

“PARQUES INDUSTRIAIS ECOLÓGICOS” COMO INSTRUMENTO DE
PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL COOPERATIVA

Ana Luiza Moura Fragomeni

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS
PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM
PLANEJAMENTO ENERGÉTICO.

Aprovada por:

Prof^a. Alessandra Magrini, D.Sc.

Prof. Roberto Schaeffer, Ph.D.

Dr. Márcio Macedo da Costa, D.Sc.

Dr. Maury Saddy, Ph.D.

Dra. Aline Guimarães Monteiro, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

MARÇO DE 2005

FRAGOMENI, ANA LUIZA MOURA

Parques Industriais Ecológicos como
Instrumento de Planejamento e Gestão
Ambiental Cooperativa [Rio de Janeiro] 2005

XI, 110 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ,
M.Sc., Planejamento Energético, 2005)

Tese – Universidade Federal do Rio de
Janeiro, COPPE

1. Parques Industriais Ecológicos
2. Planejamento e Gestão Ambiental
3. Ecologia Industrial

I. COPPE/UFRJ II. Título (série)

À minha família: meus pais e minhas irmãs

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Antonio Sérgio e Ana Maria, por terem sempre me apoiado ao longo do meu caminho acadêmico e profissional, pelos esforços empregados na minha formação, e por seu amor e carinho.

À minha irmã Paula, “companheirona”, pelo grande interesse demonstrado por este trabalho, o que me deu muita força e confiança em função da admiração que nela deposito devido ao seu imenso conhecimento geral e cultural e da sua capacidade analítica.

À minha irmã Helena, pela assessoria técnica prestada nas horas em que meu computador ganhava vida própria e não atendia mais aos meus comandos, assim como pela companhia nas noites em que fiquei estudando e ela, ao meu lado, trabalhando em seus projetos de design.

À minha irmã Laura, por estar sempre por perto com seu jeito alegre e engraçado, me fazendo rir até nas horas de reconhecido mau humor.

À Christinne Lombardo, grande amiga e incentivadora para o meu ingresso no PPE, e quem muito me ajudou a recobrar o fôlego para seguir em frente nesta tese em momentos de muito trabalho na esfera profissional.

À Christianne Maroun, preciosa amiga pessoal e uma referência profissional na área de meio ambiente, com quem tive o privilégio de trabalhar na CNI e na FIRJAN, desde o início da minha carreira profissional.

A Marcio Nikiel, por ter me ajudado a resgatar a disciplina e o ritmo necessário para realização e conclusão desta tese, e por ter me ajudado a lidar com os momentos de ansiedade.

À toda equipe de Segurança, Saúde, Meio Ambiente e Qualidade (SSMAQ) da Rio Polímeros, que constitui em um exemplo de trabalho cooperativo.

Aos meus outros novos amigos da Rio Polímeros, especialmente aqueles integrantes da comunidade baiana, pelas manifestações de carinho, incentivo e compreensão pelos momentos em que tive de abdicar da companhia do grupo.

Aos amigos da FIRJAN, pelo intenso convívio ao longo deste período.

Às minhas amigas que se formaram comigo na graduação, Sandra Decourt e Carla Moreira, por compartilharem comigo um pouco de suas experiências acadêmicas de Mestrado e Doutorado, o que me ajudou no desenrolar do meu próprio processo.

Às empresas Gerdau, Pan-Americana e Volkswagen, pelo fornecimento de informações que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos colegas da secretaria e da biblioteca do PPE, pela atenção e prestatividade.

À professora Alessandra Magrini, que pelo seu vasto conhecimento na área de meio ambiente e pela sua excelência acadêmica, exerceu um papel decisivo, na qualidade de orientadora, durante o período de Mestrado.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

PARQUES INDUSTRIAIS ECOLÓGICOS COMO INSTRUMENTO DE
PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL COOPERATIVA

Ana Luiza Moura Fragomeni

Março / 2005

Orientadora: Alessandra Magrini

Programa: Planejamento Energético

O objetivo do presente estudo consiste em apresentar e formar uma memória dos resultados do Programa Rio Ecopolo, instituído no Rio de Janeiro, e que despontou como iniciativa pioneira para implantação oficial de Parques Industriais Ecológicos no Brasil. Algumas recomendações para a formatação mais adequada para a implantação e operacionalização de PIEs no Estado do Rio e no país também são feitas, a partir da avaliação das referidas experiências práticas nacionais, de estudos de caso internacionais e de uma análise SWOT – *Strenght, Weakness, Opportunities and Threats*, das forças, fraquezas, oportunidades e ameaças ao instrumento. A relevância dos PIEs enquanto instrumento baseia-se no seu potencial de atuação complementar aos tradicionais instrumentos da gestão ambiental pública, voltados para o adequado ordenamento da ocupação industrial territorial, assim como nos princípios da Ecologia Industrial.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

INDUSTRIAL ECOLOGICAL PARKS AS A PLANNING AND COOPERATIVE
ENVIRONMENTAL MANAGEMENT TOOL

Ana Luiza Moura Fragomeni

March / 2005

Advisor: Alessandra Magrini

Department: Energy Planning

The aim of the present study consists in introduce and establishes a memory of the results of the “Rio Ecopolo Program”, which took place in Rio de Janeiro, and launched as a pioneer initiative for na official implementation of Eco Industrial Parks in Brazil. Some recommendations in order to define the most appropriate way to implement and turn EIPs operational in the state of Rio and in the country due to the evaluation of the national experiences mentioned, international study cases and of a SWOT – *Strenght, Weakness, Opportunities and Threats analyses* of the EIPs as a tool. The relevance of the EIPs is based upon their potential to act complementarily to the public environmental management in order to promote an appropriate land occupation and upon the Industrial Ecology principles.

ÍNDICE

INTRODUÇÃO	01
1 A DINÂMICA DA POLÍTICA E DA GESTÃO AMBIENTAL E SUA INTERFACE COM O PROCESSO DE OCUPAÇÃO INDUSTRIAL DO SOLO	04
1.1 A evolução da política ambiental e dos instrumentos de gestão ambiental	04
1.2 Principais instrumentos da gestão ambiental pública voltados para ocupação territorial no Brasil	06
1.2.1 Zoneamento Industrial	08
1.2.2 A Política Nacional de Meio Ambiente e seus instrumentos	10
1.2.2.1 Zoneamento Ambiental	11
1.2.2.2. Sistema Nacional de Unidades de Conservação	14
1.2.2.3. Licenciamento Ambiental e Avaliação de Impactos Ambientais	15
1.3 Instrumentos de gestão ambiental públicos, privados e cooperativos e o desenvolvimento sustentável	18
2 PRINCIPAIS FUNDAMENTOS DA ECOLOGIA INDUSTRIAL	20
2.1 A Ecologia e a Ecologia Industrial	20
2.2 A analogia entre sistemas biológicos e sistemas industriais	23
2.2.1. Fluxos e Ciclos de Materiais	25
2.2.1.1. Resíduos e o Princípio da Conservação de Massa	27
2.2.2. Fluxo de Energia	32
2.2.2.1. Princípios da Termodinâmica aplicáveis à Ecologia Industrial	33
2.2.2.2. Fontes e Formas de Energia	34
2.3 A Ecologia Industrial no contexto econômico	37
2.4 Alguns instrumentos para operacionalização da Ecologia Industrial	43
3 PARQUES INDUSTRIAIS ECOLÓGICOS COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO AMBIENTAL COOPERATIVO E DA ECOLOGIA INDUSTRIAL	45
3.1 Tendências do processo de desenvolvimento e localização industrial	45
3.2 Parques Industriais Ecológicos: definição e conceitos	48
3.3 Algumas Experiências Internacionais de Parques Industriais Ecológicos	53
3.3.1 O Parque Industrial de Kalundborg, Dinamarca	53
3.3.2 Parques Industriais Ecológicos em países desenvolvidos e em desenvolvimento	57
3.3.2.1 Estados Unidos	58

3.3.2.2 Holanda	60
3.3.2.3 França	63
3.3.2.4 China	63

3.4 Análise SWOT (<i>Strenght, Weaknesses, Opportunities and Threats</i>): forças, fraquezas, oportunidades e ameaças aos Parques Industriais Ecológicos	67
3.4.1 Forças	67
3.4.2 Fraquezas	68
3.4.3 Oportunidades	69
3.4.4 Ameaças	71

4 A IMPLANTAÇÃO DE PARQUES INDUSTRIAIS ECOLÓGICOS NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	72
--	-----------

4.1 O Zoneamento Industrial na Região Metropolitana do Rio de Janeiro e os Parques Industriais Ecológicos	72
--	-----------

4.2 O Programa Rio Ecopolo	76
4.2.1 Distrito Industrial de Santa Cruz	81
4.2.2 Distrito Industrial de Campos Elíseos	84
4.2.3 Região Sul Fluminense	89
4.2.4 Distrito Industrial da Fazenda Botafogo	89
4.2.5 Paracambi	93

4.3 A experiência do Pólo Petroquímico de Camaçari como contribuição ao Programa Rio Ecopolo	94
---	-----------

4.4 Projetos correlacionados ao Programa Rio Ecopolo	96
4.4.1 Projeto CODIN/FUNDES	96
4.4.2 Programa de Apoio ao Desenvolvimento dos Ecopolos de Reciclagem no Estado do Rio de Janeiro	98

5 CONCLUSÕES	101
---------------------	------------

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107
-----------------------------------	------------

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Instrumentos da gestão ambiental pública, privada e cooperativos_____	08
Figura 2 – Diagrama básico de fluxo de materiais_____	30
Figura 3 – Os ciclos econômicos de Kondratieff _____	40
Figura 4 – Correntes econômicas e suas ideologias ambientais_____	41
Figura 5 – Instrumentos que podem contribuir para a Ecologia Industrial_____	45
Figura 6 – Tendências do processo de desenvolvimento e localização industrial_____	49
Figura 7 – Diagrama da inter-relação entre projetos eco-industriais_____	52
Figura 8 – Fluxo de materiais estabelecido entre as principais unidades produtivas do Grupo Guitang_____	66
Figura 9 – Logotipo do Ecopolo da Fazenda Botafogo_____	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplos de usos dissipativos de substâncias químicas e metais pesados_____32

Tabela 2 – Principais resultados obtidos em Kalundborg, Dinamarca_____57

Tabela 3 – Ecopolos lançados no Estado do Rio de Janeiro sob o Programa Rio Ecopolo____79

INTRODUÇÃO

Muitos países, principalmente aqueles em desenvolvimento, enfrentam ainda nos dias de hoje problemas ambientais decorrentes de uma intensa e desordenada ocupação industrial do solo, resultando em conflitos entre indústrias, governo e sociedade, que perduram até a atualidade. O processo legislativo é sem sombra de dúvida de grande importância como meio de definir os usos prioritários do solo, de atuar na delimitação da ocupação de determinadas parcelas do território por parte das indústrias, e finalmente, como meio de orientar e acompanhar o processo de assentamento industrial. Porém, os instrumentos da gestão ambiental pública oriundos deste processo, de forma isolada, não vêm se mostrando eficientes para garantir o adequado ordenamento territorial brasileiro.

O cenário acima retrata uma problemática antiga, a qual começou a se configurar no âmbito internacional a partir da década de 70, e no Brasil em época relativamente consoante. Contudo, a forma de lidar com os problemas ambientais e o estilo de relacionamento entre os diversos atores da sociedade é que vem sendo transformado ao longo dos anos, assumindo mais recentemente um caráter colaborativo, que se reflete no formato dos mais atuais instrumentos da gestão ambiental.

É diante da inter-relação que pode ser estabelecida entre os Parques Industriais Ecológicos (PIEs), enquanto instrumento de planejamento e de gestão ambiental cooperativa, e o processo de ocupação industrial do solo, que a presente dissertação desponta. Vislumbra a relevância de se induzir a formação de PIEs tendo em vista sua potencial atuação complementar aos tradicionais instrumentos da gestão ambiental pública na busca do ordenamento industrial territorial esperado. Além disso, os Parques Industriais Ecológicos trazem um novo elemento a este processo, que consiste no

direcionamento da configuração espacial industrial de modo a maximizar os benefícios provenientes de uma atuação industrial sinérgica local.

A necessidade de se buscar mecanismos que conduzam a sociedade industrial para busca de um novo modelo organizacional e operacional, alinhado à promoção do desenvolvimento sustentável, também é um forte agente para estimular o estudo dos Parques Industriais Ecológicos. Isto se deve ao fato dos seus conceitos serem baseados nos princípios da Ecologia Industrial, que nos remetem a importância de se impulsionar instrumentos e práticas que possam contribuir para a sustentabilidade da sociedade industrial a longo prazo. Os PIEs constituem-se em um destes instrumentos.

O “Programa Rio Ecopolo”, instituído em 2002, foi uma iniciativa ocorrida no Estado do Rio de Janeiro, e pioneira no Brasil, para instituição oficial de Parques Industriais Ecológicos, neste caso denominados Ecopolos. Face à precariedade de registros reunindo informações sobre o processo de implantação deste Programa, assim como sobre o atual estágio em que se encontram os PIEs formalmente instituídos, a presente dissertação tem como objetivo constituir uma memória das experiências práticas desencadeadas em âmbito nacional e dos seus resultados. Adicionalmente, considerando que os Parques Industriais Ecológicos podem ser implantados e operacionalizados a partir de variados formatos, nos quais os diversos atores da sociedade assumem diferentes papéis, uma análise da conformação adotada pelo Programa Rio Ecopolo é realizada. Algumas recomendações são então estabelecidas para uma reformatação do modelo assumido para o exercício dos PIEs no Estado do Rio de Janeiro, de modo a resgatar e revitalizar a proposta do Programa Rio Ecopolo, no sentido de alcançar os benefícios que o instrumento oferece como ferramenta de planejamento e de gestão ambiental cooperativa, em uma maior dimensão. Traz se a

tona inclusive a possibilidade do mesmo se estabelecer como um modelo, servindo de referência para a disseminação do instrumento em todo o Brasil.

Para alcançar os objetivos acima delineados foram realizadas entrevistas com representantes das empresas integrantes dos Ecopolos criados, assim como foi conduzida a sistematização de dados dispersos obtidos junto às principais instituições envolvidas na condução do Programa Rio Ecopolo, tais como a Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA), a Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN) e a Companhia de Desenvolvimento Industrial do Estado do Rio de Janeiro (CODIN). Adicionalmente, foi realizado um levantamento de algumas experiências de Parques Industriais Ecológicos em países desenvolvidos e em desenvolvimento. Através destes estudos de caso uma avaliação dos diferentes formatos de PIEs vigentes internacionalmente foi realizada, assim como a identificação das forças, fraquezas, oportunidades e ameaças relativas ao instrumento. Para esta última, a reconhecida análise SWOT – *Strength, Weakness, Opportunities and Threats* foi utilizada.

A presente dissertação encontra-se estruturada em 5 (cinco) capítulos. Os dois primeiros fornecem a base teórica necessária para contextualizar e suportar o terceiro e o quarto capítulos, quando se chega efetivamente no cerne do presente estudo. Subseqüentemente, no capítulo cinco, caminha-se para o encerramento desta dissertação, quando são apresentadas conclusões e feitas algumas recomendações.

1 A DINÂMICA DA POLÍTICA E DA GESTÃO AMBIENTAL E SUA INTERFACE COM O PROCESSO DE OCUPAÇÃO INDUSTRIAL DO SOLO

1.1 A evolução da política ambiental e dos instrumentos de gestão ambiental

Os efeitos da poluição ambiental provocada pelas indústrias, perceptíveis desde a Revolução Industrial, começaram a acirrar-se a partir de 1960 com a intensificação do processo de industrialização. Em 1972, a Conferência das Nações Unidas, em Estocolmo, suscitou o debate mundial sobre as questões ambientais. Desencadeou-se na década de 70 um processo de estruturação institucional e de formulação de políticas ambientais em diversos países, nesta fase sob uma ótica essencialmente corretiva. Prevalecia a aplicação de instrumentos de comando-e-controle pelo setor público e o atendimento aos padrões ambientais através da implantação de tecnologias de fim-de-tubo (ex: instalação de filtros em chaminés ou construção de estações de tratamento de efluentes) pelas indústrias. A incorporação das questões ambientais pelos processos produtivos resultava invariavelmente em um aumento dos seus custos operacionais e o clima entre indústrias, governo e organizações não-governamentais (ONGs) era de constante confrontação (BARATA, 1997; LEMOS, 1999).

Nos anos 80 as políticas ambientais dos países assumem um enfoque preventivo, quando então são introduzidos instrumentos da gestão ambiental pública com o objetivo de auxiliarem as tomadas de decisão governamental. Uma atuação calcada em um maior grau de planejamento passou a ser exercida a partir deste novo contexto (MAGRINI, 2001). Complementarmente, o setor industrial também passou a enxergar a necessidade de mudar sua postura perante a sociedade, e instrumentos de gestão privada passaram a ser desenvolvidos na esfera empresarial. Alguns acidentes ambientais, tais como o

vazamento de pesticidas em Bhopal – Índia, pela Union Carbide (1984), o vazamento de óleo no Alaska, pela Exxon (1989), entre outros, marcaram a imagem das indústrias de forma muito negativa, impulsionando este processo (BARATA, 1997).

Na década de 90 as políticas e diretrizes ambientais despontam com uma visão integradora, transformando a indústria em um elemento chave na gestão da qualidade do meio ambiente. Inicia-se uma busca pela implantação de instrumentos de gestão cooperativa, valorizando-se a condução de ações e práticas conjuntas.

A Figura 1 apresenta de forma esquemática alguns dos principais instrumentos instituídos nos âmbitos das gestões pública e privada (lado esquerdo) e da gestão cooperativa (lado direito). As setas desenhadas nesta Figura ilustram a tendência da dinâmica do processo de evolução de criação destes instrumentos, no sentido da busca por instrumentos cooperativos, baseados em processos de negociação entre os diversos atores da sociedade.

