atividades da comunidade de forma que situações potencialmente perigosas possam ser reconhecidas logo e evitadas.

1.1.2 PRECAUÇÃO

Quando há dúvidas sobre as consequências ambientais de uma ação, deve-se agir com cautela. Continuar uma atividade cujo impacto ambiental é desconhecido enquanto espera-se a prova científica de sua periculosidade é uma imprudência. A prova científica final pode informar que é tarde demais para reverter os malefícios. Mesmo quando não há uma relação cientificamente provada entre causa e efeito. Se existem dúvidas sobre a origem do problema, justifica-se uma ação preventiva, especialmente quando há riscos para a saúde. Assim, as decisões tanto públicas quanto privadas devem se guiar por:

- avaliação cuidadosa para evitar, quando possível;
- danos sérios ou irreparáveis ao meio ambiente; e
- avaliação das consequências de várias opções.

1.1.3 POLUIDOR PAGADOR

O princípio do poluidor pagador já está em uso há muitos anos e parece já ser de senso comum que o responsável pela poluição deve se responsabilizar pelos custos de remediar o estrago causado.

Mas para este princípio funcionar de forma sustentável é preciso ficar atento ao fato de que a degradação também deve ser considerada como poluição. Cortar uma floresta não causa poluição direta mas degrada o meio ambiente; portanto, devem ser exigidas medidas compensatórias.

O pagamento não implica em licença para poluir. O responsável por uma atividade potencialmente poluidora não pode, após pagar ao município uma soma calculada como suficiente para reparar os estragos, continuar suas atividades poluidoras. Ou apenas receber uma multa, ou multas repetidas, e não tomar as medidas necessárias para sanar definitivamente o problema. Claramente não é compatível com a sustentabilidade transferir a poluição de um meio para outro. O ônus de mudar processos e métodos para reduzir a poluição ao mínimo deve ser da indústria, mas também da sociedade, que deve questionar a necessidade e evitar o consumo de produtos de uma indústria altamente poluidora.

Isto leva ao debate sobre quem é o poluidor. É făcil apontar uma făbrica como poluidora, mas ela não existiria se não houvesse demanda por seus produtos. Assim, o consumidor também pode ser visto como uma das causas da poluição, e esta justificativa ser usada para repassar os custos das medidas anti poluição ao produto final. Mas devemos lembrar que os consumidores não têm controle sobre como a indústria gerencia seus processos de produção.

1.1.4 COOPERAÇÃO

Todas as pessoas afetadas pelo resultado do planejamento ambiental devem estar envolvidas na formulação dos planos. Os problemas ambientais não têm limites geográficos ou burocráticos. A cooperação de todos no planejamento e implementação de ações ambientais pode facilitar o caminho.

1.1.5 TRABALHAR DENTRO DO ECOSSISTEMA

O conceito de ecossistemas urbanos e da avaliação destes com o conseqüente aprendizado não é novo. Qualquer sistema pode ser avaliado em termos de entradas e saídas. Os sistemas naturais são fechados e neles tudo se recicla. Os sistemas urbanos são abertos, importando matéria-prima de outras áreas e gerando lixo. Para trabalhar dentro do ecossistema precisamos fechar o ciclo, transformando refugos em matéria-prima. Este é um conceito simples, difícil de ser posto em prática. Existem muitas relações entre causas e efeitos e é necessário flexibilidade no gerenciamento ambiental para ajustar as ações de forma a antecipar possíveis efeitos negativos.

Todo recurso ambiental tem uma "capacidade de suporte" - a velocidade máxima na qual podemos explorar o recurso sem esgotá-lo, ou usá-lo para absorver ou limpar poluentes sem destruí-lo. Para algumas substâncias não existe "capacidade de suporte". Nenhum processo natural pode quebrá-las ou torná-las inócuas. É o caso, por exemplo, dos metais pesados. Sustentabilidade é não aumentar nossas demandas indefinidamente, mas criar políticas que mantenham o desenvolvimento dentro dos limites da "capacidade de suporte".

1.1.6 IGUALDADE INTRA E ENTRE GERAÇÕES

A igualdade se refere à justiça, oportunidades e acesso a uma ampla gama de áreas da vida. Descreve uma relação entre pessoas e não um padrão mínimo. Para assegurar a igualdade precisamos lidar com questões de desvantagens econômicas, sociais e físicas. A igualdade intra gerações deve ser tratada como um objetivo tal como a eficiência econômica ou a integridade ambiental. Alcançar a justiça social sem dúvida requer soluções inovadoras e muito mais atenção do que vem recebendo. É importante que a justiça social seja um dos princípios pelo qual basearemos nossas decisões. Para assegurar a igualdade entre gerações, a geração atual deve assegurar que a saúde, diversidade e produtividade do meio ambiente seja mantida ou melhorada em benefício das gerações futuras.

1.1.7 "SOLUCIONÁTICA"

Muitas autoridades locais vêm recentemente orientando suas ações pelas oportunidades e não pelos problemas. Isto requer que as pessoas pensem criativamente sobre as questões e tenham uma abordagem ativa ao invés de reativa. Uma abordagem "solucionática" almeja prevenir problemas e não desenvolver curas para sintomas.

1.1.8 COMPROMISSO COM A MELHORIA CONTÍNUA

Alcançar um objetivo de longo prazo requer o compromisso de progresso contínuo nesta direção. É relativamente fácil gerar um surto inicial de entusiasmo e atividade, mas é necessário um compromisso com o progresso contínuo para manter o esforço ao longo do tempo. Comprometer-se a fazer progresso contínuo em direção à sustentabilidade requer que o impacto potencial de todas as atividades, mesmo as aparentemente triviais, seja avaliado e que as mudanças sejam implementadas num ritmo adequado. Quanto maior a velocidade da mudança, mais difícil e cara se torna a transição. Por exemplo, é mais fácil melhorar a eficiência no uso da água aos poucos, durante anos, do que alcançar uma melhora de 20% em um ano.

1.1.9 **RESPONSABILIDADE**

Os governos locais são responsáveis perante às comunidades que servem. Devem manter as pessoas informadas de forma compreensível, não apenas sobre as decisões que estão sendo tomadas, mas também sobre as implicações destas decisões na consecução da sustentabilidade. Também devem oferecer oportunidades para que a comunidade possa opinar sobre as políticas e princípios que guiam o processo decisório.

Outros princípios a serem levados em consideração são, por exemplo:

- ninguém deve ficar em situação pior do que a atual.
- os acordos nacionais e internacionais devem ser respeitados;
- monitorar a implementação das decisões;

- deve haver consulta pública com representação equitativa;
- viabilidade econômica; e
- não causar impactos irreversíveis.

1.2 SUSTENTABILIDADE ENERGÉTICA

Conforme refere o relatório "O Nosso Futuro Comum", base da conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento (Rio de Janeiro, 1992) "O nosso bem-estar depende basicamente da disponibilidade a longo prazo de quantidades suficientes de energia de fontes que sejam eficientes, seguras e ambientalmente equilibradas".

Dentro do contexto do desenvolvimento sustentável, a energia tem papel importante para o desenvolvimento humano, além de estar intimamente ligado ao meio ambiente e à exploração de recursos naturais. Sendo assim, dentro da área energética, existem quatro critérios que devem ser seguidos para que o objetivo de respeito ambiental e bem-estar social possa ser obedecido.

- 1. Disponibilização de fontes energéticas para as necessidades básicas, que estão longe de estar satisfeitas nos países em desenvolvimento.
- Eficiência energética acrescida e medidas de conservação de forma a que se reduza o gasto de recursos finitos.
- 3. Precaução e prevenção, nos vários momentos dos ciclos energéticos, de forma a minimizar os riscos para a saúde das populações e dos trabalhadores e reduzir os perigos de acidentes.
- Proteção ambiental, seja no que diz respeito aos problemas globais causados pela produção de energia, seja em relação a formas mais localizadas da poluição.

2 AGENDA 21

A AGENDA 21 é um programa de ação para implementar um novo modelo de desenvolvimento, que propicie o manejo sustentável dos recursos naturais preservação da biodiversidade. É um abrangente plano de ação a ser implementado pelos governos, agências de desenvolvimento, organizações das Nações Unidas e grupos setoriais independentes em cada área onde a atividade humana afeta o meio ambiente. Ela também prevê relações econômicas justas e eqüânimes entre os países e seus diversos segmentos sociais. Trata-se de uma pauta de ações a longo prazo, estabelecendo os temas, projetos, objetivos, metas, planos e mecanismos de execução para diferentes temas, sendo um compromisso assinado entre os Governos de 170 países reunidos na Conferência Mundial do Meio Ambiente, no Rio de Janeiro, em 1992.