Figura 1 – Instrumentos da gestão ambiental pública, privada e cooperativa

		ADMINISTRAÇÃO FEDERAL, REGIONAL, LOCAL	
GESTÃO AMBIENTAL PÚBLICA	▪ Padrões ▪ Avaliação de impacto ambiental / licenciamento ▪ Zoneamento ▪ Monitoramento ▪ Selos verdes ▪ Auditoria ambiental ▪ Instrumentos econômicos	↓	▪ Teoria dos jogos: Metagame e Hypergame ▪ Strategic choice ▪ Mapeamento cognitivo (SODA) ▪ Mediação e arbitragem ▪ Análise multicritério
		CONFLITOS PARCERIAS	→ NEGOCIAÇÃO GESTÃO COOPERATIVA
GESTÃO AMBIENTAL PRIVADA	▪ Panorama de atuação responsável ▪ ISO 14000 ▪ Sistema de gestão ambiental ▪ Auditoria ambiental ▪ Avaliação de desempenho ambiental ▪ Análise do ciclo de vida	↑	▪ Auto controle ▪ Auto licenciamento ▪ Atuação em colegiados ▪ Parques industriais ecológicos ▪ Bolsas de resíduos ▪ Certificados negociáveis ▪ Processos participativos
		ENTIDADES CIVIS EMPRESAS	

Fonte: MAGRINI, 2001.

1.2 Principais instrumentos da gestão ambiental pública voltados para ocupação territorial no Brasil

Muitos dos problemas ambientais brasileiros são decorrentes de uma intensa e desorganizada ocupação industrial do solo, ocorrida principalmente a partir da década de 50. A concentração de indústrias, fenômeno sempre presente nos grandes aglomerados metropolitanos, passou a causar prejuízos à qualidade de vida das populações residentes nestas áreas, muitas vezes alcançando níveis inquietantes de poluição (FUNDREN, 1982).

A nível do planejamento governamental brasileiro, o primeiro documento oficial que expressou, de forma objetiva, seu interesse em ordenar a ocupação da atividade industrial, visando minimizar seus efeitos nocivos ao meio ambiente, foi o II Plano Nacional de Desenvolvimento (PND), publicado no final de 1974, para o período de 1975 a 1979. O III Plano Nacional de Desenvolvimento Econômico, para o período de 1980 a 1985, deu continuidade às metas do II PND, enfatizando a necessidade de execução de projetos para prevenir ou combater problemas ambientais relacionados com a poluição das águas e do ar, sobretudo no interesse da população dos maiores núcleos industriais e urbanos (FUNDREN, 1982).

Em relação à estruturação institucional, datam dos anos 70 a criação a nível federal da SEMA – Secretaria de Meio Ambiente e de alguns órgãos de controle ambiental estaduais, como a FEEMA, no Estado do Rio de Janeiro. Em termos legais, o país já contava com alguns instrumentos reguladores anteriores mesmo aos anos 70, tais como o Código de Águas, de 1934, a Lei de Proteção de Florestas, de 1965, a Lei de Proteção da Fauna, de 1967, dentre outras. Porém, foi somente em 1981 que sua Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) foi instituída, definindo diretrizes para as

questões ambientais de forma sistemática e estruturada. Em 1988, um capítulo dedicado ao meio ambiente foi incorporado à Constituição Brasileira, que juntamente com a PNMA deram origem a um processo de revisão e consolidação das leis ambientais que atravessou a década de 90 (MAGRINI, 2001). Incluem-se neste processo a regulamentação de muitos dos instrumentos da gestão ambiental pública apresentados anteriormente pela Figura 1, tais como o Zoneamento, a Avaliação de Impacto Ambiental e o Licenciamento. Estes são exemplos de instrumentos previstos pela Política Nacional de Meio Ambiente e de grande relevância no contexto do planejamento territorial e no processo de orientação e restrição de locais para o assentamento industrial, e por isso serão detalhados adiante.

No que diz respeito à ocupação do solo urbano, a Constituição Federal de 1988 pretendeu dar tratamento inovador à questão. Firmou a primazia do Plano Diretor, obrigatório para cidades com mais de 20 mil habitantes, e estabeleceu que as atividades de planejamento e controle do uso do solo deveriam ser desenvolvidas com estreita participação da sociedade civil. Treze anos depois, a Lei 10.257/2000, conhecida como o Estatuto da Cidade, dá um passo adiante, regulamentando dispositivos constitucionais sobre política urbana. Isto possibilitou que, a partir da elaboração ou revisão do seu Plano Diretor, cada município avaliasse a conveniência de introduzir na legislação os novos instrumentos urbanísticos criados pelo Estatuto da Cidade (WALCACER, 2001).

Este movimento, no sentido de garantir um maior planejamento urbano das cidades brasileiras é da mais alta importância. Se por um lado a poluição industrial causou um processo de diminuição da qualidade de vida das populações residentes em áreas metropolitanas, por outro o avanço da comunidade sobre áreas predominantemente industriais também acompanhou e caracterizou o processo de

industrialização brasileiro, vigorando até os dias de hoje. Walcacer (2001) relata esta problemática interface da ocupação territorial:

Fábricas se instalam em locais desabitados, sem vizinhos próximos, e dão início à produção. A sua presença atrai a comunidade para a vizinhança. Não são pouco freqüentes os casos em que as reclamações e a pressão de órgãos ambientais, Ministério Público, ONGs ambientalistas, associações de moradores tornam-se tão intensas, devido a esta proximidade não planejada, que se inicia um embate jurídico entre empresa e vizinhança. Muitas vezes, indústrias acabam tendo suas atividades paralisadas, ou não podendo ser ampliadas, ou até mesmo tendo de mudar suas instalações. E tudo recomeça ali adiante, a um custo social, ambiental, urbanístico e econômico altíssimo. (WALCACER, 2001, p.1)

Apesar da grande relevância dos instrumentos urbanísticos quando o assunto é a ordenada ocupação do solo, considerando inclusive o histórico de conflitos entre indústrias e sociedade civil, estes não serão alvo de detalhamento do presente estudo. A seguir nos deteremos na discussão de alguns instrumentos da gestão pública, visando o delineamento do panorama da ocupação industrial sob a ótica ambiental e legislativa. Contudo, cabe ressaltar a importância das políticas e diretrizes urbanísticas e ambientais caminharem de forma conjunta e planejada, para garantir a maior eficiência de ocupação de solo, atendendo aos diversos interesses da sociedade.

1.2.1 Zoneamento Industrial

Em 1975 que o governo federal sancionou o Decreto-lei N° 1.413, regulamentado pelo Decreto N° 76.389, dispondo sobre o controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais. Estes dois instrumentos legais definiram treze regiões brasileiras como áreas críticas. A partir das principais diretrizes e idéias expressas nestes instrumentos legais foi editada a Lei Federal N° 6.803, de 02 de julho

de 1980, que dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial em áreas definidas como críticas (FUNDREN, 1982).

A Lei N° 6.803/80 determina que as zonas destinadas à instalação de indústrias deverão ser definidas de acordo com um zoneamento urbano que compatibilize as atividades industriais com a proteção ambiental, classificadas nas seguintes categorias:

- Zonas de Uso Estritamente Industrial – ZEI: destinadas, preferencialmente, à localização de estabelecimentos industriais cujos resíduos sólidos, líquidos e gasosos, ruídos, vibrações, emanações e radiações possam causar perigo à saúde, ao bem-estar e à segurança das populações, mesmo depois da aplicação de métodos adequados de controle de tratamento de efluentes, nos termos da legislação vigente;
- Zonas de Uso Predominantemente Industrial – ZUPI: destinadas, preferencialmente, à instalação de indústrias cujos processos, submetidos a métodos adequados de controle e tratamento de efluentes, não causem incômodos sensíveis às demais atividades urbanas e nem perturbem o repouso noturno das populações;
- Zonas de Uso Diversificado – ZUD: destinadas à localização de estabelecimentos industriais cujo processo produtivo seja complementar às atividades do meio urbano ou rural em que se situem, e com elas se compatibilize, independentemente do uso de métodos especiais de controle da poluição, não ocasionando, em qualquer caso, inconvenientes à saúde, ao bem-estar, e a segurança das populações vizinhas.

Adicionalmente, esta lei define as zonas de uso industrial, independentemente de sua categoria em não-saturadas, em vias de saturação ou saturadas. A aferição e fixação

do grau de saturação deve ser em função da área disponível para uso industrial da infraestrutura, bem como dos padrões e normas ambientais fixadas pelos órgãos governamentais no limite das suas respectivas competências. Aos estados cabe a delimitação das ZEIs e ZUPIs, e a definição dos tipos de estabelecimentos industriais próprios de cada uma das três categorias industriais, ZEIs, ZUPIs e ZUDs.

1.2.2 A Política Nacional de Meio Ambiente e seus instrumentos

A Política Nacional de Meio Ambiente, instituída pela Lei N° 6.938, de 31 de agosto de 1981, foi a primeira efetiva política ambiental brasileira. Prevê os seguintes importantes instrumentos de planejamento e gestão ambiental:

- Zoneamento Ambiental;
- Sistema de Unidades de Conservação;
- Avaliação de Impactos Ambientais;
- Licenciamento e revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras;
- Sistema Nacional de Informações Ambientais;
- Padrões de Qualidade Ambiental.

O Zoneamento Ambiental e o Sistema de Unidades de Conservação consistem em mecanismos de definição de usos prioritários do solo e de delimitação territorial, respectivamente. Já a Avaliação de Impactos Ambientais e o Licenciamento de atividades potencialmente poluidoras são instrumentos auxiliares no processo de alocação de empreendimentos e acompanhamento do desenvolvimento do processo de

implantação e operação de atividades industriais. Os dois primeiros, o Zoneamento Ambiental e o Sistema de Unidades de Conservação, estão voltados para o planejamento da ocupação territorial, de forma macro, enquanto os dois outros mecanismos, Avaliação de Impactos Ambientais e o Licenciamento, possuem um enfoque mais pontual, ou seja, avaliam a interação de uma atividade industrial específica com o meio ambiente de uma determinada localidade e suas condições de entorno. Em função de suas particularidades, possuem caráter complementar.

Os Padrões de Qualidade Ambiental e o Sistema Nacional de Informações Ambientais tratam da regulação de critérios e limites de emissões (sólidas, líquidas e gasosas) e da sistematização destas informações, respectivamente, viabilizando um melhor entendimento da qualidade ambiental das diversas áreas geográficas. Contudo, por serem instrumentos da gestão pública que subsidiam a ocupação do solo de uma forma “indireta”, não serão detalhados no presente estudo.

1.2.2.1 Zoneamento Ambiental

Após a instituição do zoneamento ambiental pela Política Nacional de Meio Ambiente entre os seus instrumentos de planejamento, diversas iniciativas esparsas de zoneamento foram tomadas durante a década de 80, até que o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) aparecesse, pela primeira vez, nas diretrizes do Programa Nossa Natureza, criado pelo Decreto N° 96.044 de 12/10/88. (MMA, 2001)

O ZEE foi criado com o objetivo de fornecer subsídios para as decisões de planejamento sócio-econômico-ambiental do desenvolvimento e do uso do território nacional em bases sustentáveis e não predatórias. De forma bastante ambiciosa, não se limitou a estabelecer em seu escopo de trabalho diretrizes estritamente ambientais.

Incorporou também as dimensões econômica, social e cultural em seus processos de planejamento regional. Sua metodologia não propõe uma limitação do uso do território, mas sim, visa apontar seus vários possíveis usos, com base nos recursos naturais e serviços ambientais presentes, nos custos de oportunidade de uso e nos custos de degradação. Assim, o ZEE, ao dispor de um mecanismo integrado de diagnóstico do meio físico-biótico, sócio-econômico e da organização institucional, bem como de diretrizes pactuadas de ação entre os usuários do território, pode contribuir para que o sistema de planejamento oriente os esforços de investimentos do governo e da sociedade civil segundo as peculiaridades das áreas definidas como zonas e tratadas como unidades de planejamento. (MMA, 2001)

A criação do Zoneamento Ecológico-Econômico foi impulsionada pelo surto de preocupações internacionais com o desmatamento acelerado e outros problemas sócio-ambientais na fronteira amazônica. Nessa época, a Amazônia Legal foi definida como área prioritária para iniciar o Programa em território nacional, com o objetivo de conciliar o desenvolvimento econômico com a proteção ambiental, a conservação dos recursos naturais e o apoio às populações tradicionais. A operacionalização do ZEE começou a partir da criação de um Grupo de Trabalho - GT, através do Decreto N° 99.193 de março de 1990, e da Comissão Coordenadora do Zoneamento Ecológico-Econômico - CCZEE, através do Decreto N° 99.540, da qual a Secretaria de Assuntos Estratégicos - SAE/PR tornou-se o braço executivo na coordenação do ZEE. Com a transferência das atividades da SAE/PR para o Ministério Extraordinário de Projetos Especiais - MEPE, em março de 1999, a coordenação e a execução do ZEE passaram, por um breve período, para aquele órgão, até que a SAE/PR fosse definitivamente extinta em 29 de julho de 1999, quando as atribuições relativas ao ZEE tornaram-se competência do Ministério do Meio Ambiente. (MMA, 2001)

Através da Secretaria de Desenvolvimento Sustentável do Ministério do Meio Ambiente (SDS/MMA), o Programa Zoneamento Ecológico-Econômico foi retomado e

utilizado como instrumento para nortear o Programa Avança Brasil, programa de desenvolvimento estratégico do governo federal. O ponto focal do ZEE consistiu em criar as bases de investimento a partir de uma perspectiva estratégica de desenvolvimento e de proteção aos recursos naturais. A SDS/MMA elaborou uma base de dados e montou o workshop “Dez Anos do Programa Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) no Brasil: Avaliação e Perspectivas”, realizado entre 27 e 29 de junho de 2000, para exposição das experiências desenvolvidas até aquele momento e propor orientação para coordenação futura. Foi constatado que aproximadamente 11% do território nacional havia sido zoneado, 16% tinha projetos em andamento e 73% não tinha projeto. Também foi detectado que poucos eram os projetos que realmente vinham promovendo planos de gestão a partir dos ZEEs. Paraíba, Maranhão, Goiás e Rio de Janeiro revelaram ter pouco sucesso na implementação do zoneamento. Em São Paulo, o ZEE estava sendo empregado como subsídio para processos de licenciamento ambiental e Santa Catarina utilizando nos programas de gestão dos recursos hídricos. Roraima foi outro estado que particularizou o interesse da sociedade e setores econômicos pelos potenciais e oportunidades de uso das áreas conforme apontado pelo zoneamento, com uso efetivo do ZEE. (MMA, 2001)

Uma série de workshops subsequentes foi organizada pela SDS/MMA para alavancar as discussões nas regiões / estados brasileiros. Por exemplo, na Região Sudeste, o evento ocorreu no período de 15 a 18 de maio de 2001, e contou com o apoio do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social - BNDES, da Empresa Vale do Rio Doce e dos Governos Estaduais da Região. Particularmente, no Estado do Rio de Janeiro, os dois projetos que adotaram a metodologia do Programa foram a elaboração do Diagnóstico Ambiental da Bacia Hidrográfica de Sepetiba e o Zoneamento Ecológico-Econômico do Médio Vale do Paraíba.

É interessante notarmos que o Zoneamento Ecológico Econômico e o Zoneamento Industrial, apresentados no item 1.1.1, assumem dimensões e funções distintas, porém podendo ser complementares nas regiões com alto potencial industrial. Enquanto o ZEE vislumbra o direcionamento do desenvolvimento regional através da avaliação das suas diversas potencialidades (urbana, industrial, agrícola, etc), o Zoneamento Industrial é focado no adequado assentamento industrial, sendo sua unidade de trabalho áreas geográficas bem específicas.

1.2.2.2 Sistema Nacional de Unidades de Conservação

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC foi instituído através da Lei N° 9.985, de 18 de julho de 2000, e define dois grupos de Unidades, com características específicas:

- Unidades de Proteção Integral: objetivo básico de preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais.
- Unidades de Uso Sustentável: objetivo básico de compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais.

Estes dois grupos de Unidades encontram-se subdivididos em categorias, sendo que para cada uma destas, diferentes tipos de uso são definidos. Estas Unidades são criadas por ato do Poder Público, precedidas por estudos técnicos e de consulta pública, que permitam identificar a localização, a dimensão e os limites mais adequados para cada unidade. Podem ser geridas e administradas por órgãos públicos federais, estaduais e municipais, nas suas respectivas esferas de atuação.

Nos casos de licenciamento ambiental de empreendimentos de significativo impacto ambiental, assim considerado pelo órgão ambiental competente, com fundamento em estudo de impacto ambiental e respectivo relatório – EIA/RIMA (conforme será visto mais adiante), o empreendedor é obrigado a apoiar a implantação e manutenção de unidade de conservação do Grupo de Proteção Integral. O montante de recursos não deve ser inferior a meio por cento dos custos totais previstos para a implantação do empreendimento, sendo seu percentual fixado pelo órgão licenciador.

Quando o empreendimento afetar uma unidade de conservação específica ou sua zona de amortecimento, o licenciamento só poderá ser concedido mediante autorização do órgão responsável por sua administração, e a unidade afetada, mesmo que não pertencente ao Grupo de Proteção Integral, deverá ser uma das beneficiárias da compensação acima mencionada.

Assim, o SNUC passou a consistir em uma importante ferramenta de proteção ambiental, pois cria mecanismos compensatórios para mitigação de impactos ambientais de empreendimentos considerados significativos e entre outras coisas estabelece restrições territoriais para o assentamento de indústrias.

1.2.2.3 Licenciamento Ambiental e Avaliação de Impactos Ambientais

O Licenciamento Ambiental e a Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) são instrumentos aplicáveis às atividades industriais, no que tange seus respectivos processos de localização, construção, instalação e operação. Quaisquer restrições ao uso do solo identificadas numa primeira instância, seja através de diretrizes ou limitações impostas pelo zoneamento industrial ou pela demarcação de áreas instituídas como unidades de conservação devem ser respeitadas e consideradas neste processo.

“As avaliações de impacto ambiental são estudos realizados para identificar, prever e interpretar, assim como prevenir as conseqüências ou efeitos ambientais que determinadas ações, planos, programas ou projetos podem causar à saúde, ao bem-estar humano e ao entorno” (BOLEA, 1984 *apud* MAGRINI, 1990, p. 88). As definições, responsabilidades e diretrizes gerais da Avaliação de Impacto Ambiental, no que tange seu uso e implementação, foram definidas através da Resolução CONAMA Nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Esta Resolução definiu como documentos resultantes de tais avaliações o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), sendo a elaboração destes exigência do processo de licenciamento ambiental de uma série de atividades, as quais também se encontram definidas em listagem desta mesma Resolução. (MAGRINI, 1990)

Tais estudos devem incluir alternativas à ação ou projeto e pressupõe a participação do público, representando não um instrumento de decisão em si, mas um instrumento de conhecimento a serviço da decisão (MAGRINI, 1990). Contudo, o que vem sendo observado, é que na prática, muitos EIAs e RIMAs são elaborados para projetos já definidos em termos locacionais e tecnológicos e, portanto, as alternativas não são, via de regra, contempladas. No que diz respeito à participação pública, a Resolução estabelece livre acesso ao RIMA e a realização de audiências públicas.

A dificuldade na própria identificação das fronteiras do impacto, já que este se propaga espacialmente e temporalmente através de uma complexa rede de interações, também consiste em um obstáculo a ser suplantado na elaboração dos EIA. Adicionalmente, as metodologias e instrumentos disponíveis para predizer as respostas dos ecossistemas às ações humanas ainda estão sendo amadurecidas.

Apesar das deficiências apresentadas, que são mais de prática do que propriamente de legislação, podemos considerar a AIA como um forte aliado no

processo de tomada de decisão pelo poder público, e conseqüentemente de orientação empresarial no que tange a ocupação industrial do solo.

A regulamentação do procedimento de licenciamento ambiental foi instituída pela Resolução CONAMA Nº 237, em 1997, na qual consta uma lista dos empreendimentos obrigados a obter licença ambiental. Trata-se de um procedimento no qual o poder público, representado por órgão ambiental, autoriza e acompanha a implantação e a operação de atividades que utilizam recursos naturais ou que sejam consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras.

O processo de licenciamento é constituído de três tipos de licenças: a LP – Licença Prévia; LI – Licença de Instalação; e LO – Licença de Operação. É interessante notar que a Licença Prévia consiste na primeira etapa do licenciamento, em que o órgão ambiental licenciador avalia a localização e a concepção do empreendimento, correspondendo a fase de planejamento deste processo. Nesta etapa, o órgão ambiental determina se a área sugerida para a instalação da empresa é tecnicamente adequada, atesta sua viabilidade ambiental e neste caso estabelece os requisitos básicos para a próxima fase do licenciamento. Este estudo de viabilidade é baseado no zoneamento municipal, sendo estabelecido neste momento, uma interface entre duas esferas governamentais (FIRJAN, 2004a). É ainda nesta etapa que podem ser requeridos pelo órgão licenciador estudos ambientais complementares, como o EIA/RIMA.

O restante do processo de licenciamento corresponde ao processo de acompanhamento do processo de instalação e operação de empreendimentos pelo órgão ambiental competente, para os quais são concedidas as L.I.s e L.O.s, respectivamente.

1.3 Instrumentos de gestão ambiental públicos, privados e cooperativos e o desenvolvimento sustentável

A evolução da política e da gestão ambiental evidencia a necessidade da busca por um modelo econômico voltado para o desenvolvimento sustentável. Apesar do termo estar atualmente desgastado, devido à banalização do seu uso, resgataremos aqui sua definição, conforme a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (1988):

[...] um processo de transformação no qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e as mudanças institucionais se harmonizam e reforçam o potencial presente e futuro, a fim de atender as necessidades de aspirações humanas. (*apud* BARATA, 1997, p.306)

Podemos dizer que os instrumentos de gestão ambiental pública e privada exercem um importante papel neste contexto, mas para um efetivo direcionamento para um novo modelo de desenvolvimento torna-se necessário impulsionar e consolidar instrumentos de gestão cooperativa.

No que tange particularmente os esforços empregados pelo poder público em criar regulamentações no sentido de assegurar um adequado planejamento territorial, no que diz respeito à ocupação industrial, podemos afirmar que estes foram, e continuam sendo, de grande relevância. É claro que uma análise mais profunda seria necessária para se avaliar a efetividade dos instrumentos da gestão ambiental pública descritos anteriormente, de modo a verificar seus pontos fortes e fracos, as interfaces e complementaridades entre os mesmos, entre outros aspectos. Contudo, o que é mais importante para o presente estudo é o reconhecimento de que estes instrumentos, de forma isolada, não se mostraram suficientes para assegurar uma ocupação industrial sustentável.

Os instrumentos da gestão privada também vêm contribuindo imensamente para o alcance do novo modelo de desenvolvimento proposto, mas voltados fortemente para o aprimoramento da sua atuação como empresa, de forma individual, enquanto organização, ou para gestão ambiental dos seus produtos. Destacam-se os instrumentos desenvolvidos no âmbito da série das normas ISO 14000, como por exemplo os Sistemas de Gestão Ambiental, Auditoria Ambiental e Avaliação de Desempenho Ambiental, voltados para gestão ambiental das organizações; e a Análise do Ciclo de Vida e Rotulagem, voltados para gestão ambiental do produto. O TC 207, comitê da ISO encarregado da elaboração das normas, foi criado em 1993 e inspirou-se na norma inglesa BS 7750 e na ISO 9000 na condução deste processo. Outra iniciativa que também fomentou o desenvolvimento de tais normas foi o Programa Atuação Responsável, instituído em 1984 pela associação de indústrias canadense *Canadian Chemical Producers Association (CCPA)*. Este constitui em um importante instrumento de gestão para o setor químico, que foi adotado em vários outros países, como EUA, Inglaterra, Brasil (através da ABIQUIM – Associação Brasileira das Indústrias Químicas) entre outros (MAGRINI, 2001; BARATA, 1997).

Assim, os instrumentos de gestão ambiental cooperativa despontam como alternativas para complementar e/ou substituir alguns dos tradicionais instrumentos das gestões pública e privada, no sentido de se promover processos de planejamento e de gestão ambiental mais adequados e eficientes. Para tanto, um novo formato nas relações entre os diversos atores, mais estreitas e calcadas em um compartilhamento de responsabilidades, deve ser impresso.

2 PRINCIPAIS FUNDAMENTOS DA ECOLOGIA INDUSTRIAL

2.1 A Ecologia e a Ecologia Industrial

O termo Ecologia foi criado pelo biólogo alemão Ernest Haeckel, em 1866, para nomear uma disciplina científica cuja função era estudar as relações entre as espécies animais e seu ambiente orgânico e inorgânico. Contudo, o pensamento ecológico sofreu um profundo processo de evolução e transformação desde aquela época, e o conceito de Ecologia adotado nos dias de hoje é muito mais abrangente, englobando além de fatores biológicos, aspectos sociais e políticos (LAGO, PÁDUA, 1984).

De modo a facilitar o entendimento deste processo, o pensamento ecológico é dividido em quatro principais grandes áreas: Ecologia Natural, Ecologia Social, Conservacionismo e o Ecologismo. As duas primeiras possuem características mais teórico-científicas e as outras duas têm objetivos mais práticos, de atuação social (LAGO, PÁDUA, 1984).

A Ecologia Natural corresponde ao conceito de Ecologia concebido por Haeckel, caracterizando-se como o ramo da ciência que se dedica a estudar o funcionamento dos sistemas naturais (florestas, oceanos, etc.), procurando entender as leis que regem a dinâmica de vida na natureza. A Ecologia Social surge a partir do momento em que os aspectos da relação homem/natureza (só efetivamente reconhecidos a partir do advento da Revolução Industrial) são incorporados no estudo do mundo natural. Posteriormente, a partir da percepção da destrutividade ambiental já preconizada pela Ecologia Social, nasce o Conservacionismo. Este último adota estratégias de ação voltadas para luta em favor da conservação da natureza e da preservação dos recursos naturais. E por fim, chegamos ao Ecologismo, cujo princípio

básico está calcado na necessidade de mudança do modelo econômico vigente para um modelo sustentável. Também deseja a maior preservação dos ambientes naturais, como o Conservacionismo, porém o Ecologismo não se limita apenas à “defesa da natureza”, questionando também o sistema social que, até então, estava desvinculado dos problemas relacionados à destruição ambiental. É um projeto político e filosófico (LAGO, PÁDUA, 1984).

A passagem da concepção de Ecologia do campo restrito da Biologia, passando pelo espaço das ciências sociais, alcançando um amplo movimento social organizado em torno da questão ambiental e finalmente chegando a constituir uma corrente política, ocorreu em pouco mais de um século. Contudo, é importante ressaltar que estas linhas de pensamento não ocorrem como blocos estanques e homogêneos, mas surgem a partir de um contexto histórico, de uma forma dinâmica.

O moderno e recente conceito da Ecologia Industrial (EI) surgiu a partir deste processo de amadurecimento do pensamento ecológico. Consiste em uma linha de estudos voltada para a análise sistemática do funcionamento dos sistemas biológicos e industriais, assim como de suas interações, a partir de balanços de materiais e de energia. Estabelece a analogia entre os ecossistemas naturais e o conjunto de atividades industriais, denominados ecossistemas industriais, como norteador da otimização da utilização de materiais, desde a matéria-prima virgem até a disposição final de resíduos pelas indústrias (GRAEDEL, 1994).

A Ecologia Industrial, em sua essência, almeja o alcance da nova concepção de desenvolvimento, ou seja, do desenvolvimento sustentável, e para isso demanda um novo olhar para sociedade industrial. Faz com que pensemos de “traz para frente”, ou seja, no conduz para observação dos sistemas ecológicos como fonte de aprendizado operacional e estrutural de organização. Levanta a questão: “se fossemos reconstruir

nossa maneira de trabalhar sob a perspectiva ecológica, que forma ela teria?” (ROSENTHAL, 1997). Assim, a EI convoca a tomada de uma nova direção para o desenvolvimento econômico, sob uma perspectiva de sustentabilidade.

O conceito da Ecologia Industrial passou a ser amplamente divulgado a partir de artigo intitulado “*Strategies for Manufacturing*” publicado por FROSCH e GALLOPOULOUS (1989), em conhecida revista científica, a *Scientific American*. Este artigo foi o catalisador para a realização de um simpósio, na *US National Academy of Sciences*, no início dos anos 90. Sua intensa repercussão não somente impulsionou estudiosos e grupos de pessoas que já trabalhavam em áreas afins, mas também representou um marco na disseminação do conceito (ISIE, 2004). Contudo, conforme relato histórico apresentado por Erkman (*apud* COSTA, 2002), observamos registros de inúmeras publicações que datam desde os anos 70, através das quais noções intuitivas sobre o assunto já se encontravam em pauta. Erkman destaca dois trabalhos coletivos. O primeiro, um ensaio cuja idéia básica era dar uma visão geral da economia belga, tomando as estatísticas de produção em termos de fluxos de energia e materiais, e não de unidades monetárias. O estudo apontou a desconexão entre estágios de produção na Bélgica e a importância da organização do sistema industrial como um todo, particularmente no que se refere à produção energética e destino dos resíduos, enfocando de forma resumida, mas bastante clara, as idéias básicas da Ecologia Industrial. O segundo, um trabalho iniciado por aproximadamente 50 especialistas de áreas diversas, no fim dos anos 60 no Japão, coordenados pelo MITI - *Ministry of International Trade and Industry*, para elaborar um documento prospectivo dos custos ambientais da industrialização, incluindo aspectos de escassez de recursos e poluição (COSTA, 2002).

Apesar deste movimento pregresso, o desenvolvimento do campo de estudos sob a terminologia de Ecologia Industrial data do final da década de 80 e início da década de 90. Além da publicação de Frosch e Galloupoulous, acima mencionada, as discussões de um congresso da *National Academy of Engineering*, nos Estados Unidos, em 1992, também foram de grande relevância para alavancar as discussões relacionadas à Ecologia Industrial. O evento reuniu aqueles que mais tarde criariam a revista *Journal of Industrial Ecology* (COSTA, 2002).

2.2 A analogia entre sistemas biológicos e sistemas industriais

Para compreendermos alguns princípios, metodologias e limites de trabalho da Ecologia Industrial, apresentaremos inicialmente a analogia estabelecida entre os sistemas biológicos e industriais, que é o ponto de partida desta linha de estudo. Dois conceitos da biologia são utilizados como pilares da comparação estabelecida entre ambos os sistemas, e são eles o metabolismo e o ecossistema.

O contexto biológico original refere-se ao metabolismo como o conjunto de transformações sofridas pelos materiais (nutrientes) ingeridos por um organismo vivo, liberando energia. Este sistema, de baixa entropia¹ e alto grau energético, passa por reações de síntese (anabolismo) e reações de desassimilação (catabolismo), que viabilizam a manutenção de suas funções vitais, o seu crescimento e reprodução. Como resultado deste processo, excreção de resíduos, que são materiais degradados e de alta entropia, são gerados.

¹ No item 2.2.2 – Fluxo de Energia, o conceito da Ecologia Industrial será abordado sob a ótica Termodinâmica, quando o significado de “entropia” será comentado em detalhes. Para o momento, é preciso apenas o entendimento de que os materiais estão passando de um nível de “maior ordem” (menor entropia) para um de “menor ordem” (maior entropia), liberando energia neste processo.

Analogamente a um organismo vivo na biologia, empresas são vistas como a unidade de análise na economia. Assim, o metabolismo industrial consiste na conversão de materiais (entradas), incluindo água e energia, em produtos de mercado e resíduos, através do trabalho (AYRES, 1994).

Passando do enfoque individual para o coletivo, a biologia define os sistemas que incluem um grupo de seres vivos e o seu ambiente, com suas características físico-químicas e as inter-relações entre ambos, como ecossistemas. Estes são hierarquizados segundo cadeias tróficas, em uma rede de produtores, consumidores e decompositores. Os produtores são plantas e algumas bactérias capazes de produzir o seu próprio alimento através da fotossíntese ou da síntese química. Os consumidores são animais que consomem produtores e outros consumidores. E os decompositores são fungos e bactérias que decompõe a matéria orgânica de produtores e consumidores em substâncias inorgânicas utilizadas pelos produtores. (HUSAR, 1994 *apud* TAVARES, 1999). Utilizando a fonte de energia solar, os ecossistemas biológicos reciclam os materiais continuamente.

Ao contrário do que inicialmente somos induzidos a pensar, a “estrutura trófica” de um sistema industrial não é composta apenas por indústrias. No campo da Ecologia Industrial o termo “indústria” é utilizado para designar todas as atividades humanas, incluindo mineração, manufatura, agricultura, construção, geração de energia, transporte, uso de produtos e a disposição final dos mesmos (TAVARES, 1999). O ecossistema industrial caracteriza-se “como uma cadeia de extratores de matérias-primas do ambiente, transformadores de materiais primários, fabricantes de componentes, montadores de produtos, consumidores de bens e serviços e recicladores” (COSTA, 2002, p.15). Assim, extrapolando a concepção de ecossistema biológico para o âmbito industrial, o ecossistema industrial preconiza a otimização do uso de materiais

e de energia, além da utilização de resíduos de um processo como matéria-prima para outro, num modelo integrado dos elementos que compõem a sua cadeia.

Baseando-se no paralelo apresentado entre os sistemas biológicos e industriais, a Ecologia Industrial visa investigar, através da análise dos balanços dos fluxos de materiais, como os ecossistemas industriais podem “se fechar”, analogamente ao modelo do produtor-consumidor-decompositor dos sistemas naturais. Sugere que a busca da sustentabilidade pela atual sociedade econômica, deve ser alcançada através da promoção de ações sinérgicas entre indústrias, assim como pelo aprimoramento da eficiência da utilização dos recursos naturais individualmente por cada atividade industrial, na busca da otimização dos recursos materiais. Considerando que a sociedade industrial também conta, em última instância, com a radiação solar como aporte externo de energia, sua sustentabilidade pode ser garantida a longo prazo, conforme discutiremos adiante.

2.2.1 Fluxos e Ciclos de Materiais

A literatura apresenta três tipos de fluxos de materiais sob a perspectiva ecológica, denominados de sistemas Tipo I, Tipo II e Tipo III. O primeiro está relacionado à época dos primitivos sistemas biológicos terrestres, quando os recursos disponíveis eram tão abundantes em relação à pequena quantidade e diversidade de formas de vida existentes, que o impacto dos rejeitos lançados para o meio externo era desprezível. Assim, o modelo Tipo I é descrito como um sistema linear (GRAEDEL, 1994; ALLENBY, GRAEDEL, 1994).

O segundo modelo, Tipo II, foi sendo estabelecido a medida que as formas de vida se multiplicaram e os sistemas bióticos passaram a dispor de recursos limitados.

Mediante a escassez, um processo de evolução biológica foi impulsionado. Novos organismos, com funções específicas, foram sendo criados, e uma ciclagem interna de materiais começou a ser instituída. Permanece entretanto o lançamento de rejeitos para o exterior, e a necessidade de entrada de recursos materiais e energéticos.

Neste ponto, é importante evidenciarmos a diferença entre o conceito de fluxo e ciclo. Apesar de ambos estarem relacionados com o balanço de materiais em um sistema, o fluxo leva em consideração apenas suas entradas e saídas, numa determinada unidade de tempo, nos conduzindo à idéia de linearidade, conforme visto no sistema Tipo I. Em um ciclo, a matéria flui por caminhos cíclicos, ou seja, ela é continuamente reaproveitada ou reciclada, enquanto que a energia é degradada sob a forma de calor, sem poder ser novamente utilizada (nos deteremos neste momento a discussão sob o ponto de vista do balanço de materiais, pois os aspectos voltados à análise energética serão abordados na seção seguinte). Os ciclos materiais, em geral, podem ser visualizados como compartimentos que contém estoques de um ou mais nutrientes, interligados por fluxos (AYRES, 1994).

Assumindo o acima exposto, o modelo Tipo II configura-se por ser um “ciclo parcialmente fechado” pois neste estágio ainda não é promovida uma reciclagem total dos materiais. Ele é certamente mais eficiente do que o modelo Tipo I, porém a longo prazo também não é sustentável, pois no balanço geral o fluxo ainda permanece numa única direção.