Esse programa contém 4 seções, 40 capítulos, 115 programas, e aproximadamente 2.500 ações a serem implementadas. As quatro seções se subdividem em capítulos temáticos que contêm um conjunto de áreas e programas. Cada capítulo refere-se a um tópico, tal como pobreza, saúde, comércio, dívida e população e de que forma os recursos físicos (terra, mares, energia, lixo) precisam ser gerenciados para assegurar o desenvolvimento sustentável.

A seguir se sintetiza o conteúdo das quatros seções da Agenda 21:

2.1.1 DIMENSÕES ECONÔMICAS E SOCIAIS:

Esta primeira seção da Agenda 21 trata das relações entre meio ambiente, pobreza, saúde, comércio, dívida externa, consumo e população. Os capítulos que compreendem esta seção têm os seguintes títulos:

- Cooperação internacional para acelerar o desenvolvimento sustentável dos países em desenvolvimento e políticas internas correlatas;
- Combate à pobreza;
- Mudança dos padrões de consumo;
- Dinâmica demográfica e sustentabilidade;
- Proteção e promoção das condições da saúde humana;
- Promoção do desenvolvimento sustentável dos assentamentos humanos;
- Integração entre Meio Ambiente e Desenvolvimento na tomada de decisões;

2.1.2 CONSERVAÇÃO E ADMINISTRAÇÃO DE RECURSOS PARA O DESENVOLVIMENTO

Esta segunda seção: trata das maneiras de gerenciar recursos físicos para garantir o desenvolvimento sustentável. Os capítulos desta seção compreendem os seguintes títulos:

- Proteção da atmosfera;
- Abordagem integrada do planejamento e do gerenciamento dos recursos terrestres;
- Combate ao desflorestamento;
- Manejo de ecossistemas frágeis: A luta contra a seca e a desertificação;
- Gerenciamento de ecossistemas frágeis: Desenvolvimento sustentável das montanhas;
- Promoção do desenvolvimento rural agrícola sustentável;
- Conservação da diversidade biológica;
- Manejo ambientalmente saudável da biotecnologia;

- Proteção de oceanos, de todos os tipos de mares, inclusive mares fechados e semifechados,
 e das zonas costeiras, e proteção, uso racional e desenvolvimento de seus recursos vivos;
- Proteção da qualidade e dos abastecimento dos recursos hídricos: Aplicação de critérios integrados no desenvolvimento, manejo e uso dos recursos hídricos;
- Manejo ecologicamente saudável das substâncias químicas tóxicas, incluída a prevenção do tráfico internacional dos produtos tóxicos e perigosos;
- Manejo ambientalmente saudável dos resíduos perigosos, incluindo a prevenção do tráfico internacional ilícito de resíduos perigosos;
- Manejo ambientalmente saudável dos resíduos sólidos e questões relacionadas com os esgotos;
- Manejo seguro e ambientalmente saudável dos resíduos radioativos

2.1.3 FORTALECIMENTO DOS GRUPOS SOCIAIS:

Esta seção trata das formas de apoio a grupos sociais organizados e minoritários que colaboram para a sustentabilidade. Está subdividida nos seguintes capítulos:

- Ação mundial pela mulher, com vistas a um desenvolvimento sustentável equitativo;
- A infância e a juventude no desenvolvimento sustentável;
- Reconhecimento e fortalecimento do papel das populações indígenas e suas comunidades;
- Fortalecimento do papel das organizações não governamentais: Parceiros para um desenvolvimento sustentável;
- Iniciativas das autoridades locais em apoio à Agenda 21;
- Fortalecimento do papel dos trabalhadores e de seus sindicatos;
- Fortalecimento do papel do comércio e da indústria;
- Comunidade científica e tecnológica;
- Fortalecimento do papel dos agricultores.

2.1.4 MEIOS DE IMPLEMENTAÇÃO

A quarta e última seção trata dos financiamentos e papel das atividades governamentais e não-governamentais para a promoção do desenvolvimento sustentável. Os seguintes capítulos compõem esta seção:

- Recursos e mecanismos de financiamento;
- Transferência de tecnologia ambientalmente saudável, cooperação e fortalecimento institucional;
- A ciência para o desenvolvimento sustentável;
- Promoção do ensino, da conscientização e do treinamento;
- Mecanismos nacionais e cooperação internacional para fortalecimento institucional nos países em desenvolvimento;
- Arranjos institucionais internacionais;
- Instrumentos e mecanismos jurídicos internacionais;
- Informação para a tomada de decisões;

2.1.5 "PENSE GLOBALMENTE, AJA LOCALMENTE"

Dentro do contexto do lema do encontro: "Pense globalmente, aja localmente", concebeu-se o conceito da AGENDA 21 LOCAI., para criar uma metodologia de implementação de políticas públicas que produzam planos de ação local. A sua base é a criação de sistemas de gerenciamento que levem o futuro em consideração, promovendo a conscientização através de apoio público e de vontade política das comunidades locais, respeitando-se suas particularidades. Em outras palavras, as declarações da AGENDA 21 só acontecem com a cooperação e o compromisso das autoridades locais, ou seja, as comunidades podem criar suas Agenda 21 locais.

Por exemplo, o Brasil conta com sua Agenda 21 local, versão nacional. Cada estado brasileiro pode implementar a sua Agenda 21, versão estadual. Cada município pode criar sua Agenda 21 de cunho municipal, e assim por diante.

2.1.6 A AGENDA 21 BRASIL

No Brasil, foi criada por decreto, em 26 de fevereiro de 1997, no âmbito da Câmara de Políticas dos Recursos Naturais da Presidência da República, a "Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional", que tem por finalidade propor políticas e estratégias de desenvolvimento sustentável e coordenar a elaboração e implementação da Agenda 21 Brasileira. Esta Comissão é composta por membros do governo e da sociedade civil.

O apoio técnico e administrativo à Comissão é fornecido pela Secretaria Executiva do Ministério do Meio Ambiente, por meio do Projeto PNUD/BRA/94/016, intitulado "Formulação e Implementação de Políticas Públicas Compatíveis com os Princípios de Desenvolvimento Sustentável definidos na Agenda 21".

Na construção da Agenda 21 Brasileira, a Comissão conta com Grupos de Trabalho, estruturados segundo os temas prioritários da Agenda 21 e integrados por representantes de

órgãos da administração federal, estadual e municipal, e por representantes da sociedade civil, ressaltando-se a área acadêmica, o setor privado, organizações não governamentais, movimentos sociais e sindicatos.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente, até 1998, as seguintes localidades contavam com suas Agenda 21 locais em fase de discussão ou de formulação de diretrizes:

Amazônia, Minas Gerais, Porto Alegre (RS), Santos (SP), Alto Paraíso (MG), Brasília (DF), Rio de Janeiro (RJ), São Paulo (SP), Vale do Ribeira (SP), Vitória (ES), Angra dos Reis (RJ) e Búzios (RJ).

O IPCC-Intergovenmental Panel on Climate Change (IPCC) foi estabelecido em 1988 pelo World Meteorological Organization (WMO) e pela UNEP – United Nations Environment Programme, para avaliar a disponibilidade de informações científica, técnica e sócioeconômica, referentes à áreas de estudo relacionadas à questão da mudança climática.

3 MUDANÇA DO CLIMA E O EFEITO ESTUFA

A partir da Revolução Industrial ocorrida no século passado, a relação entre o Homem e a Natureza mostra-se cada vez mais preocupante. É consenso que as atividades humanas hoje interferirão no próximo século em muitas das condições básicas de vida que permitiram a vida sobre a Terra até o presente.

A preocupação da mudança de clima parte da proposição do efeito estufa. O efeito estufa pode ser explicado como o fenômeno causado quando a alteração da concentração de alguns gases presentes na atmosfera faz com que a quantidade de energia solar absorvida pela atmosfera terrestre não é liberada à mesma taxa para o espaço (veja a figura abaixo). As causas deste efeito serão abordadas mais adiante.

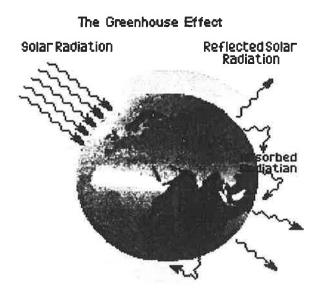


Figura 3-1 Esquematização do efeito estufa.

3.1 CONSEQUÊNCIAS DA MUDANÇA CLIMÁTICA NA TERRA

Para ilustrar a gravidade dos problemas causados pela mudança de clima na Terra, vamos fazer uma analogia com uma das teorias que explicam o desaparecimento de dinossauros há 65 milhões de anos atrás.

Existem indícios de que naquela época, um enorme asteróide tenha atingido a Terra. A violência do impacto fez com que a trajetória do asteróide levantasse uma nuvem de poeira que deixou a Terra em escuridão por cerca de 3 anos.

A incidência solar foi drásticamente reduzida, muitas plantas deixaram de se desenvolver, houve abaixamento geral da temperatura na superfície terrestre, as cadeias alimentares foram quebradas e muitas espécies de seres vivos morreram. Até mesmo aqueles que não foram diretamente atingidos pelo asteróide so freram as consequênicias da colisão.

A catástrofe da teoria dos dinossauros, embora dramática em certo ponto, é apenas um exemplo de como mudanças no clima pode interferir na vida dos seres vivos.

De acordo com outra teoria, há 10 milhões de anos atrás, o Homem foi envolvido por uma crise de aridez, seguida por uma queda abrupta de temperatura na Terra por 3 milhões de anos. Nesta época da história, os primatas que até então estavam acostumados a habitar as copas das árvores, foram forçados durante este longo período de tempo a viver em ambientes planos, mais frios e secos, ficando extremamente vulneráveis a predadores.

A extinção da espécie era uma real ameaça, mas tudo indica que os primatas experimentaram dois saltos evolucionários. Inicialmente, foi a necessidade de se tornar um animal capaz de caminhar longas distâncias com as mãos livres para carregar comida e filhos. Depois, ocorreu a evolução para animais com cérebros maiores, capazes de utilizar utensílios e se alimentar tanto de carne, como de vegetais. A partir deste período, considera-se o marco do aparecimento do primeiro homem.

As mudanças climáticas têm moldado o destino da humanidade desde então, fazendo com que o homem se adapte através de migrações ou de buscas criativas à sobrevivência.

Durante uma série de eras glaciais que ocorreram depois, o nível dos oceanos abaixou permitindo que o Homem pudesse migrar através das pontes de terra formadas desde a Ásia até as Américas e as ilhas do Pacífico. Muitas migrações subsequentes, muitas inovações e muitas catástrofes se seguiram. Algumas delas poderiam ser consideradas como pequenas flutuações climáticas, como uma ligeira elevação ou abaixamento de temperatura durante algumas décadas ou séculos, ou até mesmo rigorosos períodos de seca. Podemos citar como exemplo a Era Glacial que atingiu a Europa no início da Idade Média, provocando fome, revoltas e a migração de colônias da Islândia e Groelândia. O Homem sobreviveu sob os caprichos do clima utilizando sua capacidade de adaptação, mas incapacitado de influenciar a natureza.

Ironicamente, o Homem que sempre se destacou como espécie capaz de adaptações admiráveis, agora se encontra em busca de soluções para problemas que ele próprio foi responsável. A população da Terra cresce tanto, que hoje seria impossível uma migração em grande escala se uma mudança climática ocorresse. Não haveria como abrigar tantas pessoas em determinadas regiões que já são densamente povoadas. Nossos grandes cérebros, que fizeram surgir indústrias, meios de transporte e outras atividades tem nos levado a situações jamais imaginadas no passado.

Nos primórdios, a mudança climática modificou os seres humanos tornando-os mais capazes. Agora, a humanidade parece estar mudando o clima. Os resultados não são totalmente previsíveis, mas se as atuais conjecturas se mostrarem verdadeiras, as mudanças climáticas que ocorrerão no próximo século certamente influenciará também os rumos da humanidade.

A principal mudança verificável nos dias de hoje, está na mudança das condições atmosféricas. Se no passado houve um asteróide gigante que fez os dinossauros experimentarem uma grande névoa de poeira, hoje nós experimentamos algumas mudanças tão

sutis, que acabam sendo graves. O Homem modificou, e continua modificando a composição de gases da atmosfera, estimulando a liberação de gases como o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxidos de nitratos (N₂O) para a atmosfera que contribuem para o efeito estufa (o vapor de água também contribui de forma significativa, mas este não é diretamente influenciado pelas atividades humanas). Estes gases participam com menos de um décimo de um porcento do volume total da atmosfera, que consiste basicamente de 21% de oxigênio e 78% de nitrogênio. Mas estes gases são essenciais porque atuam como um cobertor natural para o planeta, que sem ele, a temperatura na Terra seria cerca de 30 °C inferior ao que é atualmente.

O problema está no fato da humanidade estar tornando este cobertor mais denso. Por exemplo, quando se queima carvão, petróleo ou gás natural, grande quantidade de dióxido de carbono é liberado à atmosfera. Quando florestas são queimadas, o carbono presente nas árvores é liberado também. Outras atividades como a pecuária ou a agricultura, são responsáveis pela emissão de gás metano, nitratos óxidos e outro gases estufa. Se as emissões continuarem a crescer nas atuais taxas, é praticamente certo que os níveis de dióxido de carbono existentes antes da era industrial irão se duplicar no próximo século. Se nada for feito para reduzir a taxa de emissão dos gases estufa, é bem possível que o nível destes gases estará triplicado próximo do ano 2100.

O resultado provável deste fenômeno, indica que haveria um aquecimento global de 1 a 3,5°C nos próximos 100 anos. E isto se soma ao fato de já ter ocorrido até o período préindustrial, antes de 1850, um aquecimento de cerca de 0,5°C devido aos gases estufa existentes até aquela época.

É difícil prever como o Homem seria afetado, já que existe uma complexidade de eventos envolvidos nas condições climáticas. A temperatura é apenas uma das variáveis do clima, que pode desencadear a mudança de inúmeras outras. Efeitos incertos apenas levam a outros efeitos incertos. Por exemplo, os padrões de vento e chuvas que têm ocorrido durante

séculos ou milhares de anos pelos quais milhões de pessoas dependem, poderiam mudar. O nível dos oceanos poderia subir, engolindo pequenas ilhas ou encobrindo áreas costeiras. E em um mundo cada vez mais populoso e conturbado, onde muitos problemas já são de difícil solução, estas pressões extras poderiam agravar problemas de fome ou gerar mais catástrofes.

Enquanto cientistas buscam esclarecimentos a respeito da emissão dos gases estufa, alguns países ao redor do mundo têm procurado soluções conjuntas para enfrentar estes problemas.

O passo mais importante, é que embora o problema exista, ele é reconhecido. Não é fácil para as nações entrarem em comum acordo a respeito de ações conjuntas, onde nem se conhece ao certo como lidar com as causas, nem como seriam as consequências, ainda mais quando estas afetarão mais as gerações futuras do que a geração presente.

Embora seja ainda muito difícil predizer como os atuais de consumo de energia afetarão as próximas gerações devido às emissões de gases, alguns fenômenos podem ser citados como prováveis:

3.1.1 MODIFICAÇÃO NOS PADRÕES REGIONAIS DE CHUVA

A nível global, o ciclo de evaporação e transpiração poderá ser acelerado. Isto significa que a quantidade de chuva aumentaria, mas as águas das chuvas também evaporariam mais rápido, deixando o solo seco durante alguns período críticos de plantação. O agravamento ou surgimento de secas, especialmente nos países mais pobres, poderiam afetar o suprimento de água potável justamente onde os problemas de saneamento básico são mais graves. Devido às incertezas e multiplicidadade de cenários possíveis, é difícil predizer quais áreas se tornariam mais úmidas ou mais secas. O fato seguro é que hoje já existe uma preocupação global a respeito da escassez de água. Além disso, a população continua a crescer em altas taxas e a expansão econômica pode ser um agravante à situação.