O modelo Tipo III é aquele no qual uma ciclagem completa de materiais é atingida e no qual há entrada de energia no sistema. Neste caso temos um ciclo fechado pois há uma reciclagem total de nutrientes, o qual é sustentável a longo prazo devido ao contínuo recebimento de energia. A Terra enquadra-se no modelo Tipo III. Porém, esta estabilidade levou bilhões de anos para ser alcançada. A capacidade de auto-

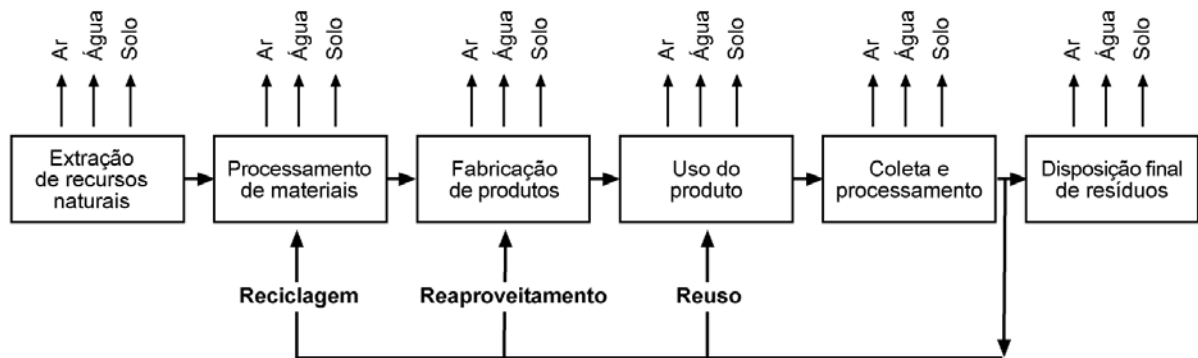
organização dos organismos vivos, passando de uma situação instável (sistemas Tipo I e II) para um estado de equilíbrio, através da criação de novos processos (organismos), denomina-se Gaia (GRAEDEL, 1994; ALLENBY, GRAEDEL, 1994).

A principal forma em que os atuais ecossistemas industriais diferem dos ecossistemas biológicos da Terra consiste em que os ciclos biogênicos (da água, carbono, oxigênio, nitrogênio, enxofre, etc.) são fechados, enquanto os ciclos industriais são parcialmente fechados, ou consistem simplesmente em fluxos de materiais. Em outras palavras, os sistemas industriais geralmente não reciclam seus nutrientes, ou os reciclam numa pequena proporção. Assim, os sistemas industriais iniciam seus processos com materiais (minérios, etc) de alta qualidade, extraídos da natureza, e os retornam para o meio externo sob forma degradada. Os atuais ecossistemas industriais seriam uma mistura dos sistemas Tipo I e II, sendo o principal objetivo da Ecologia Industrial impulsionar o fechamento do ciclo de materiais, calcado na energia solar como insumo primário, conforme o modelo Tipo III.

2.2.1.1 Resíduos e o Princípio da Conservação de Massa

Dando continuidade à análise do ciclo de materiais, a Ecologia Industrial assume como um dos seus princípios básicos o uso eficiente dos recursos materiais, enfocando a otimização do ciclo total de materiais, desde os materiais virgens aos produtos acabados, até o fim da sua vida útil. Traz à tona a percepção de que um estágio do fluxo de materiais, de forma individual afeta o estágio seguinte, e propõe a contemplação do sistema de forma holística. Estes ciclos fazem com que estágios sejam eliminados – principalmente a extração e a disposição de resíduos – tornando o sistema mais eficiente. Um diagrama básico deste fluxo é apresentado pela Figura 2 (EPA, 2001).

Figura 2: Diagrama básico de fluxo de materiais



Fonte: EPA U.S., 2001

Sob o ponto de vista dos resíduos materiais gerados, existem duas possibilidades para seu destino, no longo prazo (conforme lei de conservação de massa):

- a) Reciclagem, reutilização ou reuso
- b) Perdas dissipativas

Quanto maior for o índice de reciclagem, reutilização ou reuso, menos resíduos serão dissipados no meio ambiente e vice-versa. Contudo, existe uma distinção entre usos inerentemente dissipativos e usos em que a prática do reuso / reciclagem é possível, mas não é aplicável. Seguindo esta linha de raciocínio, podemos classificar os materiais em três categorias distintas (AYRES, 1994):

- a) Categoria 1: aqueles cujos usos são economicamente e tecnologicamente compatíveis com a reciclagem, considerando os preços praticados e legislação vigente;
- b) Categoria 2: aqueles cujos usos não são economicamente compatíveis com a reciclagem mas para os quais já existe disponível tecnologia para esta finalidade. São exemplos desta categoria materiais cujo “gargalo” do processo encontra-se no sistema de coleta;

- c) Categoria 3: aqueles cuja reciclagem é inerentemente incompatível como resultado do uso dissipativo de materiais.

De uma forma genérica, podemos considerar por exemplo que a maioria dos metais estruturais estão na categoria 1. Outros materiais estruturais e as embalagens, assim como a maioria dos solventes e fluidos refrigerantes, enquadram-se na categoria 2. Finalmente, pigmentos, pesticidas, herbicidas, flocculantes, explosivos, reagentes, detergentes, fertilizantes, combustíveis, lubrificantes, entre outros, são exemplos de materiais da categoria 3. Podemos observar que a maioria dos produtos químicos pertence a este último grupo, com a exceção daqueles que são efetivamente incorporados na composição de produtos acabado, tais como plásticos, borracha ou fibras sintéticas, etc, caracterizam-se por serem substâncias de uso dissipativo. O que não é “aprisionado” na composição do produto final desejado, é então lançado para o meio externo. A busca pela sustentabilidade consiste na minimização dos usos dissipativos dos materiais (categoria 3) e maximização dos usos economicamente e tecnologicamente compatíveis com as práticas de mercado (categoria 1) (AYRES, 1994).

Como as perdas dissipativas devem ser complementadas com matéria-prima virgem, podemos dizer que para que um ecossistema industrial seja sustentável no longo prazo, ele deverá ser necessariamente caracterizado tanto por um quase total reuso / reciclagem de substâncias químicas e materiais tóxicos e perigosos (em sua maioria pertencentes à categoria 3), quanto por um alto nível de reciclagem de materiais como plásticos, papel e entre outros. A mensuração da fração em que atualmente o suprimento de substâncias químicas e materiais tóxicos e perigosos necessários para cobrir suas perdas dissipativas é útil, mesmo que parcialmente, para verificação da distância em que

o atual sistema econômico industrial se encontra do seu estado de equilíbrio, ou seja, da sustentabilidade. Alguns exemplos são apresentados na Tabela 1, abaixo:

Tabela 1: Exemplos de usos dissipativos de substâncias tóxicas e perigosas no mundo

Substância Tóxica e/ou Perigosa	10⁶ toneladas	Usos Dissipativos
Cloro	25,9	Ácido, alvejante, tratamento de água, (PVC), solventes, pesticidas, refrigerantes
Enxofre	61,5	Ácido, alvejante, químicos, fertilizantes, borracha
Amônia	93,6	Fertilizantes, detergentes, químicos
Ácido Fosfórico	24,0	Fertilizantes, ácido nítrico, químicos (nylon, acrílicos)
NaOH	35,8	Alvejante, sabão, químicos
Sufato de Cobre	0,10	Fungicida, algicida, preservação de madeira, catalisador
Bicromato de Sódio	0,26	Ácido crômico (para galvanoplastia), tingimento, algicida
Óxidos de Chumbo	0,24	Pigmento (vidro)
Óxidos de Zinco	0,42	Pigmento (pneus)
Óxido de Titânio	1,90	Pigmento

Fonte: Adaptado de Ayres, 1994.

É notória a crescente preocupação com os efeitos ambientais e à saúde humana derivados do uso dissipativo destas substâncias / materiais, o que vem promovendo não apenas um direcionamento do reuso / reciclagem, mas também a substituição de materiais, com o objetivo da não geração de determinados poluentes.

Em 1986, mais de 500 substâncias e produtos químicos foram totalmente proscritos ou tiveram seu uso restringido com severidade no país de origem. Além disso, um número desconhecido de agentes químicos são retirados dos processos de liberação todos os anos, em vista das preocupações que suscitam nas agências de controle, ou então nunca chegam a ser submetidos às agências nacionais de controle para liberação. (CMMAD, 1988, p.250)

Os países industrializados adotam um sistema cada vez mais interdependente e eficaz, no qual as agências de controle de produtos químicos compartilham resultados dos testes e comunicam umas às outras as novas restrições sobre produtos químicos. Contudo, por vezes, produtos químicos proibidos em países industrializados acabam no

mercado exportador (CMMAD, 1988). Podemos dizer que, além deste tipo de prática ferir princípios éticos, ele também transgride a premissa da Ecologia Industrial, da busca pela sustentabilidade, que deverá priorizar a prevenção em relação ao reuso / reciclagem principalmente nos casos de usos dissipativos de substâncias químicas e materiais tóxicos e/ou perigosos.

Desde 1987, a Agência de Proteção Ambiental Americana (*EPA U.S. – Environmental Protection Agency*) publica um inventário de emissões tóxicas, o *TRI – Toxic Release Inventory*. Este conta com o registro de emissões, em massa (kg), de 609 substâncias para o ar, água superficial e solo. O TRI é apenas um dos vários Inventários de Emissões Poluentes (*PRIR – Pollutant Release Inventory Registers*) que surgiram nas diversas nações: Austrália, Canadá, Republica Eslováquia, Comunidade Européia, etc. Muitos destes inventários, que mantém registros da emissão de massa total de substâncias, têm sido amplamente utilizados para se avaliar o impacto dos diferentes segmentos industriais e os seus efeitos ambientais. Contudo, para uma análise mais rigorosa e efetiva, “métodos de pesagem”² (*weighting methods*) devem ser aplicados aos dados destes inventários, para se obter um real entendimento dos seus impactos sobre o meio ambiente e na saúde humana. Isto porque a pura e simples informação quantitativa do que é lançado no meio ambiente não leva em consideração os diferentes graus de impacto das substâncias nos diferentes meios (ar, água, solo), além das diferenças entre suas propriedades químicas. Por exemplo, a toxicidade dos químicos inventariados pelo TRI variam em mais de 6 (seis) ordens de magnitude. (TOFFEL, MARSHALL, 2004)

² Toffel e Marshall (2004) apresentam uma interessante comparação entre 13 diferentes “métodos de pesagem” (ex: Ecoindicador 99, Nível Mínimo de Risco, U.S. EPA Indicadores Ambientais de Varredura de Risco, entre outros) aplicáveis à inventários de emissões de substâncias químicas tóxicas. Sete destes métodos são então avaliados utilizando como base de dados o *TRI – Toxic Release Inventory*.

A legislação ambiental tem tradicionalmente regulamentado a atividade antropogênica limitando os níveis de emissões nos diferentes meios. A partir do diagrama básico de fluxo de materiais apresentado anteriormente pela Figura 2, podemos dizer que no passado soluções de comando-e-controle eram aplicáveis à cada estágio do fluxo, para as emissões atmosféricas, efluentes e resíduos sólidos geradas. Contudo, as práticas de engenharia podem auxiliar a promover, através de tecnologias específicas, a conversão e o direcionamento de uma determinada emissão para o ar, água ou solo. Assim, é fundamental que não se perca o enfoque holístico proposto pela Ecologia Industrial, de modo a não se promover apenas uma transferência de poluição, em função de legislações mais ou menos restritivas de um meio para outro. A compreensão dos diferentes impactos de diversas substâncias em cada meio de lançamento torna-se assim fundamental para auxiliar este processo. (FARRELL, 1997; ALLENBY, GRAEDEL, 1994; EPA, 2001)

2.2.2 Fluxo de Energia

Na apresentação realizada sobre os três tipos de fluxos de materiais existentes, Tipo I, Tipo II e Tipo III, a questão energética como parte integrante destes processos foi abordada de forma superficial. Contudo, a Termodinâmica, que é o ramo da física considerada a ciência da energia, proporciona uma importante base teórica para a compreensão das interações das atividades industriais e dos sistemas naturais, sob a perspectiva da Ecologia Industrial. Assim, alguns dos seus aspectos serão a seguir discutidos para fundamentar conceitos da EI.

2.2.2.1 Princípios da Termodinâmica aplicáveis à Ecologia Industrial

O conceito de energia em seu sentido atual, foi usado pela primeira vez pelo físico inglês Young, em 1807, e é definida como a capacidade de realizar trabalho. O trabalho é igual ao deslocamento de uma massa por uma certa distância através do emprego de uma força, e a potência é a taxa de transferência de energia por unidade de tempo. Embora estas premissas sejam hoje precisas, durante muito tempo as noções de energia, força e potência eram utilizadas na física com um grande entrecruzamento de significados. Ainda hoje, podemos dizer que o conceito de energia guarda uma certa obscuridade, pois sabe-se melhor como ela se manifesta e não exatamente o que ela é (MACHADO, 1998).

As conversões da energia na natureza têm dois aspectos, relacionados à quantidade e à qualidade da energia, que estão fundamentadas pelo Primeiro e Segundo Princípio (ou Lei) da Termodinâmica, respectivamente. A primeira anúncio precisa do Primeiro Princípio da Termodinâmica, também conhecido como a Lei da Conservação de Energia, foi realizada em 1842, postulando que a energia não pode ser criada nem destruída. Em um sistema isolado ou fechado a quantidade total de energia não se altera, embora as formas em que ela se apresente possam mudar. A formulação do Segundo Princípio da Termodinâmica foi realizada por Carnot, em 1824³, que tinha como objetivo em seus experimentos, a busca pelo aperfeiçoamento das máquinas a vapor (MACHADO, 1998). O Segundo Princípio da Termodinâmica nos diz que não é possível converter toda a energia térmica de que dispomos em trabalho. Ou seja, para galgarmos um degrau na qualidade da energia que queremos usar, somos forçados a

³ Apesar da formulação da Segunda Lei da Termodinâmica anteceder a formulação da Primeira Lei, assim foram designadas, nesta ordem pelo fato da Primeira constituir um antecedente teórico para Segunda.

abrir mão de uma parte inicial, que se dissipará sem poder ser recuperada. Portanto, nos processos de conversão, há sempre uma perda de energia útil (ROVERE, 2000). Assim, Carnot provou através da sua formulação que qualquer que seja a melhoria tecnológica empregada, uma certa quantidade de energia é sempre degradada nos processos de conversão (MACHADO, 1998).

O Segundo Princípio vem complementar a Lei da Conservação, afirmando que, se a quantidade total de energia se mantém durante suas transformações, por outro lado sua qualidade decai. Esta última é medida através da noção de entropia. O estado de entropia máxima ocorre quando já não se pode mais realizar trabalho. A quantidade de energia no sistema permanece constante, mas a energia útil atinge um mínimo (ROVERE, 2000).

Considerando o exposto, podemos dizer que a analogia entre sistemas biológicos e os sistemas industriais deve-se ao fato dos organismos vivos e das atividades industriais serem sistemas de processamento de materiais dirigidos por um fluxo de energia livre, mas também porque são sistemas de entropia crescente (AYRES, 1994). Portanto, para a sustentabilidade da vida na Terra e da sociedade industrial ser garantida a longo prazo, do ponto de vista energético, sem que os sistemas entrem em colapso, o aporte de energia externo, principalmente aquele proveniente da radiação solar é vital.

2.2.2.2 Fontes e formas de energia

De um modo geral, tanto os sistemas naturais quanto a atividade humana necessitam captar uma fonte de energia da natureza e transformá-la numa forma em que ela possa ser utilizada, seja para manutenção das suas funções vitais, crescimento e reprodução, ou para a produção de bens e serviços demandados pela sociedade,

respectivamente. Apesar de suas múltiplas formas, a energia se origina de apenas três tipos de interações fundamentais da natureza: gravitacional, eletromagnética e nuclear. A energia solar, por exemplo, a mais importante para o nosso planeta, provém da fusão termonuclear, na superfície do sol, de elementos leves, especialmente do hidrogênio, produzindo deutério e hélio. Parte da energia produzida atinge a Terra, sob forma de radiação eletromagnética, especialmente a luz visível (LA ROVERE, 2000). Segundo Herschel (1833), em *Outline of Astronomy* afirmava que “os raios do sol são a fonte básica de quase todos os movimentos que ocorrem na superfície de nosso planeta” (*apud* MACHADO, 1998, p.48). Isto é uma importante visão unificadora, pois liga a luz do sol – através da idéia de energia – a uma enorme gama de processos ocorrendo na superfície da Terra.

A partir da radiação solar derivam-se importantes formas de energia renováveis para a sociedade industrial, tais como (ROVERE, 2000):

- Biomassa: a energia solar é transformada em matéria orgânica em função da capacidade de fotossíntese pelas plantas clorofiladas. Lenha, carvão vegetal, bagaço de cana-de-açúcar são exemplos de combustíveis renováveis, produzidos a partir de biomassa. Os combustíveis fósseis, tais como petróleo, gás natural e carvão mineral, são também originários de biomassa, porém gerados a partir de um processo de decomposição, pela ação de bactérias, ocorrido durante milhões de anos, e neste caso são fontes de energia não renováveis;
- Energia hídrica: a energia solar é a força motriz do ciclo hidrogeológico, sendo responsável pela movimentação da água através de processos de evaporação e precipitação em oceanos, lagos e rios. Em função desta

realimentação hidráulica contínua, as quedas d'água (energia potencial), originadas pela força da gravidade;

- Energia eólica: a diferença entre as quantidades de energia solar recebida nas várias partes da superfície terrestre causa diferenças de temperatura e pressão, provocando ventos na atmosfera. Também contribuem para sua formação a energia cinética do movimento de rotação da Terra e a atração gravitacional da Terra sobre a massa da atmosfera que a envolve;
- Energia solar: a energia solar pode ser captada através de equipamentos especialmente construídos, tais como células fotovoltaicas e coletores planos e concentradores, para ser utilizada como fonte energética;
- Energia das marés, das ondas e da diferença de temperatura entre as águas oceânicas de superfície e mais profundas: estudos e pesquisas sobre a ação da energia solar e gravitacional sobre os oceanos estão sendo conduzidos no sentido de promover o desenvolvimento tecnológico necessário para utilizar estas formas de energia, como fontes energéticas renováveis para as atividades humanas.

“Uma outra fonte de energia renovável, mas que não é originada pela energia solar, é a geotérmica, formada pela alta temperatura do núcleo da Terra, e alimentada pela desintegração radioativa de núcleos atômicos instáveis, presentes no seu interior” (ROVERE, 2000, p.5).

A energia nuclear também vem ganhando espaço na sociedade industrial, porém esta não é fonte de energia renovável:

A energia nuclear é aquela decorrente de uma reação nuclear, que se desenvolve exponencialmente, em cadeia, podendo também ser usada como fonte de energia. Isto é o que acontece por exemplo no caso da fissão de núcleos pesados, como urânio, usado nos reatores nucleares

onde são submetidos a um bombardeio de nêutrons. O calor liberado serve para produzir vapor, movimentando uma turbina que aciona um gerador. Esta não é uma fonte renovável pois o estoque de materiais físséis na crosta terrestre é finito. Já a fusão de núcleos leves, mais abundantes, ainda não é controlada pelo Homem. (ROVERE, 2000, p.5)

Assim, em termos energéticos, é importante que a sociedade industrial caminhe para tanto para a otimização energética dos seus processos produtivos quanto promova um redirecionamento de suas matrizes energéticas, atualmente fortemente baseadas em fontes de energia não renováveis para energias renováveis. Isto é necessário para sua sustentabilidade a longo prazo, considerando que os estoques das energias não renováveis são finitos e a sua demanda por energia é crescente.

2.3 A Ecologia Industrial no contexto econômico

A Economia também é uma disciplina cuja evolução das questões ambientais em seu contexto é de grande relevância para a compreensão da Ecologia Industrial.

Historicamente, a partir do momento em que as atividades produtivas do homem adquiriram uma forma organizada, o crescimento da atividade econômica esteve sempre associado a um aumento no uso dos recursos. Isto aplica-se tanto para a sociedade agrícola como para a sociedade industrial. A Revolução Industrial, entretanto, introduziu uma aceleração deste processo instaurando um modelo cada vez mais complexo do ponto de vista tecnológico e organizacional calcado no uso maciço de recursos materiais (carvão, ferro, petróleo, etc.). Na sociedade industrial o crescimento econômico esteve sempre acompanhado por um crescimento equivalente no consumo de recursos materiais e energéticos. (MAGRINI, 2001, p.135).

Os longos ciclos econômicos de Kondratieff retratam as mudanças estruturais da evolução da sociedade segundo uma ótica de produção, conforme mostra a Figura 3. Este ciclos são demarcados por setores industriais indutores destas mudanças, que por sua vez estão diretamente relacionados à evolução da demanda por recursos materiais.

Figura 3: Os ciclos econômicos de Kondratieff

Ciclos	Período aproximado	Descrição	Setores principais	Fatores Setoriais Chave	Setores indutores de mudança
Primeiro	1770-1780 até 1830-1840 (Revolução Industrial)	Ciclo da primeira mecanização	Têxtil, Químico-têxtil, Mecânico-têxtil, Fundições, Cerâmica, Canalização	Algodão, Ferro	Motores a vapor, Máquinas
Segundo	1830-1840 até 1880-1890 (Período Vitoriano, Grande Depressão)	Ciclo das forças motrizes e das ferrovias	Máquinas a vapor, Ferrovias	Carvão, Transportes	Aço, Eletricidade, Gás, Corantes sintéticos, Engenharia pesada
Terceiro	1880-1890 até 1930-1940 (Belle Epoque, Grande Depressão)	Ciclo da indústria pesada	Engenharia elétrica, Eletrotécnica, Telégrafo, Engenharia pesada, Armamentos pesados, navios em ferro, Grande indústria, Química, Corantes Químicos	Aço	Automóveis, Aviões, Telecomunicações, Rádio, Alumínio, Bens de consumo duráveis, Petróleo, Plásticos
Quarto	1930-1940 até 1980-2000 (Era de crescimento e pleno emprego keynesiano, crise de ajuste estrutural)	Ciclo fordista e da produção de massa	Automóveis, Caminhões, Tratores, Tanques, Armamentos, Aviões, Bens de consumo duráveis, Ciclos produtivos sintéticos, Petroquímica, Auto estradas.	Energia (particularmente petróleo)	Computadores, Televisão, Radar, Máquinas com controle numérico, Produtos farmacêuticos, Armas nucleares, Mísseis.
Quinto	1980-2000 até ...	Ciclo das tecnologias informáticas e telemáticas, novos materiais, biotecnologia	Computadores, Bens capitais, Eletrônica, Telecomunicações, Fibra ótica, Robótica, Sistemas flexíveis de produção, Cerâmicas, Bancos de Dados, Serviços de Informação.	Chip (microeletrônica); Rede	Biotecnologia, Atividades espaciais, Química fina, “Nova Economia”

Fonte: MAGRINI, 2001

A Revolução Industrial data da fase do primeiro ciclo econômico de Kondratieff (1770-1780 até 1830-1840), quando a Economia Clássica vigente baseava-se no poder do mercado estimular tanto o crescimento quanto a inovação, mas mantinha-se pessimista em relação a perspectiva do crescimento a longo prazo. Importantes economistas, tais como Adam Smith (1723-1790), Thomas Malthus (1766-1834) e David Ricardo (1772-1823), autores de diferentes teorias econômicas, pertencem a esta linha de pensamento. Pregavam que caso não ocorresse uma mudança maior no modelo físico-econômico-social os recursos naturais necessários à base do sistema industrial e agrícola se esgotariam, e que assim o sistema econômico entraria em colapso. Assim, nesta fase, o foco era a disponibilidade de recursos e não tanto a poluição, apesar de nesta época seus efeitos já serem perceptíveis (PEARCE, TURNER, 1990).

Durante o segundo e terceiro ciclos econômicos a preocupação da Economia Clássica com o crescimento a longo prazo foi praticamente deixada de lado. Este período é chamado de Economia Neoclássica, sendo o meio ambiente encarado como simples provedor de recursos naturais em prol do crescimento econômico (PEARCE, TURNER, 1990).

Foi somente no quarto ciclo econômico, a partir de 1960-1970, que a intensificação da poluição ambiental e preocupações relacionadas à escassez de recursos naturais impulsionaram o surgimento da Economia Ambiental como uma sub-disciplina da Economia. Episódios marcantes como os dois choques do petróleo, ocorridos em 1973 e 1979, tornaram inegáveis devido às suas dimensões a dependência econômica da sociedade industrial sobre um recurso natural não renovável.

Duas correntes econômicas principais com ideologias ambientais distintas, os tecnocêntricos e os ecocêntricos, formaram-se conforme sumarizado na Figura 4.

Figura 4: Correntes econômicas e suas ideologias ambientais

TECNOCÊNTRICOS	ECOCÊNTRICOS
Economia Convencional – meio ambiente como fonte de recursos naturais	Economia Ecológica – ótica coletivista, busca a justiça social, a eficiência econômica e a proteção ambiental
Economia do Meio Ambiente – recursos naturais limitados, busca pela eficiência econômica através do desenvolvimento tecnológico, proteção do “capital natural crítico”	“Deep Ecology” – preservação ambiental extrema, restrição global do consumo dos recursos naturais

Fonte: Elaboração própria a partir de Pearce, Turner, 1990.

Para a Economia Convencional o meio ambiente é a fonte de matérias-primas utilizadas como insumos nos processos de produção. Assume que os recursos devem ser utilizados de maneira a se ter o máximo de benefícios e o mínimo de custos. Sua posição é orientada para o crescimento, assumindo a quase perfeita substituição entre capital físico, natural e humano. Para tanto, considera que a manutenção do crescimento econômico depende, no longo prazo, da adequação dos gastos de investimento em capital humano e físico, e secundariamente, em capital natural.

Já a Economia do Meio Ambiente apresenta um processo de “esverdeamento” da Economia Convencional. Assume a necessidade de se promover o gerenciamento e a conservação dos recursos naturais, pois acredita na existência de um “custo de oportunidade”, ou seja, “nada é grátis” (inclusive os recursos naturais). Visto que os recursos são escassos, a eficiência econômica deve ser perseguida, de modo que o máximo de bem-estar⁴ seja proporcionado dada uma certa quantidade de recursos. Segundo cientistas da Escola de Londres, o meio ambiente possui um limite superior e inferior. O primeiro está vinculado à capacidade de assimilação de fontes de poluição pelo meio, e o segundo, ao nível de estoque de capital natural possível de ser disponibilizado em função da tecnologia existente. Baseados nesta premissa criaram o

⁴ Os economistas utilizam a palavra “bem-estar” ao invés de “necessidade”, pois a esta última consideram estar implícito os desejos de um indivíduo.

conceito de “capital natural crítico” que seriam espécies ou processos chaves, impossíveis de serem “substituídos” uma vez extintos ou esgotados (PEARCE, TURNER, 1990).

A Economia Ecológica, na sua forma mais simples, significa transformar o desenvolvimento numa soma positiva com a natureza com base no tripé: justiça social, eficiência econômica e proteção ambiental. A qualidade social é medida pela melhoria do bem-estar das populações mais carentes, e a qualidade ambiental pela solidariedade com as gerações futuras. Assume que o capital natural deve ser protegido, pois: a) existe uma incerteza sobre as funções do ecossistema e o valor total dos serviços prestados por ele; b) percebe a presença de irreversibilidade no contexto de algumas degradações ambientais; c) considera preocupante o acelerado processo de dilapidação dos recursos, e defende a preservação do capital natural como um todo, e não somente o “capital natural crítico”.

A *Deep Ecology* caracteriza-se pela quase rejeição da utilização dos ativos naturais. Assume que o meio ambiente não deveria ser “concedido” como uma coleção de bens e serviços para uso humano, adotando uma posição extrema de preservação. Propõe uma restrição global de consumo de matérias-primas e energia pela atividade econômica. (PEARCE, TURNER, 1990)

É importante ressaltar que a corrente tecnocêntrica é fortemente marcada pela crença na tecnologia como instrumento capaz de ultrapassar qualquer limitação que impeça o desenvolvimento e crescimento econômico. A corrente econômica ecocêntrica surge como oposição aos modelos da economia tradicional (tecnocêntricas), que até então não incorporavam em suas concepções os problemas ambientais da atualidade. Economistas ecocêntricos, tais como Georgescu-Roegen (1971) e seus discípulos baseiam-se na segunda lei da termodinâmica para contestar os “otimistas tecnológicos”,

pois como visto anteriormente, por maior que seja o aperfeiçoamento da tecnologia não é possível a conversão total de energia térmica em trabalho. Também sustentam que o desenvolvimento dos sistemas industriais, de acordo com o modelo vigente, só poderá ser alcançado às custas da dilapidação do patrimônio dos recursos naturais, entre eles os estoques de energias não renováveis, entre outros.

Contudo, as mudanças tecnológicas e organizacionais mais recentes, geradas a partir do quinto ciclo econômico de Kondratieff, colocam a economia para um novo patamar. Manifesta-se uma cisão entre o crescimento do PIB e o consumo de recursos materiais por unidade de produto, entrando-se portanto na era da “desmaterialização”.

Passa-se do modo industrial, ou taylorístico, de produção para o modo “científico” no qual domina o conhecimento e a automação. A própria ciência torna-se um fator de produção. As transformações tecnológicas baseadas na microeletrônica, na informática e na biotecnologia/novos materiais permitem a produção de bens com menor conteúdo de recursos materiais e maior conteúdo de informação/conhecimento. O setor terciário torna-se gradualmente prevalente em relação ao industrial na composição do PIB. (GERELLI, 1997 *apud* MAGRINI, 2001, p.136)

É também dentro desta nova concepção econômica que a Ecologia Industrial está alinhada, por exemplo propondo mudanças que resultem em processos preventivos, de não geração da poluição, tais como a desmaterialização e a produção mais limpa. Assim, nem sempre estas mudanças se caracterizam por inovações tecnológicas no estrito senso tecnocêntrico. A EI também propõe uma mudança na criticidade dada pela grande maioria das análises econômicas, que enxergam a disponibilidade de recursos naturais como um dos principais gargalos da estrutura econômica, voltando-se para o reaproveitamento dos materiais como proposta para o fechamento do ciclo de materiais.

2.4 Alguns instrumentos para operacionalização da Ecologia Industrial

Ao longo deste capítulo, até o momento, foram apresentados os principais conceitos e fundamentos da Ecologia, Termodinâmica e da Economia aplicáveis à Ecologia Industrial, e que constituem sua base teórica e filosófica. Uma série de instrumentos contribuem para sua operacionalização, caracterizados por possuírem metodologias, regras e princípios próprios, como por exemplo a Produção mais Limpa, a Análise do Ciclo de Vida do Produto, o Eco-design (ou *DfE – Design for Environment*) e os Parques Industriais Ecológicos. Alguns destes são bastante recentes, como é o caso dos PIEs, e encontram-se ainda em fase de consolidação.

A Figura 5 apresenta um resumo dos principais instrumentos da Ecologia Industrial acima relacionados, informando suas respectivas escalas de aplicação e o objetivo do uso.

Figura 5: Instrumentos que podem contribuir para a Ecologia Industrial

Instrumentos	Escala	Uso
Produção mais Limpa (P+L)	Empresa	Viabilizar o aumento da eficiência no uso de matérias-primas, água e energia e a não-geração, minimização ou reciclagem de resíduos em todo tipo de setor produtivo.
Análise do Ciclo de Vida (ACV)	Produto	Viabilizar comparações materiais envolvendo todo o ciclo de vida do produto, desde a etapa de extração de seus insumos de produção até as etapas de pós-consumo.
Eco-design (Design for Environment – DfE)	Produto	Viabilizar o design ou projeto de produtos incorporando objetivos ambientais com pouca ou nenhuma perda do desempenho, vida útil ou funcionalidade dos produtos.
Parques Industriais Ecológicos	Local	Viabilizar ganhos econômicos, ambientais e sociais através da colaboração do gerenciamento ambiental e dos recursos disponíveis através de um trabalho sinérgico entre empresas co-localizadas em um mesmo complexo ou área industrial.

Fonte: Adaptado a partir de EPA U.S., 2001

Muitas vezes a prática da Ecologia Industrial é executada através de ações baseadas em seus preceitos, e não exatamente através de instrumentos. Isto porque ela assume um papel mais amplo, de condução da sociedade industrial a um novo modo de pensar, com o desafio de auxiliar o redirecionamento das políticas e legislações ambientais, o adequado gerenciamento de resíduos industriais, o planejamento do uso eficiente uso do solo, entre outros. Contudo, a instrumentalização deste processo, sempre que possível, é bem-vinda no sentido de agilizar a busca pela concretização de iniciativas que garantam o cumprimento do seu objetivo, que é a promoção de uma sociedade sustentável, e por isto está sendo atualmente chamada de “ciência da sustentabilidade” (EHRENFELD, 2004; BAAS, BOONS, 2004).

3 “PARQUES INDUSTRIAIS ECOLÓGICOS” COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO AMBIENTAL COOPERATIVA E DA ECOLOGIA INDUSTRIAL

3.1. Tendências do processo de desenvolvimento e localização industrial

Ao longo do século XX a demanda por locais para estabelecimento das atividades industriais presenciou um processo de mudanças na priorização dos fatores que definiam a localização mais adequada para sua instalação. Tais fatores locacionais são definidos como todo e qualquer elemento que as indústrias requeiram em forma quantitativa ou qualitativa e que o território ofereça em quantidade ou modalidades diversas.

O processo de desenvolvimento e assentamento industrial pode ser dividido em três fases sucessivas. A primeira corresponde ao período de maturidade da Revolução Industrial, caracterizado pela predominância dos custos de transporte e de mão-de-obra como fatores de decisão locacional, e considerados como “fatores primários”. A segunda fase é iniciada a partir da segunda metade do século, de 1950 em diante, quando os fatores decisórios para o direcionamento do assentamento das atividades industriais passa a ter como foco a “aglomeração da economia”. Distritos ou parques industriais tornaram-se comuns no cenário de diversos países (PELLENBARG, 2002).

De uma forma bem simplista, um distrito industrial pode ser descrito como uma extensão territorial, sub-dividida, e alocada para o uso por várias empresas, que utilizam uma infra-estrutura comum por estarem próximas entre si. São projetados para atender demandas compatíveis de diferentes indústrias num mesmo local, e concebidos com uma dimensão gerencial que vai além de simplesmente a alocação de indústrias numa área comum. Isto geralmente ocorre através da provisão de supervisão e serviços,

restrições estabelecidas aos “inquilinos”, e planejamento detalhado quanto a tamanho de lotes, acessos e utilidades. Esta concepção passou a ser utilizada como ferramenta de planejamento e adotada como estratégia de desenvolvimento econômico (UNEP, 1997). No processo de formação de distritos industriais os fatores que até então eram considerados “secundários” no processo de alocação industrial tornaram-se prioritários, tendo como objetivo a obtenção de vantagens pelo fato de se ter clientes e fornecedores próximos, além da disponibilidade de serviços e outras facilidades oriundas desta aglomeração (PELLENBARG, 2002).

A partir de 1970, o número de distritos aumentou consideravelmente, sendo que nos países em desenvolvimento este crescimento ocorreu de forma ainda mais vertiginosa. Segundo a UNEP (1997) um documento elaborado por uma organização asiática apontava que em 1992 existiam 147 distritos industriais na República da Korea, 28 em Singapura, 23 na Tailândia, 63 nas Filipinas, 177 na Indonésia, 166 na Malásia e 95 no Japão. No mundo, até então, o Conselho Internacional de Pesquisa e Desenvolvimento Americano registrou mais de 12.000 distritos industriais. Estes parques variam em tamanho, de um a dois hectares a mais de 10.000 hectares (ex: a Zona Franca de Jebel Ali/Dubai, possui a extensão 10.125 hectares); em número de funcionários, de menos de 100 a 65.000 (ex: Las Colmas, Texas/E.U.A, emprega 65.000 funcionários), assim como em número de indústrias (ex: o Parque Industrial de Burnside, em Nova Scotia/Canadá, congrega 1.300 negócios).

Durante as décadas de 70 e 80, a percepção sobre as questões ambientais ficam mais aguçadas e o entendimento da organização espacial da atividade econômica passa a ser mais bem compreendido. Contudo, é somente a partir da década de 90 que os “fatores terciários”, tais como capacidade de influência do governo, infra-estrutura de telecomunicações, disponibilidade de mão-de-obra qualificada, aspectos ambientais,

representatividade/imagem do complexo industrial, mentalidade das comunidades vizinhas, condições de vida e recreação, entre outras, se tornaram os fatores primordiais para determinar a alocação industrial. Estes são apenas exemplos de alguns fatores, pois muitos outros poderiam ser adicionados a esta relação. O que é importante ressaltar é que esta fase é caracterizada por uma exigência crescente no processo decisório de instalação de uma atividade industrial. É claro que muitos dos fatores terciários não são exatamente critérios novos, sendo o diferencial em relação as fases anteriores, o grau de importância dado aos mesmos em relação ao passado. Com isso, um processo de difusão espacial passa a ser viabilizado em função da potencial compensação a princípio proporcionada pela proximidade física locacional entre empresas (PELLENBARG, 2002). A Figura 6 sumariza as tendências no processo de desenvolvimento e localização industrial.