3.1.2 DESLOCAMENTO DE ZONAS FÉRTEIS PARA A AGRICULTURA PARA AS

REGIÕES POLARES

Nas regiões de latitude média, a temperatura poderá sofrer um acréscimo de 1 a 3,5 °C, extendendo-se para os pólos em uma faixa de 150 a 550 Km. O aumento de verões secos poderá reduzir as colheitas nestas áreas, e possivelmente as áreas mais produtivas da Terra hoje sofrerão com secas freqüentes e ondas de calor. Áreas mais próximas aos pólos como no norte do Canadá, Escandinávia, Rússia e Japão, no hemisfério norte, ou o sul do Chile e da Argentina no hemisfério Sul, serão beneficiados devido à elevação da temperatura. No entanto, algumas destas regiões não teriam a mesma capacidade produtiva devido à qualidade do solo para compensar a queda de produtividade das áreas mais produtivas hoje.

A elevação de temperatura poderia causar o degelo das áreas glaciais, engolindo pequenas ilhas e cobrindo as áreas costeiras.

Estima-se que desde o século passado, o nível dos mares tenha subido de 10 a 15cm. Com o aquecimento global, calcula-se que este nível subirá mais 15 a 95 cm até o ano 2100. As áreas mais vulneráveis serão as regiões costeiras densamente povoadas de alguns dos países mais pobres do mundo.

Bangladesh, cuja costa já sofre inundações, seria uma vítima com prováveis devastações, assim como pequenas ilhas.

Estes cenários são seguramente alarmantes para ficarmos preocupados, mas ao mesmo tempo incertos para fazer com que os governantes tomem decisões específicas a respeito. Algumas nações enfrentam problemas como fome, educação, habitação, dívidas externas, etc., e portanto justificavelmente tentados a não tomar atitudes.

"Quando um enorme asteróide atinge a Terra, ninguém pode ser culpado. O mesmo não pode ser dito em relação ao aquecimento global."

Há uma questão fundamental a respeito da mudança climática que esbarra estas questões entre países ricos e pobres. Os países com alto padrão de vida são aqueles mais responsáveis pelo aumento do efeito estufa.

3.2 ATIVIDADES QUE CONTRIBUEM PARA O AUMENTO DAS CONCENTRAÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA

Praticamente toda atividade humana gera impacto ambiental. A Figura 3-1 representa a distribuição relativa das atividades que contribuem para o aumento do efeito estufa. Por fundamentar-se no consumo de combustíveis fósseis, a necessidade de geração de energia é a atividade humana que mais contribui para emissão de GEE.

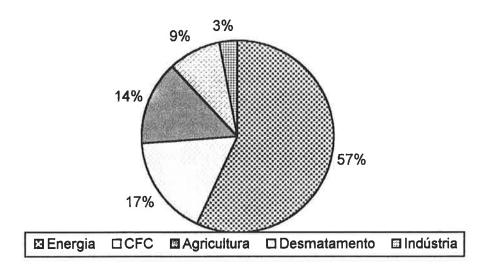


Figura 3-1 Atividades humanas que contribuem para a emissão de gases de efeito estufa. Fonte: Goldemberg (1995)

3.2.1 IMPACTOS AMBIENTAIS SEGUNDO AS FONTES ENERGÉTICAS

3.2.1.1 CARVÃO

Os problemas existem desde a mineração do carvão com a emissão de poeiras e lançamento dos sais e ácidos usados para as águas superficiais e subterrâneas, e a perturbação que as áreas de extração de minério provoca na paisagem e na vida selvagem. Durante o transporte, têm que haver cuidados por causa das poeiras e, na fase de produção (queima), as

emissões de poeiras, misturadas com dióxido de enxofre e óxidos de nitrogênio são componentes do fenômeno das chuvas ácidas, com graves consequências em termos do crescimento da vegetação e da vida nos recursos hídricos.

A combustão do carvão é um dos principais contribuintes para o efeito de estufa ou alterações climáticas (emissões de dióxido de carbono, CO₂).

3.2.1.2 PETRÓLEO

Fugas e acidentes no momento da extração ou do transporte (as conhecidas marés negras) são os problemas que devem se juntar aos mesmos mencionados no processo de produção de energia a partir do carvão.

3.2.1.3 GÁS NATURAL

Embora em muito menor dimensão, os mesmos problemas dos restantes combustíveis fósseis, havendo que acrescentar redobrados cuidados de segurança.

3.2.1.4 **NUCLEAR**

Durante a extracção e processamento do urânio são emitidas para a atmosfera partículas radioactivas (radon) e toneladas, muitas toneladas de água são contaminadas com elementos radioactivos. Durante o processo de produção de electricidade são produzidas toneladas de resíduos altamente contaminadas. Qualquer acidente apresenta um factor de risco assustador. Até hoje os cientistas não encontraram solução para armazenar as milhares e milhares de toneladas de resíduos contaminados ciclo do urânio é todo ele de elevado risco social e ambiental.

Os acidentes ambientais em mais conhecidos e mortais foram os de Sellafield, na Inglaterra, Harrisburgo, nos Estados Unidos, e de Kystin e Chernobyl, na ex-União Soviética.

3.2.1.5 AS NÃO CONVENCIONAIS

As pequenas ou médias unidades de produção de energia a partir da biomassa, da geotermia, vento, ou solares apresentam por vezes problemas que obviamente devem ser analisados no âmbito da sua dimensão. Hoje, qualquer desenvolvimento energético ou industrial deve ser objecto de um estudo de avaliação do seu impacto social e ambiental.

3.2.1.6 HIDROELETRICIDADE

As barragens apresentam um risco ligado á sua dimensão. Elas alteram o clima local e os ciclos hidrológicos, provocam alterações irreversíveis nos ecossistemas, degradando habitats e causando destruições significativas de flora e fauna.

Seus impactos ambientais podem ser classificados como:

3.2.1.6.1 Impactos Físico-Bióticos

Os impactos físico-bióticos são referente à alteração da flora, fauna, ictiofauna, qualidade da água e influência nos afluentes que alimentam os reservatórios.

3.2.1.6.2 Impactos sócio-econômicos

Os impactos sócio-econômicos são referentes ao remanejamento da população com território atingido pelo reservatório; ao controle de endemias e de seus transmissores nas áreas dos reservatórios ou ao restabelecimento de obras atingidas como pontes, rodovias, ferrovias, estradas vicinais e trechos de rede de energia elétrica que são relocados para que as comunidades não sejam prejudicadas, ou seja, sempre que a construção de seus empreendimentos implica em perda de qualquer tipo de infra-estrutura seja ela municipal, estadual ou mesmo federal. Inclui-se também a perda de sítios arqueológicos presentes nas áreas inundadas.

3.3 SITUAÇÃO DO BRASIL

Na parte B desta dissertação serão apresentados alguns conceitos e fatores que

apontam a necessidade de uma visão sistêmica de tratamento de problemas ambientais e de escassez de recursos para assegurar o desenvolvimento econômico do país.

3.3.1 EMISSÃO DE CO₂ PELO SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO

O sistema elétrico brasileiro é constituído principalmente por fontes renováveis, ou seja, de hidrelétricas. O Relatório das Emissões de Carbono Dervivadas do Sistema Energético, do MCT², quantifica a emissão de CO₂ pelo sistema elétrico brasileiro conforme a Tabela 3-1. a seguir:

Tabela 3-1 Emissões totais de CO₂ do sistema energético brasileiro.

	Ano			
	1990		1994	
Emissões de CO ₂	Gg C	%	Gg C	%
- Emissões de combustíveis fósseis	55.262	72,7	64.529	78,3
- Emissões líquidas da biomassa	20.701	27,3	17.903	21,7
Emissões totais	75.962	100	82.432	100

Como mostram estes dados, as emissões totais de CO₂ do setor energético aumentaram de 75,9 para 82,4 Mt C, no período 1990 a 1994, sofrendo um acréscimo de cerca de 8,5%, no período considerado, inferior, portanto, ao crescimento da oferta interna bruta de energia, de 12,6%. As emissões foram dominadas pela queima de combustíveis fósseis, os quais foram responsáveis por cerca de 73 a 78% das emissões, conforme o ano. Os resultados encontrados mostram a importância do uso da biomassa renovável no Brasil, no tocante às emissões de CO₂.

Em termos de comparação com os Estados Unidos, que é responsável por cerca de 31% das emissões dos gases de efeito estufa no mundo, a Tabela 3-2 a seguir faz um quadro comparativo com o Brasil.