Figura 6: Tendências do processo de desenvolvimento e localização industrial

Fase I Revolução Industrial	Fase II De 1950 - 1990	Fase III De 1990 em diante
<i>fatores primários</i>	<i>fatores secundários</i>	<i>fatores terciários</i>
Custos com transporte (matérias-primas e produtos) Custos com mão-de-obra	Proximidade com mercados Proximidade com fornecedores e serviços Outros benefícios econômicos oriundos de aglomerados industriais	Influência do governo Infra-estrutura de telecomunicações Mão-de-obra qualificada Aspectos ambientais Representatividade/Imagem do complexo industrial Mentalidade das comunidades vizinhas Condições de vida Etc.
Concentração regional	Agglomeração urbana	Difusão espacial

Fonte: Pellenbarg 2002

Em função do panorama apresentado é possível verificarmos que as tendências do processo de desenvolvimento e de localização industrial são conseqüências diretas tanto da

evolução da política e da gestão ambiental, apresentada na seção 1.1, quanto principalmente do contexto do desenvolvimento econômico, apresentado na seção 2.3, a partir dos ciclos econômicos de Kondratieff. Certamente, o atual cenário econômico, no qual a necessidade da busca pela sustentabilidade está imbuída, vem induzindo a mudanças nas estruturas físicas e sociais, viabilizando no caso da ocupação territorial industrial, uma configuração de maior difusão espacial, cujos prós e contra vem sendo estudados. Os Parques Industriais Ecológicos despontam nesta nova economia não no sentido promover este processo de difusão, mas sim no sentido de associar os ganhos ambientais e sociais potencializando os ganhos econômicos das indústrias localizadas próximas umas das outras.

3.2 Parques Industriais Ecológicos: definição e conceitos

Os sinônimos “distrito industrial”, “parque industrial”, ou ainda “pólo industrial” possuem um claro significado para empresários, profissionais da indústria, associações de representação industrial, e autoridades voltadas para o desenvolvimento econômico. Contudo, a inserção da palavra “eco” a estas terminologias propõe um novo enfoque estratégico às estruturas organizacionais industriais, sendo importante a sua distinção do tradicional conceito já consagrado de parque industrial.

O termo “Eco Parques Industriais” foi utilizado oficialmente pela primeira vez em 1993, a nível internacional, por uma equipe de especialistas denominada *Indigo Development*, da Universidade de Dalhousie, no Canadá e da Universidade de Cornell, nos EUA. A partir de uma parceria estabelecida com a EPA U.S., agência de controle ambiental americana, e com o *Research Triangle Institute* o conceito passou a ser difundido (LOWE, 2001). Parques Industriais Ecológicos, Parques Industriais

Ecoeficientes, Ecopolos ou ainda Sites Sustentáveis foram termos alternativos que surgiram desde então, e que possuem o mesmo significado.

Um Eco-Parque Industrial e um Parque Industrial possuem duas importantes características em comum: constituem-se por um conjunto de empresas localizadas em uma mesma área física e possuem um agente gerenciador (ex: empresa, associação, etc) para atuar em prol das atividades e interesses comuns de seus respectivos grupos industriais. Um parque industrial demonstra claros padrões de desenvolvimento, definição de propriedade, responsabilidade pelo gerenciamento, manutenção e controle. Contudo, a proposta dos Parques Industriais Ecológicos é que as empresas operem como uma comunidade em torno de interesses não só econômicos, mas também ambientais e sociais em comum. Sua proposta é fazer com que os aglomerados industriais funcionem localmente como ecossistemas industriais, buscando localmente o fechamento do ciclo de materiais e a racionalização e otimização do uso de água e energia, assim como fazer que as indústrias pertencentes a um mesmo parque industrial atuem na promoção de projetos compartilhados interagindo para melhorar a performance ambiental, social e econômica.

Devemos distinguir duas outras categorias básicas de projetos eco-industriais, além dos Eco-Parques Industriais (LOWE, 2001; CHIU, YONG, 2004):

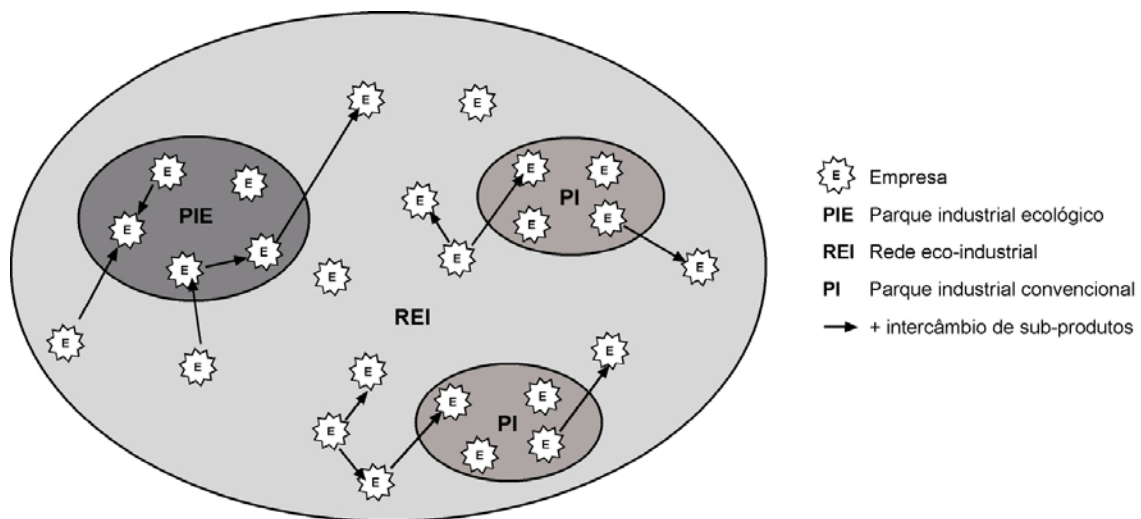
- a) Intercâmbio de Sub-Produtos (ISP) – um grupo de empresas, de um mesmo parque industrial, ou vizinhas, ou de uma mesma região, que busca a utilização de subprodutos (energia, água, e materiais) umas das outras, agregando valor ao que até então seriam resíduos. Este é o conceito mais familiar da Ecologia Industrial que vem sendo perseguido por grupos de indústrias através dos mais diferentes nomes: *simbiose industrial*, *rede de reciclagem industrial*, *ecossistemas industriais*, *emissão*

zero, entre outros. O objetivo é reduzir a poluição, reduzir custos e também gerar receita.

- b) Rede Eco-industrial (REI) – um grupo de empresas interagindo para melhorar a performance ambiental, social e econômica em uma região e para criar oportunidades de compartilhamento de serviços e facilidades. Sua proposta é bem mais extensiva do que um intercâmbio de sub-produtos. Uma REI pode englobar empresas de forma isolada, empresas pertencentes à parques industriais, e organizações gerenciadoras de parques industriais. Pode incluir sistemas de recuperação de materiais, instituição de incubadoras de empresas, programas de treinamento conjuntos, serviços de atendimento a comunidade, entre outros.

A Figura 7 ilustra as definições e interações acima apresentadas.

Figura 7: Diagrama da inter-relação entre projetos eco-industriais.



Fonte: Lowe, 2001

Assim, podemos dizer que os Parques Industriais Ecológicos buscam alcançar tanto o viés do ISP, quanto o viés da REI, porém focados num nível local, apostando na proximidade física entre empresas como um importante diferencial para potencializar os

benefícios resultantes da promoção de ações cooperativas. É importante esclarecimento de terminologias apesar de tais projetos poderem se sobrepor. PIEs e REIs podem possuir programas de ISP. Um ou mais PIEs podem participar tanto em um ISP como em uma REI.

A seguir seguem algumas outras definições encontradas na literatura:

- Um conceito através do qual diferentes estratégias ambientais (ou empresas) estão integradas em uma escala de um parque industrial. (Van der Laak, 1997 *apud* Pellenbarg, 2002)
- Uma forma de cooperação entre firmas, e entre firmas e governo, com o objetivo de se obter uma melhor performance econômica pelas firmas, de se reduzir as pressões ambientais e de se promover o uso do espaço de forma eficiente. (Ministerie EZ, 1998 *apud* Pellenbarg)
- É uma comunidade de produção de produtos e serviços localizadas numa mesma propriedade. Todos os negócios procuram otimizar ganhos ambientais, econômicos e sociais, através da colaboração do gerenciamento ambiental e dos recursos disponíveis. Através de um trabalho sinérgico, a comunidade de negócios espera que os benefícios coletivos sejam maiores do que os individuais, por cada empresa, otimizando assim a performance de todos. (UNEP, 1997)

É interessante ressaltar alguns aspectos em relação a sequência de definições acima elencadas. Da primeira para a terceira, podemos perceber algumas diferenças no

escopo de trabalho das definições propostas. As duas primeiras se limitam a justaposição dos interesses ambientais e econômicos, enquanto que a definição de Parques Industriais Ecológicos da *UNEP – United Nations Environmental Programme* deixa explícita a contextualização da questão social neste processo. Um ponto interessante na definição do Ministério de Assuntos Econômicos Holandês (*Ministerie EZ*) consiste no fato da interação cooperativa entre empresa-governo ser destacada, além do uso eficiente do solo como um dos objetivos a ser alcançado. Isto porque, conforme veremos adiante na seção 3.4 a seguir, quando alguns relatos de experiências internacionais serão abordados, os PIEs são utilizados pelo governo federal holandês como um instrumento de planejamento ambiental territorial, encontrando-se incorporado às suas diretrizes políticas.

Outro ponto ainda discutido no que diz respeito ao entendimento conceitual dos Parques Industriais Ecológicos, sem haver até então um consenso, refere-se a existência de PIEs “virtuais”. LOWE (2001) desencoraja a adoção de tal conceito, alegando que geralmente o que se tem de fato estabelecido nestes casos são iniciativas de ISP. Considerando que os supostos PIEs virtuais seriam compostos por indústrias em um raio de abrangência regional, e não mais local, isto contraria também um dos preceitos básicos dos PIEs que consiste no aumento do potencial de ganhos ambientais, econômicos e sociais inerentes a proximidade física entre empresas co-localizadas.

Por se tratar de um assunto ainda bastante novo, o termo tem sido empregado às vezes sem muito critério. É importante entendermos que o desenvolvimento de um verdadeiro Eco-Parque vai além de (LOWE, 2001):

- Uma simples reutilização de resíduos de uma empresa;
- Um *cluster* de atividades de reciclagem;
- Um grupo de empresas de tecnologia ambiental;

- Um grupo de empresas fabricantes de produtos “verdes”;
- Um parque industrial projetado sobre um único tema ambiental (ex: um parque industrial movido à energia solar); ou
- Um parque industrial cuja construção e infra-estrutura adotaram critérios ambientais.

Apesar de muitos dos itens acima relacionados estarem incluídos no estabelecimento de um Parque Industrial Ecológico, a visão de um real PIE deve ir além da simples identificação de práticas pontuais.

3.3 Algumas Experiências Internacionais de Parques Industriais Ecológicos

3.3.1 O Parque Industrial de Kalundborg, Dinamarca

Com relação às experiências internacionais de Parques Industriais Ecológicos não se pode deixar de mencionar o exemplo de Kalundborg, na Dinamarca, não só por ser este um dos mais antigos como também por ser referência na literatura especializada.

A história de Kalundborg iniciou-se em 1961 a partir da implantação de uma nova refinaria de petróleo na cidade dinamarquesa, a Statoil, para a qual foi construída um duto de água proveniente do Lago Tisso, tendo em vista a restrita quantidade de água subterrânea disponível para seu abastecimento. Em 1972, para obter facilidades em função da disponibilidade de gás combustível da refinaria, a Gyproc, empresa sueca, instalou-se em suas proximidades e a partir então de uma série outras interações foram

espontaneamente sendo estabelecidas paulatinamente em função da instalação de outras empresas neste complexo (UNEP, 2003).

Atualmente, este ecossistema industrial conta com seis principais parceiros. São eles (UNEP, 2003; INDIGO DEVELOPMENT, 2003):

- Termoelétrica de Asnaes – é a maior usina termoelétrica a base de carvão (capacidade 1500 MW) da Dinamarca;
- Statoil – refinaria que pertence a estatal de petróleo da Dinamarca;
- Novo Nordik – empresa multinacional de biotecnologia, maior produtora de insulina e enzimas industriais;
- Gyproc – empresa sueca que produz placas de gesso para construção civil;
- Cidade de Kalundborg – seu sistema de aquecimento residencial é abastecido a partir do fornecimento de energia proveniente da termoelétrica Asnaes;
- Bioteknisk Jordeneus – empresa de remediação do solo.

A seguir são destacados os principais intercâmbios e reaproveitamentos de materiais, água e energia estabelecidos entre os integrantes deste Eco Parque (UNEP, 2003; INDIGO, 2003):

- Para reduzir o consumo de água, recurso escasso em muitas regiões da Dinamarca, inclusive em Kalundborg, a refinaria Statoil fornece a água residual do seu tratamento de efluentes assim como a água de resfriamento do seu processo para a termoelétrica Asnaes, permitindo sua “dupla” utilização. Adicionalmente, Asnaes também utiliza água salgada, captada do mar, para suprir parte das suas necessidades de resfriamento, resultando em

água salgada quente, sendo que uma pequena parte desta é enviada para uma fazenda de criação de peixes para reaproveitamento do calor;

- Asnaes supre as empresas Statoil e Novo Nordik com vapor para os seus processos produtivos;
- O gás combustível excedente da refinaria Statoil é tratado, para remoção de enxofre, que é enviado via caminhão, na forma líquida, como matéria-prima para Kemira, um fabricante de ácido sulfúrico. O gás limpo é em seguida enviado para Asnaes e para Gyproc, o qual por sua vez é utilizado como fonte de energia.
- Em 1993 Asnaes instalou um dessulfurizador para remover enxofre de seus gases. As cinzas, isentas de enxofre, são então utilizadas por uma indústria de fabricação de cimento. O dióxido de enxofre residual é utilizado para fabricação de sulfato de cálcio (gesso), que é a matéria-prima principal para as placas produzidas pela Gyproc. O que era um resíduo para Asnaes passou a ser matéria-prima para Gyproc, viabilizando a substituição do gesso natural que era até então comprado da Espanha.
- O processo produtivo da Novo Nordik é um grande gerador de resíduos de biomassa. A empresa descobriu que este material podia ser utilizado como fertilizante uma vez que contém nitrogênio, fósforo e potássio. A comunidade agrícola local consome anualmente aproximadamente 800.000 metros cúbicos deste fertilizante na forma líquido e 60.000 toneladas na forma sólida.
- O calor residual de Asnaes é utilizado para o abastecimento do sistema de aquecimento da cidade de Kalundborg, em substituição aos aquecedores movidos a óleo que eram utilizados anteriormente nas residências.

Os principais resultados alcançados através da simbiose estabelecida entre os diversos parceiros é apresentada na Tabela 2, abaixo:

Tabela 2: Principais resultados obtidos através da simbiose de Kalundborg, Dinamarca

Redução no consumo de recursos naturais

45.000 ton/ano – óleo

15.000 ton/ano – carvão

600.000 m³/ano – água

Redução na emissão atmosférica

175.000 ton/ano – dióxido de carbono

10.200 ton/ano – dióxido de enxofre

Valorização de resíduos

4.500 ton/ano – enxofre

90.000 ton/ano – sulfato de cálcio (gesso)

800.000 m³/ano (líquido) e 60.000 ton/ano (sólido) - fertilizante

130.000 ton/ano – cinzas

Fonte: Erkman, 1998 *apud* UNEP, 2003

Foi durante os anos de 1985 a 2000 que grande parte dos projetos acima relacionados foram implantados, ou seja, num espaço de tempo de 15 anos (LOWE, 2001). Os benefícios provenientes dos intercâmbios implementados são estimados em cerca de US\$ 12 a US\$ 15 milhões de dólares por ano (HEERES et al, 2004).

Apesar de não ter havido um planejamento inicial, Kalundborg evoluiu para a configuração de um Eco-Parque de renome, sendo freqüentemente citado como a melhor evidência da viabilidade prática de um ecossistema industrial. Jorge Christensen, vice-presidente da Novo Nordisk, atribui algumas condições consideradas desejáveis para formação de PIEs baseando-se na experiência de Kalundborg: a) a heterogeneidade da indústrias e as suas potenciais complementaridades; b) projetos alavancados a partir de uma perspectiva de retorno financeiro; c) desenvolvimento em caráter voluntário, em estreita colaboração com as agencias reguladoras; d) parceiros fisicamente próximos, otimizando ao máximo o processo de intercambio de materiais e o reaproveitamento

energia; e) estreito relacionamento entre todos os gerentes das empresas envolvidas (INDIGO DEVELOPMENT, 2003).

3.3.2 Parques Industriais Ecológicos em países desenvolvidos e em desenvolvimento

A experiência de Kalundborg, iniciada a partir de 1961, com a implantação daquele parque industrial, é sem sombra de dúvida uma das maiores referências de Parques Industriais Ecológicos existentes, o qual foi estabelecido de forma espontânea. Contudo, como mencionado anteriormente, o termo Eco-Parques Industriais foi introduzido somente em 1993, por especialistas de universidades americanas e canadenses, e foi nos Estados Unidos que ocorreu a implementação da primeira iniciativa para estimular o desenvolvimento de PIEs. Quatro parques industriais foram escolhidos pelo *Presidents Council of Sustainable Development* (PCSD) para fazer parte de um projeto de demonstração, iniciado em 1994. Três deles eram parques industriais existentes e o quarto um parque industrial em início de implantação (HEERES et al, 2004). No Canadá, o Parque Industrial de Burnside, na cidade de Dartmouth, Nova Escócia, passou a ser o principal palco de estudos para o desenvolvimento de Parques Industriais Ecológicos (COTE, 1997).

A seguir algumas experiências americanas serão brevemente descritas por serem as mais antigas em termos de um desenvolvimento induzido de PIEs. Também serão relatadas, de forma sucinta, iniciativas européias, mais especificamente na Holanda e França, e na Ásia, particularmente na China. Os estudos de caso selecionados têm como intuito apresentar o desenvolvimento de iniciativas sobre o assunto tanto em países desenvolvidos, quanto naqueles em desenvolvimento, demonstrando que seu alcance não está restrito apenas ao primeiro grupo. O critério de seleção adotado também teve

como objetivo apresentar as diferenças assumidas nas configurações dos PIEs, principalmente no que tange o papel assumido pelos diversos atores envolvidos nestes processos em países com notórias diversidades políticas e culturais.

3.3.2.1 Estados Unidos

De um modo geral, o desenvolvimento de Parques Industriais Ecológicos nos Estados Unidos tem ocorrido tendo como agente estrutural a própria classe industrial, em função da percepção de oportunidades de negócios associados aos mesmos, e não tanto pelo apoio governamental. As empresas americanas parecem ser mais “desconfiadas” quanto às ações conduzidas pelo governo. Uma característica interessante no caso dos PIEs dos Estados Unidos é que estes geralmente estimulam fortemente a participação das comunidades locais e das ONGs nos seus processos de planejamento. De uma forma geral não há incentivos para o desenvolvimento das iniciativas, que são custeadas pelas empresas incluindo a fase de planejamento dos projetos. Em alguns casos os PIEs surgem a partir de uma empresa “âncora”, que age como articuladora, ou então em alguns casos este papel é assumido pela associação de empresas locais. Contudo, em muitos PIEs não foi evidenciada a existência propriamente de uma figura líder do processo, muitas vezes dificultando o seu desenvolvimento (HEERES et al, 2004). O interesse acadêmico, como por exemplo das universidades de Cornell e Yale e também da EPA U.S. na disseminação e no desenvolvimento do assunto podem ser evidenciados pela literatura disponível que vem sendo desenvolvida sobre o assunto.

Em 1996, 17 distritos industriais haviam se declarado como Eco-Parques nos Estados Unidos, como por exemplo: Riverside, Burlington (Vermont), Green Institute

Minneapolis (Minnesota), Brownsville (Texas), Chattanooga (Tennessee), Londonderry, Trenton (New Jersey), Cívano (Arizona), Plattsburg (New York), Raymond (Washington) e Skagit County (Washington) (LOWE, 2001). A seguir, dois do grupo dos quatro participantes do projeto de demonstração do *Presidents Council of Sustainable Development* (PCSD) são apresentados a seguir:

- **Parque industrial de Tecnologias Sustentáveis do Porto de Cape Charles (Cape Charles, Virginia):** este consiste em um novo parque industrial em implantação que veio com a proposta de “nascer” como um PIE. Seu primeiro inquilino foi um fabricante de painéis fotovoltaicos (MILAN, 2000). A expectativa é que o parque gere 395 empregos diretos, contudo existe dificuldade na atração de indústrias em função das demandas das empresas candidatas. Este conta com uma empresa municipal gerenciadora, a *Sustainable Technologies Industrial Park Authority*. Existe uma ativa participação da população local gerando uma estreita cooperação entre a população da cidade e distrito industrial. (HEERES et al, 2004).
- **Parque Ecológico Industrial Fairfield (Baltimore, Maryland):** fundado em aproximadamente 1920 como um parque industrial, é composto por cerca de 60 empresas, localizadas numa área de 508 hectares. Por possuir um excelente acesso por porto, trem e rede rodoviária, e sua proposta de desenvolvimento como um PIE é fortemente baseada na maximização do trânsito intermodal de matérias-primas e fluxos residuais. Contudo, alguns fatores vem contribuindo para o seu lento desenvolvimento como um Eco-Parque, tais como a falta de políticas estaduais em Baltimore que incentivem uma maior integração entre as empresas, a falta de interesse por parte das

empresas locais e a ausência de uma associação de indústrias local como um potencial articulador deste processo (HEERES et al, 2004).

3.3.2.2 Holanda

Na Holanda, o desenvolvimento de Parques Industriais Ecológicos é fortemente fomentado pelo governo, tanto através de suas políticas quanto financeiramente. Em 1997, o Memorandum *Economic en Milieu* (Economia e Meio Ambiente) é publicado pelo Ministério de Planejamento Espacial expressando sua preocupação em conciliar o crescimento econômico sem proporcionar uma deterioração ambiental. Fornece uma lista com a relação de 16 campos prioritários para o desenvolvimento de ações cooperativas entre o setor público e privado, sendo um deles os Sites de Negócios Sustentáveis, terminologia adotada no documento. O Memorandum não fornece uma definição precisa do seu conceito, apenas mencionando alguns de seus aspectos que devem ser buscados pelos mesmos (PELLENBARG, 2002):

- a utilização conjunta de facilidades (para energia, água, reciclagem, transporte);
- fechamento do ciclo de materiais através do uso de resíduos;
- realocação de empresas para promover um uso mais eficiente do solo;
- aglomeração de empresas complementares em termos econômicos e ecológicos.

O governo holandês disponibilizou 7 milhões de guilders holandeses, o equivalente a US\$ 3.500.000, para ações relacionadas aos sites sustentáveis durante o período de 1997-2003, especialmente focadas no desenvolvimento de estudos, inventários e

elaboração de projetos. O programa é aplicável para novos e já existentes sites de negócios (PELLENBARG, 2002).

O conceito de PIEs ganhou popularidade na Holanda e alguns municípios passaram a intitular como Eco-Parques muitos parques industriais que na realidade não operavam seguindo seus preceitos. Por outro lado, muitos parques industriais que atuam parcialmente ou totalmente alinhados como um PIE não utilizam este título.

Bakker et al (1999) relata um trabalho de campo que consistiu em uma pesquisa realizada em 62 parques industriais, pré-selecionados de acordo com alguns critérios estabelecidos por um grupo de pesquisadores, em 59 cidades e centros comerciais (*apud* PELLENBARG, 2002). A pesquisa teve como propósito ser um indicativo do que vem sendo feito em termos de planejamento para o desenvolvimento de Eco-Parques, inventariando iniciativas, e não propriamente consistindo em uma tentativa de mapeamento de PIEs. Os resultados indicaram que um grande número de iniciativas na região da Holanda do Norte e Utrecht, aonde a economia é predominantemente dominada pelo setor comercial. As regiões da Holanda do Sul e Brabant do Norte, áreas predominantemente industriais do país, são menos desenvolvidas no que tange o desenvolvimento de Eco Parques.

A seguir 3 breves estudos de caso extraídos da pesquisa realizada são apresentados (PELLENBARG; 2002a):

- **Parque industrial Moerdijk:** neste parque uma refinaria da Shell funciona como empresa âncora. Ela dispõe de uma vasta propriedade de terras e as disponibiliza para outras empresas químicas interessadas em estabelecer uma otimização de materiais e energia. A companhia Montell utiliza eteno e outros gases da refinaria e os seus resíduos são enviados para a Shell. A companhia Kolb (química fina) utiliza óxido de eteno da Shell como

matéria-prima. O incinerador de resíduos da companhia AZN supre a refinaria da Shell com vapor e eletricidade. Também está previsto o recebimento de matérias-primas da refinaria para Basell (*joint venture* da Shell e BASF) e para firmas de horticultura.

- **De Krogten, Breda:** neste parque industrial 150 firmas fundaram uma associação de empresas. Muitas possibilidades de trabalhos cooperativos foram identificadas. Primeiramente foi viabilizado um projeto para a coleta de resíduos de forma conjunta pelas empresas, tendo sido contratada uma única empresa para o serviço. Esta coleta tanto materiais recicláveis, provenientes da coleta seletiva, como resíduos comuns. O próximo passo, em fase de planejamento, consiste em projetos para a prevenção da geração de resíduos e iniciativas para economia de água e energia. O que é interessante neste projeto é que o parque industrial de Krogten instituído há 35 anos e o desenvolvimento da iniciativa vêm como uma oportunidade tanto para proporcionar um re-desenvolvimento do parque quanto para torná-lo mais atrativo para novos investimentos. O processo foi iniciado a partir do desejo de reduzir custos e promover uma melhoria de imagem para o site, mas gradualmente um crescente interesse por uma série de outras questões ambientais vem surgindo entre os participantes.
- **De Rietvelden, Den Bosch:** De Rietvelden/De Vutter é um complexo industrial que reúne cerca de 400 empresas. Um grupo composto por representantes de algumas empresas, do município e da província liderou a elaboração de um Plano, em 1997, especificando a missão e as possibilidades de desenvolvimento de trabalhos conjuntos para o site. Uma unidade para fornecimento de água, energia e vapor, e uma estação de

tratamento de efluentes anaeróbia, foram construídas com o propósito de atender as empresas coletivamente. O interessante é que a moderna técnica de co-geração para produção de energia e vapor, assim como o reaproveitamento do biogás gerado pela estação de tratamento, são diferenciais desta unidade. Contudo, até o momento, a Heineken, fabricante de cerveja, é a única empresa que utiliza os seus serviços.

3.3.2.3 França

Uma associação de indústrias francesa juntamente com grupos públicos criaram o selo PALME, concedido à parques industriais que se proponham a exercer seu planejamento e gestão como um PIE. Para tanto, o grupo de empresas interessadas assinam, em caráter voluntário, um documento com uma lista de ações operacionais individuais a serem cumpridas. O atendimento a uma lista de 33 elementos chave do projeto PALME são requeridos para o parque industrial candidato, podendo ser inseridos elementos específicos para cada parque industrial. Até 1997, dois sites industriais haviam aderido ao PALME: o de Boulogne-sur-Mer e o de Cahlon-sur-Saône (UNEP, 1997).

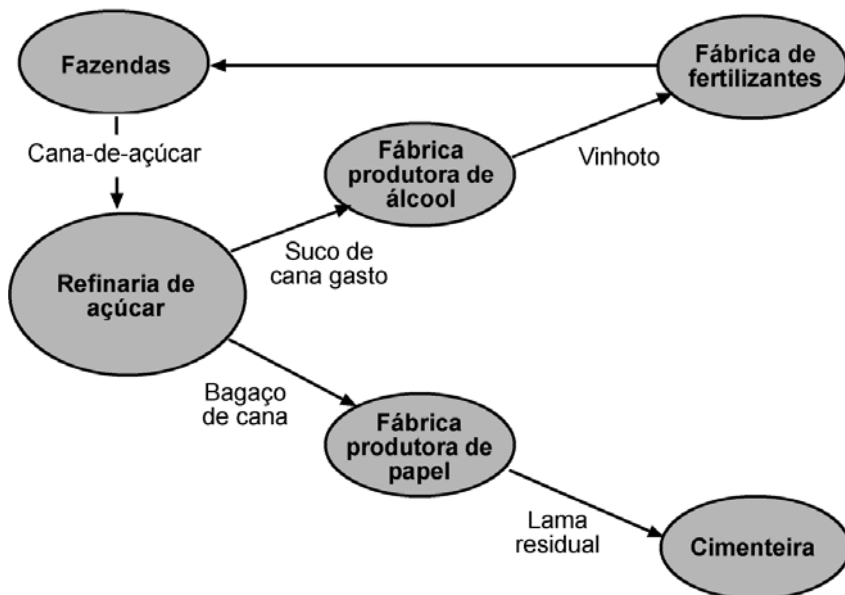
3.3.2.4 China

A China produz 10.5 milhões de toneladas de açúcar por ano provenientes de 539 refinarias de açúcar, em sua maioria a partir de cana-de-açúcar. A indústria açucareira na China passou por uma experiência de forte declínio na década de 90. Para permanecer competitiva perante o Brasil, Tailândia e Austrália, alguns dos maiores países produtores, tinha de aumentar a sua produtividade. Os baixos preços do açúcar no

mercado mundial nas últimas décadas eliminaram a indústria açucareira em países como o Havaí e Porto Rico, nos Estados Unidos. A produção de açúcar nas Filipinas também veio se tornando bem menos competitiva (LOWE, 2001).

A Região de Guangxi Zhuang Autonomous, no Sul da China, é a maior produtora de açúcar do país, respondendo por mais de 40% da produção nacional. Contudo, o custo de produção em Guangxi é alto. O Grupo Guitang é uma empresa estatal, fundada em 1954 e que opera a maior refinaria de açúcar da China, localizada naquela região. Emprega mais de 3800 funcionários e possui mais de 14.700 hectares de terra destinados ao plantio de cana. A empresa criou um complexo de outras empresas em Guigang, reunindo as seguintes principais unidades industriais: uma planta de fabricação de álcool, uma de fabricação de papel e celulose, uma empresa de fabricação de fertilizante, uma planta de carbonato de cálcio, uma cimenteira e uma termoelétrica. O objetivo foi promover um reaproveitamento dos sub-produtos gerados, aumentando suas receitas e reduzindo os custos de disposição e a poluição ambiental (DUAN, 2001 *apud* LOWE, 2001). A Figura 8 apresenta as duas principais rotas de reaproveitamento de materiais estabelecidas em Guigang, sendo que cada uma das empresas que compõe uma destas etapas possuem empresas menores a elas associadas assim como processos internos de reaproveitamento.

Figura 8: Fluxo de materiais estabelecido entre as principais unidades produtivas do Grupo Guitang



Fonte: Duan 2001 *apud* LOWE, 2001.

Os resultados de produção anual obtidos pelo complexo de empresas são: 120.000 toneladas de açúcar, 85.000 toneladas de papel, 10.000 toneladas de álcool, 330.000 toneladas de cimento, 25.000 toneladas de carbonato de cálcio, 30.000 toneladas de fertilizante e 8.000 toneladas de cal. No final dos anos 90, os produtos secundários passaram a gerar uma receita para o Grupo Guitang correspondendo a cerca de 40% das suas receitas totais (LOWE, 2001).

O Grupo Guitang possui planos para promover uma expansão futura incluindo:

- Uma fazenda de gado para produção de leite e carne utilizando folhas secas da cana-de-açúcar para alimentação do rebanho;
- A construção de uma fábrica para processamento de leite, leite em pó e iogurte para atendimento do mercado local;

- A construção de um frigorífico para processamento da carne e sub-produtos dos restos bovinos, tais como cola, a partir dos ossos;
- A construção de uma planta bioquímica para fabricação produtos nutricionais a base de aminoácidos e outros produtos utilizando sub-produtos do frigorífico;
- Desenvolver o cultivo de mushroom utilizando o esterco proveniente da fazenda de gado;
- Processar os resíduos do cultivo de mushroom nos campos de cultivo de cana-de-açúcar, como um fertilizante natural.

O exemplo do Grupo inspirou a cidade de Guigang a adotar um Plano de cinco anos para sua transformação em uma cidade Eco-Industrial. A forte dependência de sua economia na indústria açucareira vem impulsionando a busca por uma maior eficiência em seus processos. O Plano propõe uma integração dos pequenos agricultores à Guitang através da venda de seus sub-produtos para a empresa definindo metas para o aumento da utilização de sub-produtos. Também propõe o treinamento de gerentes de indústrias e do governo em princípios e métodos da ecologia industrial assim como de estratégias de produção mais limpa, entre outras medidas (LOWE, 2001).

Guitang e a liderança municipal vem sendo fortemente suportadas pela Agência de Proteção Ambiental da China, pelo Centro Nacional de Produção mais Limpa da China. A Academia Chinesa de Pesquisas em Ciências Ambientais também vem fornecendo importante apoio ao Grupo Guitang. Financiamento é provido localmente para facilitar a construção de sistemas de irrigação para as plantações de cana-de-açúcar (LOWE, 2001).

A economia dos países em desenvolvimento asiáticos consiste em um grande desafio para a ecologia industrial não só pela sua dimensão, mas também pela velocidade do seu desenvolvimento e as condições de alocação dos recursos.

3.4 Análise SWOT (*Strenght, Weaknesses, Opportunities and Threats*): forças, fraquezas, oportunidades e ameaças aos Parques Industriais Ecológicos

Chiu e Young (2004) utilizam o método da análise *SWOT* - *Strenght, Weaknesses, Opportunities and Threats* para identificar as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças aos Parques Industriais Ecológicos. A seguir serão abordados alguns dos aspectos levantados pelos autores assim como aqueles evidenciados nas experiências práticas acima relatadas:

3.4.1 Forças

- A existência de experiências de sucesso de PIEs comprovando que a proposta de desenvolvimento dos mesmos pode promover a redução da poluição ambiental e diminuição da pressão por recursos naturais, minimizando ou eliminando os impactos ambientais de complexos industriais, de forma associada à ganhos econômicos e sociais (LOWE, 2001).
- A crescente pesquisa sobre o tema pode ser considerada como um grande aliado. Existe um grande interesse acadêmico nas experiências bem sucedidas de países que já percorreram este caminho (CHIU, YOUNG, 2004). De fato, observa-se que a Universidade Cornell, em Nova Iorque,

iniciou em 14 de fevereiro de 1997 uma série de seminários intitulados “Ecologia Industrial: conectando negócios e o meio ambiente”. Registros referentes a 12 (doze) eventos encontram-se disponíveis na *homepage* da universidade, evidenciando a participação de Brad Allenby, vice-presidente de segurança, saúde e meio ambiente da AT&T Co.; John Ehrenfeld, professor e diretor do Programa de Negócios e Meio Ambiente do Instituto de Tecnologia de Massachusetts; Ray Cote, professor de gestão da Universidade de Dalhousie entre outras personalidades de referência no assunto. Adicionalmente, no estudo de caso apresentado para a China evidenciou-se o estreito apoio acadêmico associado à iniciativa empresarial de implantação do PIE pelo Grupo Guitang.

- O aumento da conscientização ambiental dos diversos atores da sociedade quanto à necessidade pela busca de um modelo de sociedade sustentável vem proporcionando uma maior aceitação e pré-disposição para o desenvolvimento de novas iniciativas, como por exemplo os Parques Industriais Ecológicos (CHIU, YOUNG, 2004).

3.4.2 Fraquezas

- Existe a preocupação de que se estabeleça uma interdependência entre empresas integrantes de um PIE e que, principalmente naqueles com pouca diversidade de empresas parceiras possa, eventualmente, não ser capaz de assegurar a continuidade de fluxos internos estabelecidos. Porém, considerando a possibilidade existente de múltiplas entradas e saídas pode-se vencer esse risco (TAVARES, 1999). Relações entre empresas podem ser

estabelecidas similarmente aquelas firmadas entre qualquer relação cliente – fornecedor, por exemplo, mantendo alternativas de abastecimento de materiais ou através de mecanismos contratuais que assegurem o fornecimento de um determinado produto.