Tabela 3-2 Oferta bruta de energia, emissões de CO2 e PIB do Brasil e EUA

	Brasil		EUA	
Parâmetro	1990	1994	1990	1994
Oferta Bruta de Energia (Mtep)	187	211	1962	2061
Energia não renovável (Mtep)	89,4	95,7	n.d.	n.d.
Energia Renovável (Mtep)	97,8	115	n.d.	n.d.
Emissões totais de CO ₂ (incluindo emissões líquidas da biomassa) (Mt C)	76,0	82,4	1338	1396

Trabalho realizado pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da COPPE/UFRJ, e da Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos - COPPETEC, sob coordenação de Rosa, L.P.

Produto Interno Bruto (US\$ bilhões)	345	381	5520	6276
População (milhões)	144	156	250	260

Os resultados apresentam o desempenho do sistema energético brasileiro e do americano sob o ponto de vista de suas emissões de CO₂, permitindo se verificar o quanto o sistema brasileiro é "carbono-intensivo".

Com este objetivo foram definidos os seguintes indicadores de desempenho:

- razão entre as emissões de CO₂ e a oferta interna bruta de energia;
- razão entre as emissões de CO₂ e o Produto Interno Bruto PIB;
- razão entre as emissões de CO₂ e a população (emissão de CO₂ per capita);
- razão entre a oferta interna bruta de energia e a população (consumo per capita);
- razão entre o PIB e a população (renda per capita).

Os resultados estão apresentados na Tabela 3-3 a seguir.

Tabela 3-3 Indicadores de desempenho para emissões de CO2 dos sistemas energético brasileiro e americano de 1990 a 1994.

	Média 1990 a 1994		
Indicador de Desempenho	Brasil	EUA	
Emissão total de CO ₂ /Oferta interna bruta de energia (t C/tep)	0,39	0,68	
Emissão total de CO ₂ /PIB (t C/US\$ mil)	0,22	0,23	
Emissão total de CO₂ per capita (t C/hab.)	0,52	5,31	
Oferta interna bruta de energia/PIB (ktep/US\$)	0,55	0,34	
Oferta interna bruta de energia per capita (tep/hab.)	1,32	7,83	
Renda per capita (US\$ mil/hab.)	2,38	23,1	

Comparando-se a relação entre a emissão total de CO₂ e a oferta de energia interna bruta total dos dois países, verifica-se que a matriz energética americana é muito mais "carbono-intensiva" do que a brasileira: A média americana é 0,68 t C/tep, enquanto a brasileira é 0,39 t C/tep, mostrando que o sistema americano emite 70% mais CO₂ por unidade de energia ofertada do que o sistema brasileiro. Para uma oferta interna bruta total de energia cerca de 10 vezes maior, o sistema energético americano emite 17 vezes mais CO₂. Isto decorre de uma menor participação das fontes energéticas renováveis no sistema energético americano.

No caso da emissão de CO₂ per capita, os EUA apresentam cerca de 5,3 t C/hab., para uma oferta interna bruta de energia per capita de 7,8 tep/hab., e o Brasil aproximadamente 0,6 t C/hab., para uma oferta per capita em torno de 1,3 tep/hab. Ou seja, para uma oferta de energia per capita seis vezes maior, a emissão per capita americana é cerca de 11 vezes maior do que a brasileira.

Estas vantagens do Brasil certamente decorrem da maior participação relativa das fontes renováveis na sua matriz energética.

No entanto, deve-se ressaltar algumas outras diferenças importantes entre os sistemas energéticos dos dois países. Em primeiro lugar, dada a sua elevada demanda de eletricidade, os EUA há muito tempo esgotaram o seu potencial hidrelétrico, cujo montante aproveitado, entretanto, é superior à capacidade instalada total do Brasil. Conseqüentemente, o uso de combustíveis fósseis na produção de termeletricidade nos EUA resulta de um esgotamento dos seus recursos hídricos, cuja ocorrência ainda não se deu no Brasil.

Em segundo lugar, uma parcela importante do consumo de energia fóssil nos EUA destina-se para fins de aquecimento, na região Norte do país, onde temperaturas abaixo de 0 °C são comuns no inverno.

Finalmente, deve-se destacar que o baixo consumo de energia per capita brasileiro, de aproximadamente 1,3 tep/hab., longe de demonstrar um uso eficiente da energia, é resultado da falta de acesso de uma larga parcela da população a bens e serviços básicos. Enquanto os EUA consomem cerca de 0,34 tep para produzir um dólar de PIB, o Brasil emprega 0,55 tep para produzir o mesmo valor. É claro, que esta diferença não decorre apenas do uso ineficiente da energia, mas também de uma estrutura econômica, onde ainda prevalecem indústrias energo-intensivas.

A compreensão das variáveis relacionadas às emissões de gases de efeito estufa são importantes para o entendimento de acontecimentos de abrangência global relacionadas ao

setor energético e ao meio ambiente, como é o caso da Agenda 21, da convenção sobre o clima, do encontro de Quioto e das normas ISO 14 mil que estão sendo implementadas.

4 A CONVENÇÃO SOBRE A MUDANÇA DO CLIMA

A Convenção do Clima foi uma das séries de acordos entre nações do mundo inteiro firmada em 1992 no Rio de Janeiro na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, sobre os riscos de mudança global do clima, devido à emissão dos gases de efeito estufa pelo homem (notadamente o dióxido de carbono - CO₂, o metano - CH₄ e o óxido nitroso - N₂O).

De uma maneira geral, o Homem tem mudado a maneira de como a energia solar se interage e é liberada da atmosfera terrestre, causando a liberação destes gases a uma taxa mais elevada do que a da sua remoção natural da atmosfera.

As consequências mais imediatas do aquecimento da superfície da Terra são:

- a expansão da água dos oceanos (e eventual fusão de parte das massas de gelo nas regiões polares) provocando o aumento do nível do mar;
- aumento da turbulência da atmosfera com o aumento da frequência de eventos climáticos extremos (como furacões, chuvas intensas, etc);
- a migração das florestas e sua biodiversidade para zonas mais temperadas.

A ciência da mudança do clima é tratada através da avaliação periódica da evolução do conhecimento humano sobre o assunto, através do Painel Intergovernamental sobre do Clima (IPCC-Intergovernamental Panel on Climate Change, em sua sigla em inglês), órgão das Nações Unidas e que a cada cinco publica um Relatório de Avaliação sobre a Mudança do Clima.

O Primeiro Relatório de Avaliação do IPCC, publicado em 1990, provocou e subsidiou a negociação da Convenção do Clima. As principais conclusões foram que, na ausência de medidas tendentes a diminuir as emissões de gases de efeito estufa, o clima da Terra tornar-se-ia mais quente, por volta de 3 graus Celsius no final do próximo século e o

médio do mar aumentaria cerca de 50 centímetros. Incluiu, ainda, uma longa revisão incertezas científicas ainda existentes.

O Segundo Relatório de Avaliação do IPCC, publicado em 1995, confirmou as previsões e, adicionalmente, registrou a constatação de que o aquecimento já verificado, de cerca de meio grau Celsius nos últimos 150 anos, resulta da ação do homem, fortalecendo assim a credibilidade das previsões.

Os relatórios do IPCC, preparados por centenas de cientistas, indicam que - apesar da existência de algumas incertezas de natureza científica - não há a menor dúvida que os efeitos do "efeito estufa" são reais e que poderão ser muito significantes nas próximas décadas. Em base a estes relatórios, um grande número de países decidiu adotar, em 1992, na Conferência do Rio (UNCED - "United Nations Conference on Environment and Development") a Convenção sobre Mudanças Climáticas que foi ratificada por mais de 100 países e que se encontra em vigor.

A Convenção foi negociada no âmbito das Nações Unidas e destas negociações participaram inúmeros países através de um processo laborioso e complexo. O documento assinado foi chamado de "Convenção Quadro" (FCCC - "Framework Convention on Climate Change"), podendo ser seguido de protocolos adicionais que detalhariam as medidas adicionais a serem tomadas pelos diversos países.

A Convenção do Clima estabeleceu como objetivo, estabilizar concentrações atmosféricas dos gases de efeito estufa em níveis tais que o sistema climático (atmosfera, oceanos e biosfera) não seja afetado de forma perigosa. Dispõe, ainda, que a velocidade da mudança do clima não deva exceder um valor tal que os ecossistemas possam ter dificuldades em adaptar-se às condições cambiantes. Pondera, ainda, que a das concentrações não deverá ser feita às custas de reduções tão bruscas dos níveis de emissões a ponto de afetar adversamente o desenvolvimento social e econômico.

A Convenção estabelece vários princípios dentre os quais os mais são:

O principio da precaução, ou seja, mesmo na ausência de precisão completa nas previsões, e levando em conta a magnitude dos efeitos adversos rováveis, deve exercida precaução e evitar-se o agravamento do efeito.

O princípio da responsabilidade comum, porém diferenciada, de todos os países.

Os gases de efeito estufa têm vida longa na atmosfera - uma década para o metano e mais de um século para o dióxido de carbono e o oxido nitroso - e são misturados na atmosfera pelos seus movimentos. Assim, não há que pensar em mudança do clima em um só país - todos serão afetados. Por outro lado responsabilidade é diferenciada entre os países, pois os registros históricos mostram que as emissões que originam a mudança do clima têm grande variação entre os países.

Em reconhecimento do fato de que as emissões, uma vez produzidas, têm efeito por longo tempo, a Convenção reconhece que a maior parcela das emissões globais, históricas e atuais de gases de efeito estufa é originária dos países desenvolvidos. Reconhece também que as emissões per capita dos países em desenvolvimento ainda são relativamente baixas e que a parcela de emissões globais originárias dos países em desenvolvimento crescerá para que eles possam satisfazer suas necessidades sociais e de desenvolvimento. Por tudo isso, os países industrializados devem assumir a dianteira no estabelecimento de medidas de redução de suas emissões.

Os países em desenvolvimento, buscando também ajudar na solução do problema global, devem crescer tendo como um dos objetivos reduzir as consequências ambientais decorrentes desse crescimento.

A política da mudança do clima está condicionada pelas decisões já tomadas na própria Convenção do Clima e no chamado Mandato de Berlim - resolução da primeira conferência dos países que ratificaram a Convenção do Clima, realizada em Berlim. O Mandato

de Berlim estabelece que os países desenvolvidos deverão estabelecer metas quantitativas de redução de emissões para 2005, 2010 e 2020, bem como descrever as políticas e medidas que serão necessárias para alcançar essas metas, com um prazo até a sua Terceira Conferencia das Partes, em Quioto, Japão, a ser realizada em dezembro de 1997.

Para os países em desenvolvimento, caso do Brasil, não são estabelecidos compromissos adicionais, devendo estes países, contudo, avançarem no cumprimento dos compromissos existentes, ou seja, de estabelecer programas para o tratamento do problema, sem metas quantitativas, e condicionados a que recursos financeiros e tecnológicos adequados sejam tornados disponíveis pelos países industrializados.

Embora alguns estudos estimem que as emissões dos países em desenvolvimento possam vir a igualar àquelas dos países industrializados dentro de duas ou três décadas, o aumento de temperatura devido às emissões dos países em desenvolvimento somente irá igualar o aumento de temperatura devido às emissões dos países industrializados dentro de mais de um acculo.

Por outro lado, há razões para um certo otimismo porque nos últimos anos as alternativas não poluentes para a geração de energia se desenvolveram satisfatoriamente e o uso em larga escala de células fotovoltaicas, moinhos de vento e captação direta de energia solar para geração de eletricidade evoluiu muito. O custo destas alternativas energéticas caiu e, além disso, programas de uso de biomassa para geração de eletricidade - como o álcool no Brasil - tiveram um grande impulso.

A situação atual é, portanto, a de que foi demonstrado técnica e economicamente que existem alternativas viáveis ao uso de combustíveis fósseis principal responsável pelo "efeito-estufa" e que os países em desenvolvimento poderiam adotar estas alternativas para garantir seu desenvolvimento apesar delas dependerem de condições geográficas.

O problema do financiamento para projetos que reduzem a poluição local e regional - como projetos de saneamento ambiental- foi resolvido há anos porque o Banco Mundial e os bancos regionais dispõem de recursos para empréstimos a longo prazo. Depende porém dos países em desenvolvimento priorizá-los uma vez que precisam ser pagos.

No que se refere a projetos de energia renovável e outros que reduzem as emissões de gases que provocam o "efeito estufa", o Banco Mundial estabeleceu uma "Solar Initiative" que está em fase de implementação e que, em alguns casos, poderia fazer empréstimos a longo prazo a um custo inferior aos custos de mercado.

xxA estratégia geral dos países em desenvolvimento é portanto a de otimizar os sistemas energéticos de forma a atender a demanda por "serviços de energia" como iluminação, refrigeração e produção de energia mecânica envolve tecnologias que devem ser adotadas pelos países em desenvolvimento já nos estágios iniciais do seu desenvolvimento. Utilizar energias renováveis pode também libertar estes países de importações onerosas de carvão e petróleo.

A adoção destas soluções não só reduziria o "efeito estufa" como também faria sentido do ponto de vista do desenvolvimento em geral. Por conseguinte não é necessário aguardar por uma certeza absoluta de que o "efeito estufa" é real e vai afetar negativamente a vida de centena de milhões. Adotar medidas preventivas para evitá-lo faz sentido sob outros pontos de vista além de reduzir as emissões indesejáveis e este é o caminho a seguir.

Os Protocolos que serão adotados para dar operacionalidade à "Convenção do Clima" deverão se tornar por essa razão uma das mais importantes realizações da diplomacia internacional antes do fim do século 20.

5 PROTOCOLO DE QUIOTO

O Protocolo de Quioto foi um acordo firmado em dezembro de 1997, no Japão, pela comunidade internacional para redução das emissões de gases responsáveis pelo efeito estufa, sendo um complemento à UNFCCC-United Nations Framework Convention on Climate Change. Participaram da Convenção, cerca de 160 países, sendo que até 1998, 24 países assinaram a convenção, incluindo o Brasil.

Em linhas gerais, o Protocolo foi acordado entre os países do Anexo 1¹ a reduzirem a emissão dos gases estufa em 5% relativamente ao ano 1990.

Esta taxa de redução varia de acordo com o país, conforme é mostrado na tabela abaixo:

Tabela 5-1 Meta firmada no Protocolo de Quioto para a taxa de variação de emissão de gases estufa em relação aos níveis de 1990.

8% redução	Maioria dos países do Anexo 1	
7% redução	Estados Unidos	
6% redução	Canadá, Japão, Hungria e Polônia	
estabilização	Russia, Nova Zelândia e Ucrânia	
1% aumento	Noruega	
8% aumento	Austrália	

A maioria dos países do Anexo 1 acordaram em reduzir em 8% a taxa de emissão dos gases estufa. Os Estados Unidos em 7% de redução, Canadá, Japão, Hungria e Polônia em 6% de redução.

Alguns países, sob alegação de circunstâncias específicas, acordaram em não reduzir, ou até em aumentar a taxa de emissão, como é o caso da Russi, Nova Zelândia e Ucrânia que manterão os níveis de emissão de 1990, ou a Noruega que irá aumentar em 1% e a Austrália que aumentará em 8%.

Cabe ressaltar que no Protocolo, não foram estabelecidos limites para os países em desenvolvimento.

Alguns mecanismos foram previstos para facilitar os países do Anexo 1 a atingirem as metas do Protocolo, a saber:

Período de 5 anos

O período para que as metas sejam atingidas é de 5 anos, ao invés de anual. Isto faz com que a média de 5 anos das taxas de emissão mascare flutuações de curto prazo ocorridas devido a fatores como desempenho econômico ou condições climáticas. O primeiro período será de 2008 a 2012.

Compartilhamento

Muitos artigos do Protocolo prevêem a colaboração entre países, isto é compartilhamento de metas entre grupos de países para se atingir as metas;

Implementação conjunta

Reduções verificáveis em projetos individuais e específicos de qualquer país do Anexo 1 poderá ser transferido a outro país do Anexo 1. Isto quer dizer que o país receptor do benefício terá sua taxa de redução geral aumentada, enquanto que o país fornecedor terá sua taxa geral reduzida;

Negociação das emissões

Os países poderão negociar taxas de redução entre si, ou seja, um país que tenha sua taxa sobrepassado a meta acordada, poderá vender a taxa excedida a outro país;

Mecanismo de desenvolvimento limpo

Este mecanismos foi criado para extender investimentos do Protocolo a países em desenvolvimento. Isto possibilitará que reduções de emissões devido a projetos de desenvolvimento sustentável em países em desenvolvimento sejam transferidos a algum país industrializado.

O próximo encontro entre os países para negociação da convenção será em novembro de 1998, em Buenos Aires, Argentina.

¹ Países do Anexo 1 são os países desenvolvidos.

6 A ISO 14000

Anteriormente às normas de conformidade com o meio ambiente, as empresas eram acompanhadas no momento de seu licenciamento de projeto, de instalação e depois de operação por inspeções/fiscalizações periódicas dos órgãos ambientais.

A ISO 14 000 é um grupo de normas que fornecem ferramentas e estabelecem um padrão de sistemas de gestão ambiental com a finalidade de determinada empresa sistematizar a sua gestão administrativa mediante uma política ambiental visando a melhoria contínua em relação ao meio ambiente, e não mais apenas no momento do licensiamento.

Assim as normas de sistema de gestão ambiental tentam estabelecer um conjunto de procedimentos e requisitos que relacionam o meio ambiente com:

- projeto e desenvolvimento;
- planejamento;
- produção; e
- serviços pós-venda.

6.1.1 Precedentes da ISO 14000

Uma das primeiras iniciativas de cunho ambiental neste sentido ocorreu na Alemanha em 1977 com o lançamento do selo Anjo Azul. A partir daí começaram a surgir os chamados rótulosecológicos, baseados na certificação ambiental de produtos. Um poderoso mecanismo de educação e de informação ao consumidor que utiliza as forças de mercado como indutoras da oferta de melhores produtos do ponto de vista ambiental, proporcionando nova oportunidades de negócios para as empresas.

Enquanto os selos e os rótulos conquistavam mercados, a indústria sentia a necessidade de contar com normas para os sistemas de gestão ambiental.

Em 1992, a British Standards Institution lançou as normas ambientais BS-7750, com base na experiência que acumulou com as normas BS 5750, que tratam do sistema de gestão da

qualidade. A BS-7750 procura não apenas ordenar e integrar os procedimentos, como também permitir que sejam passíveis de certificação.

A partir de 1993, vários outros países da Europa publicaram suas próprias normas de sistemas de gestão ambiental, mediante organismos nacionais de normalização: na França, a AFNOR; na Espanha, a AENOR; na Irlanda, a NSAI; e na Holanda, a NNI. A África do Sul também publicou, através do SABS, a norma SABS 0251:1993.

6.1.2 A ISO 14000

A Organização Internacional de Normalização (ISO) é uma organização nãogovernamental de normalização técnica, com sede em Genebra, Suíça, responsável pela elaboração da série de normas de gestão ambiental ISO 14000.

A ISO reúne cerca de 110 países membros, que são responsáveis aproximadamente 95% do PIB mundial. Os países são representados na ISO pelas suas associações de normalização técnica. No caso brasileiro, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Em março de 1993, a ISO criou o Comitê Técnico (TC) 207 especificamente para formular a série ISO 14000. Trata-se de um dos maiores e mais importantes Comitês da ISO, com cerca de 60 países participantes e 20 entidades internacionais de ligação, como a Câmara de Comércio Internacional (CCI), a Organização Mundial do Comércio (OMC), o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), o World Wild Life Fund (WWF) e o Consumers International (CI).

O Comitê Técnico 207 é secretariado pelo Canadá, que também coordena o TC 176, responsável pela elaboração - e agora revisão -, da série de normas ISO 9000 de Sistemas de Gestão da Qualidade. O TC 207 é composto por seis Subcomitês e um Grupo de Trabalho Especial, divididos por assuntos, e tem secretarias em diversos países:

SC-1 - Sistemas de Gestão Ambiental (Inglaterra).

- SC-2 Auditoria Ambiental (Holanda).
- SC-3 Rotulagem Ambiental (Austrália).
- SC-4 Avaliação de Desempenho Ambiental (Estados Unidos).
- SC-5 Análise do Ciclo de Vida (França).
- SC-6 Termos e Definições (Noruega).
- WG-1 Aspectos Ambientais nas Normas de Produtos (Alemanha).
- O diagrama a seguir ilustra como se organiza o TC-207.

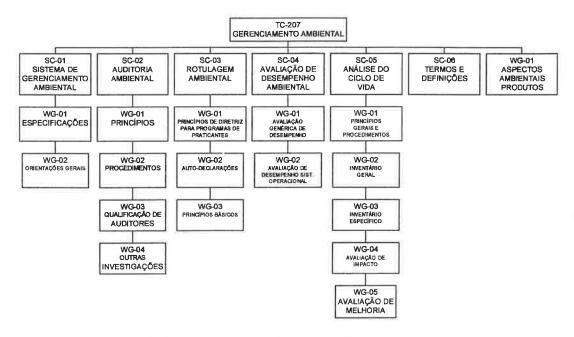


Figura 6-1 Diagrama esquemático – TC 207

Nota: TC = Technical Comitee; SC = Sub Cometee; WG = Work Group

O TC 207 se reúne anualmente, sempre num país diferente, para avaliar o progresso do trabalho de seus Subcomitês e Grupos de Trabalho. No ano passado, esta reunião foi realizada, em junho, no Rio de Janeiro. Em 1997, a V Plenária do TC 207 aconteceu em Quioto, Japão, no período de 18 a 25 de abril.

6.1.3 SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL (SGA)

Um SGA é um conjunto de procedimentos e técnicas sistêmicas que visam dotar uma organização dos meios que permitam sua política ambiental e que assegurem o atendimento dos principais requisitos:

- comprometimento com o melhoria contínua e a prevenção;
- comprometimento com o atendimento à legislação do país e outros requisitos dos mercados que deseja atingir;
 - estabelecimento de objetivos e metas ambientais;
 - avaliação e monitoramento do atendimento aos seus objetivos e metas ambientais;
 - conscientização e treinamento de todo o pessoal envolvido;
- comunicação a todas as partes interessadas (acionistas, empregados, consumidores); e
 - avaliação crítica do desempenho ambiental e adoção de medidas corretivas.

A implementação de um Sistema de Gestão Ambiental, além de promover a redução dos custos internos das organizações, aumenta a competitividade e facilita o acesso aos mercados consumidores, em consonância com os princípios e objetivos do desenvolvimento sustentável.

Algumas vantagens da implantação de um SGA podem ser citadas, entre as quais:

- a) para a empresa:
- criação de uma imagem "verde"; · acesso a novos mercados;
- redução de acidentes ambientais e custos de remediação;
- conservação de energia e recursos naturais;
- racionalização de atividade;
- menor risco de sanções do Poder Público;
- redução de perdas e desperdícios;

- maior economia; e
- facilita acesso a financiamentos.

b) para os clientes:

- confiança na sustentabilidade do produto;
- acompanhamento da vida útil do produto;
- cuidados com a disposição final do produto;
- incentivo à reciclagem, se for o caso;
- produtos e processos mais limpos;
- conservação dos recursos naturais;
- gestão dos resíduos industriais;
- gestão racional do uso da energia; e
- redução da poluição global.

A certificação do Sistema de Gestão Ambiental (SGA) é o instrumento que a empresa utiliza para comprovar sua relação positiva com o meio ambiente. Por isso, é indispensável que os instrumentos orientadores da estruturação dos SGAs e o credenciamento dos organismos certificadores tenham aceitação e credibilidade internacionais.

O credenciamento (também chamado de "aceitação") dos organismos certificadores deve ser feito segundo critérios rígidos e bem fundamentados, tendo como principais requisitos estrutura organizacional, metodologia de trabalho e qualificação do corpo técnico adequados aos objetivos e responsabilidades inerentes à atividade de certificação.

6.1.4 A ISO 14000 NO BRASIL

Desde setembro de 1994, o Brasil através do Grupo de Apoio à Normalização Ambiental (Gana) da Associação Brasileira de Normas Técnicas, vem acompanhando os trabalhos e representando o Brasil nas discussões do TC 207, seus Subcomitês e Grupos de Trabalho.

Após a publicação das primeiras normas, o Gana, do qual faziam parte inicialmente 33 empresas e 17 entidades de apoio, como órgãos públicos, associações empresariais e universidades, passou a contar com 16 empresas cotistas para financiar suas operações.

Em outubro de 1996, a ISO publicou as cinco primeiras normas da série ISO 14000 que, em dezembro do mesmo ano, foram divulgadas pela ABNT em português: as normas ISO 14001 e ISO 14004 - sobre Sistemas de Gestão Ambiental - e as normas ISO 14010, ISO 14011 e ISO 14012, sobre Auditorias Ambientais.

Com relação à certificação ambiental no Brasil, o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro), por delegação do Conselho Nacional de Metrologia (CONMETRO), criou, em setembro de 1995, a Comissão de Certificação Ambiental (CCA), no âmbito do Sistema Brasileiro de Certificação (SBC). Essa Comissão é constituída por representantes de órgãos governamentais federais e estaduais de meio ambiente, grandes empresas, associações empresariais, universidades, ONGs e organismos de certificação de sistemas, tendo elaborado os critérios e procedimentos para certificação ambiental de organizações pela norma ISO 14001, bem como para formação e registro de auditores de sistemas de gestão ambiental. Esses critérios já estão disponíveis no país e são compatíveis com os critérios utilizados por organismos de acreditação da Inglaterra, Holanda, Estados Unidos e Japão.

Além disso, o Inmetro participa de iniciativas internacionais de harmonização de critérios de certificação, coordenadas pelo International Accreditation Forum (IAF). No momento, três organismos internacionais de certificação de sistemas, o BVQI (Bureau Veritas Quality International), o DNV (Det Norske Veritas) e o ABS-QE (American Bureau of Shipping - Quality Evaluation), já estão em processo de credenciamento pelos critérios e procedimentos de certificação ambiental brasileiros.

6.1.5 AS NORMAS ISO 14000

As normas da ISO Série 14 000 pretende abranger sete áreas bem definidas:

- sistemas de gestão ambiental;
- auditoria ambiental;
- rotulagem ambiental;
- aspectos ambientais das normas de produtos;
- análise do ciclo vida de produto; e
- desempenho ambiental.

A seguir são apresentadas na Tabela 6-1 as normas da série 14000. As normas ISO 14001,14004,14010,14011,1012 já foram publicadas pela ISO e podem ser adquiridas na ABNT, na versão em português.

Tabela 6-1 As normas ISO 14000

Número da ISO	área	Sub-áreas	
14 000	Gestão Ambiental	Diretrizes para seleção e uso.	
14 001	Sistema de Gestão Ambiental	Especificação e diretrizes para uso.	
14 004	Sistema de Gestão Ambiental	Diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio.	
14 010	Diretrizes para Auditoria Ambiental	Princípios gerais.	
14 011	Diretrizes para Auditoria Ambiental	Procedimentos de auditoria	Auditoria de Sistemas de Gestão Ambiental.
14 012	Diretrizes para Auditoria Ambiental	Critérios de qualificação para auditores ambientais.	
14 020	Rótulos e Declarações	Princípios básicos.	

	Ambientais		
14 021	Rótulos e Declarações Ambientais	Autodeclaração ambientais	Termos e definições.
14 022	Rótulos e Declarações Ambientais	Autodeclaração ambientais	Símbolos.
14 023	Rótulos e Declarações Ambientais	Autodeclaração ambientais	Metodologias de testes e verificação.
14 024	Rótulos e Declarações Ambientais	Rotulagem ambiental tipo I	Diretrizes para princípios e procedimentos.
14 025	Rótulos e Declarações Ambientais	Rotulagem ambiental tipo III	Diretrizes para princípios e procedimentos.
14 031	Gestão Ambiental	Avaliação de performance ambiental.	
14 040	Análise do Ciclo de Vida	Princípios e diretrizes.	
14 041	Análise do Ciclo de Vida	Análise do inventário.	
14 042	Análise do Ciclo de Vida	Avaliação do impacto.	
14 043	Análise do Ciclo de Vida	Interpretação do ciclo de vida.	
14 050	Gestão Ambiental		
ISO Guide 64	Guia para inclusão	de aspectos ambientais em nor	mas e produtos.

6.1.6 CONSIDERAÇÕES PRINCIPAIS³

Segundo Zini et al Erro! A origem da referência não foi encontrada., assim como a certificação internacional em conformidade com a série de normas ISO 9000 tornou-se indispensável para entrada e manutenção de mercados para muitos setores, o mesmo acontece na segunda metade dos anos 90 com relação a norma de sistemas de gestão ambiental - ISO 14001. Acidentes como Bhopal na Índia, Chernobil na ex-URSS parecem ter despertado a humanidade para o cuidado do meio ambiente. As pressões da sociedade, através de grupos organizados, agências ambientais, entre outros, têm transformado o perfil do consumidor no final deste século. A indústria, em resposta a estas demandas da sociedade e a sua própria conscientização, tem se voluntariado na implantação de sistemas de gerenciamento ambiental (SGA). A norma ISO 14001 não se constitui em panacéia para todos os males ambientais, mas contribui como ferramenta na implantação de SGA.

A norma ISO 14001 não se constitui em garantia de um processo ambientalmente sustentável, contudo proporciona estrutura adequada para a busca do desenvolvimento sustentável através da melhoria do sistema de gerenciamento ambiental. A relação entre a ISO 14001 e a implantação de mais limpas passa por uma mudança de paradigma que requer tempo e esforço de todos os setores da sociedade. Os resultados desta evolução não estarão confinados ou apenas focados em normas ambientais, mas encontrar-se-ão vinculados a uma mudança de postura que remedia os impactos ambientais existentes para aquela que os analisa e que de antemão se previne de suas ambientais.

Texto transcrito de: Cláudia Alcaraz Zini (UFRGS) e Rosane Escobar (RIOCELL S.A.) ISO 14001 como Ferramenta para o Desenvolvimento Sustentável - Caso prático: Natal, 29 de setembro a 3 de outubro de 1997 27º Congresso Brasileiro de Química, ABQ

7 O SETOR ELÉTRICO E O GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RECURSOS

7.1.1 CONCEITO DE PLANEJAMENO INTEGRADO DE RECURSOS ENERGÉTICOS PARA O SETOR ELÉTRICO— PIR

O PIR para o setor elétrico, é uma ferramenta metodológica bastante difundida nos EUA e no Canadá, que permite incorporar preocupações e prioridades das empresas, do governo, do órgão regulador, dos consumidores, de grupos ambientalistas e de ONG's, fazendo parte de um planejamento indicativo de longo prazo, executado por órgãos governamentais, onde a preocupação maior é com aspectos estratégicos. É uma forma avançada de planejamento onde:

- Analisa-se, de forma explícita e equitativa, um grande número de opções de suprimento e de ações sobre a demanda de energia;
- Tenta-se internalizar, isto é, quantificar e monetarizar os custos sociais e ambientais associados às diferentes opções;
- Incentiva-se a participação do público interessado;
- Efetua-se uma avaliação dos riscos e incertezas oriundos de fatores externos ao exercício de planejamento e, também, dos decorrentes das opções analisadas;
- Busca-se, desta forma, um consenso na preparação e avaliação dos planos de expansão das empresas concessionárias de energia elétrica.

O PIR pode, também, constituir-se em uma ferramenta de auxílio as decisões de investimento das concessionárias, por exemplo, em horizontes de planejamento curtos, onde as empresas concessionárias preferem adquirir energia ao invés de construir usinas (Reis, Erro! A origem da referência não foi encontrada.).

Uma motivação para a aplicação do PIR por empresas concessionárias, é a possibilidade de postergação de custos de expansão de sistemas de geração, transmissão e

distribuição de energia, através de programas de gerenciamento de energia, por exemplo, com minimização de impactos ambientais e com a participação das partes interessadas. O PIR permite encontrar a realização continuada e monitorada do ótimo ao longo do tempo no curto e longo prazo (Udaeta, Erro! A origem da referência não foi encontrada.).

7.1.2 O GIR NO CONTEXTO DO PIR

A metodologia do PIR possui muitas semelhanças com o GIR, sendo que o PIR aborda praticamente a questão da disponibilização de energia elétrica, e o GIR aborda a questão do tratamento e disposição final de resíduos. As semelhanças principais que se pode destacar são:

- A implementação do GIR, ou do PIR, depende do governo;
- Existe um leque muito grande de opções, com custos associados. No caso do PIR, as opções são as diversas fontes energéticas existentes, a conservação de energia e o gerenciamento pelo lado da demanda, no caso do GIR as opções giram em torno das formas de tratamento e disposição final de lixo;
- Existe dificuldade de internalização de custos sociais e ambientais associados a cada opção;
- A participação da comunidade e das partes interessadas é importante;
- O GIR contribui para o PIR quanto à questão da conservação de energia, podendo ser incorporada como uma alternativa no Planejamento Integrado de Recursos.