3.4.3 Oportunidades

- A cooperação internacional surge como uma oportunidade para captação de recursos financeiros para o desenvolvimento de PIEs em países em desenvolvimento. Países asiáticos reúnem experiências de projetos de implantação de PIEs e outros projetos eco-industriais realizados em parceria com instituições internacionais como a UNEP, as Universidades de Dalhousie, Kaiserslautern e Yale, e o l’Insitut pour la Communication et l’Analyse des Sciences et des Technologies. Muitas destas experiências foram apresentadas na primeira conferência para o desenvolvimento de parques industriais realizada em Manila, nas Filipinas, em abril de 2001, que contou com cerca de 90 delegações da China, Índia, Indonésia, Malásia, Nepal, Paquistão, Filipinas, Singapura, Sri Lanka, Taiwan, Tailândia e Vietnã (CHIU, YONG, 2004). Outro exemplo é o *Eco-Industrial Park Handbook for Developing Countries in Asia*, que é um manual de autoria da *Indigo Development*, financiado pelo Banco de Desenvolvimento Asiático, no qual estratégias para a implantação de Parques Industriais Ecológicos em países em desenvolvimento na Ásia são discutidos. (LOWE, 2001).
- Através da participação em Parques Industriais Ecológicos as empresas passam a contar com oportunidades de redução de custos de produção devido ao aumento na eficiência do uso de materiais, água e energia, e devido à agregação de valor aos resíduos gerados, tornando as mais

competitivas, o que é um benefício especialmente importante nos dias atuais de extrema concorrência. Adicionalmente, através do compartilhamento de custos para o desenvolvimento de serviços comuns, tais como a administração conjunta de resíduos, treinamento, compras, administração de equipes de emergência, sistemas de informação ambiental, entre outros uma maior eficiência econômica também pode ser alcançada através da cooperação. Particularmente, para as pequenas e médias empresas, que possuem na maior parte das vezes dificuldade quanto ao acesso às informações, consultoria e *know-how*, a participação em PIEs pode auxiliar a superação de tais barreiras (FLEIG 2000 *apud* LOWE 2001). Os PIEs também podem levar um aumento do valor da propriedade para as empresas parceiras frente ao mercado imobiliário, assim como proporcionar uma melhoria de imagem do complexo industrial como um todo.

- Os PIEs trazem oportunidades para as comunidades locais em função da atração que as empresas exercem no sentido de abrirem nichos para expansão de novos negócios locais. Também representam para as comunidades uma oportunidade de participação em programas a serem criados pelas empresas visando a extensão dos benefícios econômicos e ambientais por toda a comunidade industrial (LOWE, 2001).
- Para o setor governamental os PIEs podem servir como uma oportunidade para a criação de políticas e regulamentos mais eficientes para o meio ambiente assim como para as indústrias, assim como auxiliar o processo de planejamento da ocupação de solo pelas indústrias (LOWE, 2001).
- Os PIEs consistem em uma oportunidade de acelerar processos de integração industrial, associando ganhos econômicos, ambientais e sociais

que eventualmente poderiam ocorrer espontaneamente, como por exemplo Kalundborg, na Dinamarca. Neste caso, as experiências passadas, de sucesso e de fracasso, servem como lições para os PIEs em implantação.

3.4.4 Ameaças

- A falta de cultura voltada para o estabelecimento de trabalhos cooperativos pode comprometer o desenvolvimento dos Eco-Parques Industriais. Isto porque um fator vital para o sucesso dos mesmos consiste na necessidade do estabelecimento de um estreito nível de colaboração e diálogo dos atores envolvidos em sua implantação e operacionalização (governo, indústria, instituições de ensino e pesquisa, sociedade civil, etc);
- A inexistência de uma metodologia de implantação e operacionalização de PIEs, tendo em vista a possibilidade deste poderem assumir as mais variadas configurações, acarreta em uma indefinição dos papéis a serem assumidos pelos diversos atores da sociedade neste processo (CHIU, YOUNG, 2004).
- A falta de definição de critérios estabelecendo o que efetivamente constitui um PIE dificulta a identificação de parques industriais que atuam parcialmente ou totalmente alinhados com sua filosofia. Adicionalmente, faz com que muitos parques industriais que não operam de acordo com os preceitos de um PIE se intitulem com tal, banalizando o instrumento.

4 A IMPLANTAÇÃO DE PARQUES INDUSTRIAIS ECOLÓGICOS NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

4.1 O Zoneamento Industrial na Região Metropolitana do Rio de Janeiro e os Parques Industriais Ecológicos

A industrialização brasileira foi iniciada no Rio de Janeiro, e apesar de em 1920 a primazia do maior centro industrial ter sido transferida para São Paulo, isto não significou uma estagnação ou retração do estado como pólo concentrador de indústrias. Ao contrário, em 1920, quando a população da cidade atinge a faixa de 1 milhão e 200 mil habitantes, as áreas disponíveis passaram a ser disputadas mais intensamente. As grandes indústrias passam a procurar a periferia e, as concentrações industriais, até então localizadas no Centro, na zona Portuária e em São Cristóvão, avançaram para outras áreas como Niterói, para as margens das estradas de ferro, e para os novos bairros de Botafogo, Lagoa, Andaraí e Tijuca (FUNDREN, 1982).

Em função do crescimento desordenado, o governo decide disciplinar a ocupação territorial no Rio de Janeiro, quando em 1937 é aprovado o primeiro decreto que estabeleceu uma política de zoneamento urbano. Este definiu zonas industriais, que em sua maioria acompanhavam a estrutura ferroviária existente ou então, no caso de bairros mais densamente povoados, determinava áreas específicas para o assentamento de indústrias (FUNDREN, 1982).

Contudo, os anos 40 se iniciam sem que o processo de implantação industrial siga perfeitamente as diretrizes do plano de zoneamento. Como decorrência direta da Segunda Guerra Mundial, as dificuldades para importação de manufaturados fazem com que as autoridades permitam a localização industrial em qualquer ponto da cidade. Ao

mesmo tempo, o rápido crescimento demográfico transforma algumas áreas anteriormente destinadas ao setor secundário em áreas residenciais. Por último, a partir da década de 50, quando o governo Juscelino Kubitscheck, passa a atrair fortemente a indústria automobilística para o país, a prioridade estabelecida para o transporte ferroviário perde substância com o desenvolvimento rodoviário e com o obsolescimento que rapidamente alcança as ferrovias. Assim, da década de 60 em diante as indústrias passam a se estabelecer junto aos eixos rodoviários, principalmente junto a Av. Brasil, a Rodovia Presidente Dutra e a Rodovia Washington Luís (FUNDREN, 1982).

Em 1981 o movimento em direção ao ordenamento do uso do solo é retomado, marcado pela publicação da Lei Estadual nº 466 que, de forma análoga a lei federal 6.803/80, instituiu 3 tipos de zonas para regular a localização das atividades industriais na Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ). São elas: Zonas de Uso Estritamente Industrial – ZEI; Zonas de Uso Predominantemente Industrial – ZUPI e Zonas de Uso Diversificado – ZUD. A RMRJ, composta pelos municípios do Rio de Janeiro, Belford Roxo, Duque de Caxias, Guapimirim, Itaboraí, Japeri, Magé, Nilópolis, Niterói, Nova Iguaçu, Paracambi, Queimados, São Gonçalo, São João do Meriti, Seropédica e Tanguá, foi definida como uma das 13 áreas críticas identificadas pela referida lei federal tendo em vista a grande concentração de indústrias nesta região. Ao Conselho Deliberativo da Região Metropolitana do Rio de Janeiro foi designada a função de delimitar e classificar as áreas definidas como ZEI e ZUPI. Aos municípios metropolitanos coube a definição das ZUDs.

De modo a executar o determinado pela Lei 466/81, em 1982 a FUNDREM - Fundação para o Desenvolvimento da Região Metropolitana publicou o estudo “Zoneamento Industrial Metropolitano”, elaborado a partir de uma comissão técnica que contou com a participação das seguintes instituições: Secretaria de Estado de Indústria,

Comércio e Turismo, FEEMA e Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Neste estudo consta o delineamento das ZEIs e ZUPIs, conforme metodologia de trabalho estruturada pela comissão, baseada na tipologia industrial e na oferta de fatores locacionais. Partiu-se da premissa que cada tipologia industrial é composta por atividades que mantêm uma relação de demanda, em graus diversos, com os seguintes fatores locacionais selecionados para nortear o zoneamento: disponibilidade de áreas; esgotamento sanitário; condições geotécnicas e topográficas; poluição do ar; poluição da água; mão-de-obra; telecomunicações; equipamento ferroviário de carga; equipamento rodoviário; sistema de transporte de passageiros; preço da terra; energia elétrica; abastecimento d'água e incentivos financeiros (FUNDREN, 1982).

Cabe aqui ressaltar que o estudo realizado, de caráter regional, e não municipal ou estadual, especificamente voltado para a RMRJ, surgiu embasado em uma diretriz legal federal, e na então existência de uma entidade como a FUNDREN, cuja abrangência de atuação era a RMRJ, mas que posteriormente foi extinta. Atualmente, a FEEMA conta com um Cadastro das Indústrias, que reúne informações do zoneamento industrial vigente na RMRJ, estando a cargo da Companhia de Desenvolvimento Industrial do Estado do Rio de Janeiro (CODIN) a administração das ZEIs (MAGRINI, MONTEZ, 2002).

Hoje a RMRJ conta com 56 zonas industriais, 11 ZEIs e 45 ZUPIs, que abrangem uma área total de 24.000 hectares. Cerca de 850 indústrias encontram-se localizadas nestas zonas, em um total de 3823, o que significa que apenas 22% do universo industrial da região metropolitana encontram-se nelas localizadas. Recentemente, um Diagnóstico do Zoneamento Industrial Metropolitano foi desenvolvido pela Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ) e pelo Instituto Brasileiro de

Administração Municipal (IBAM), a pedido da FEEMA, com recursos do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID). Os resultados obtidos da situação destas zonas industriais foram (MAGRINI, MONTEZ, 2002):

- 9 zonas apresentam perspectivas de expansão industrial pois ainda não estão totalmente saturadas do ponto de vista ambiental, urbanístico e/ou locacional;
- 17 não tem perspectiva de expansão, sendo que destas, 4 tiveram seu uso revertido para fins residenciais e 13 estão efetivamente saturadas sob todos os pontos de vista; e
- 30 têm perspectivas de expansão, mas condicionadas por aspectos ambientais, urbanísticos e/ou locais.

Magrini e Montez (2002) sugerem a priorização das 30 zonas (21 ZUPIs e 9 ZEIs) com perspectivas de expansão para serem aquelas alvo para verificação de possíveis complementaridades e sinergias entre as tipologias industriais ali existentes. Neste sentido propõem que seja feita uma avaliação da pertinência da implantação de Parques Industriais Ecológicos, indicando uma análise prioritária das 9 ZEIs, tendo em vista a existência de um agente administrador de tais áreas, que é a CODIN, e sob a perspectiva de contar com a instituição apoiando este processo.

Sob uma ótica essencialmente voltada para o reaproveitamento dos resíduos de uma indústria pela outra, Magrini e Montez (2002) apontam para a Bacia de Sepetiba, em particular as de Campo Grande, Santa Cruz e Campo Alegre, como as mais adequadas para a implantação de PIEs, por apresentarem tipologias industriais mais diversificadas e maiores perspectivas potenciais de complementaridade. Em relação às

ZEIs de Paciência e Palmares, por serem relativamente pequenas e constituídas por poucas indústrias, sugerem que sejam deixadas para uma fase posterior. Quanto as 4 ZEIs com possibilidades de expansão industrial situadas na bacia da Baía de Guanabara, que de um modo geral apresenta uma situação de maior saturação ambiental, urbanística e locacional do que a Bacia de Sepetiba, sugerem que sejam buscadas soluções alternativas aos PIEs, tendo em vista que tais zonas apresentam uma maior homogeneidade de tipologias industriais.

É interessante ressaltar que o estudo realizado por Magrini e Montez (2002) estabelece a associação de um instrumento da gestão pública, que é o zoneamento industrial, para auxiliar o processo de implantação de um instrumento de gestão cooperativa, que é o Parque Industrial Ecológico. Contudo, veremos a seguir, na seção 4.2, a partir do histórico que será apresentado sobre a iniciativa realizada no Estado do Rio de Janeiro para impulsionar a implantação dos PIEs, capitaneada pelo governo estadual, a seleção dos locais para criação destes Eco-Parques não foi fundamentada e associada a nenhuma política ou instrumento da gestão ambiental pública.

4.2 O Programa Rio Ecopolo

Nesta seção o processo de criação do “Programa Rio Ecopolo”, que foi uma iniciativa pioneira no Estado do Rio de Janeiro e no país, para instituição oficial de Parques Industriais Ecológicos, neste caso denominados “Ecopolos”, será apresentada e documentada, tendo em vista a precariedade de registros que reúnam informações sobre o assunto e a necessidade de se criar uma memória a respeito desta iniciativa. Adicionalmente, informações sobre o atual estágio em que se encontram os PIEs

implantados serão relatadas e uma análise crítica sobre seus sucessos e fracassos será feita.

Em meados de maio de 2002 foi dado início ao Programa Rio Ecopolo, que no caso da experiência fluminense foi liderado pela FEEMA. O primeiro passo consistiu na identificação de empresas interessadas em aderir-lo, em caráter voluntário. Conforme mencionado anteriormente, a seleção das empresas foi feita pelo órgão ambiental de forma aleatória, partindo-se da identificação de áreas com alta concentração industrial, e para as quais foi verificada a pré-disposição das indústrias locais em participar do Programa. O sucesso desta mobilização inicial, conquistada durante a fase de lançamento do Programa, contou com o estreito apoio da Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro – FIRJAN, que é um importante agente de articulação industrial.

Segundo o Programa Rio Ecopolo as empresas voluntárias deveriam prontificar-se a assumir os seguintes compromissos apontados pelo órgão ambiental fluminense, de forma individual e coletiva (FEEMA, 2002):

- a) Participar do projeto Ecopolo;
- b) Buscar a excelência ambiental;
- c) Desenvolver um Sistema de Gerenciamento Ambiental – SGA;
- d) Praticar a produção mais limpa;
- e) Buscar melhorias contínuas: ambientais, sociais e econômicas;
- f) Contribuir para a conservação e melhoria do meio ambiente local;
- g) Apoiar e participar em ações e projetos comunitários, na sua área de influência.

Para alcançar tais compromissos e efetivamente criar um Ecopolo, o Programa foi estruturado em cinco fases principais (FEEMA, 2002):

- a) Assinatura de Termo de Compromisso entre FEEMA e empresas integrantes do Ecopolo;
- b) Emissão de um Certificado de criação do Ecopolo pela FEEMA;
- c) Elaboração de um Plano de Gestão pelas empresas integrantes do Ecopolo;
- d) Implantação das Ações Propostas no Plano;
- e) Priorização por parte da FEEMA ao licenciamento das empresas integrantes dos Ecopolos.

Neste contexto, foram criados a partir desta iniciativa 4 Ecopolos, formalizados através da assinatura de Termos de Compromisso (fase 1), entre a FEEMA e as indústrias integrantes de seus respectivos Ecopolos. Cada indústria recebeu do órgão ambiental um certificado de criação do Ecopolo a que pertence (fase 2), intitulando-as, individualmente e nominalmente, como membro do seu respectivo Ecopolo. O Plano de Gestão (fase 3), assim como a implantação das ações propostas pelo Plano (fase 4), preconizado pelo Programa, deveriam ser desenvolvidos pelas próprias indústrias, através de modelo próprio, adequado as suas características e particularidades. Não foi estipulado pelo órgão ambiental um modelo padronizado, ou critérios específicos a serem seguidos para sua formulação. O intuito era que objetivos e metas conjuntas fossem definidas a partir do mapeamento e da priorização de interações potenciais a serem estabelecidas entre as empresas.

A prioridade a ser concedida às empresas integrantes dos Ecopolos no processo de licenciamento ambiental (fase 5) também foi prevista pela FEEMA como uma das fases do processo de criação de um Ecopolo. Tendo em vista a morosidade do processo

de licenciamento ambiental no Estado do Rio de Janeiro este compromisso surge como um importante incentivo governamental. Até os dias de hoje, não é pouco comum empresas aguardarem pela emissão ou renovação de suas Licenças de Operação por um, dois, três, quatro ou até cinco anos. Contudo, o presente estudo não pretende avaliar os motivos pelos quais o sistema de licenciamento chegou a um estágio tão crítico neste Estado. Neste caso, o que é interessante ressaltar é a interface estabelecida entre um instrumento de comando-e-controle com o instrumento cooperativo, de caráter voluntário, que é o PIE, vislumbrada como uma forma de se viabilizar o apoio governamental a este último.

Abaixo, a Tabela 3 apresenta uma relação dos 4 Ecopolos arregimentados, a qual aponta um total de 42 empresas envolvidas neste processo. Negociações para a instalação de um quinto Ecopolo, em Belford Roxo, foram iniciadas, contudo não foram à frente. Este seria composto a princípio por 4 empresas: Bayer, Tribel, Lubrizol e Air Liquid.

Tabela 3: Ecopolos lançados no Estado do Rio de Janeiro sob o Programa Rio Ecopolo.

Ecopolo	Número de Empresas	Município / Região	Data de Lançamento
Distrito Industrial de Santa Cruz	14	Rio de Janeiro	17 de setembro 2002
Distrito Industrial de Campos Elíseos	12	Duque de Caxias	24 de outubro de 2002
Sul Fluminense	3	Agulhas Negras	28 de novembro de 2002
Fazenda Botafogo	13	Rio de Janeiro	05 de dezembro de 2002

Fonte: elaboração própria

Adicionalmente aos Ecopolos acima mencionados, o Ecopolo de Paracambi foi criado a partir de uma iniciativa direta do governo municipal, constituindo-se em um pólo industrial em início de implantação. Este recebeu apoio e reforço da FEEMA através do Programa Rio Ecopolo.

Na tabela 3 acima apresentada também se encontram as datas dos eventos comemorativos realizados para caracterizar o lançamento de cada um dos Ecopolos implantados, nos quais foram celebradas as assinaturas dos Termos de Compromissos, além da entrega às empresas do Certificado de Criação pelo órgão ambiental. Podemos notar que estes lançamentos ocorreram muito próximos uns dos outros, durante o período de setembro a dezembro de 2002. Isto deveu-se ao fato da então gestão da FEEMA ter apenas o período de 9 meses para atuação, com término marcado para dezembro de 2002, em função do contexto político da época.

O desafio de estruturar e implementar, num espaço de tempo tão curto, um Programa bastante ousado como o Rio Ecopolo, foi grande. Ciente da cultura existente no Brasil como um todo, de descomprometimento com projetos instituídos por gestões anteriores, o Programa Rio Ecopolo foi calcado em alguns instrumentos, como os Termos de Compromisso e Certidões de Criação mencionados anteriormente, e a criação de uma linha de financiamento, via decreto estadual, que será abordado com mais detalhes adiante, na seção 4.4.1. O objetivo era garantir o prosseguimento do Programa de forma relativamente independente do apoio governamental, após o “pontapé” inicial de estruturação e implantação. Contudo, a partir de 2003, o governo estadual não deu apoio a continuidade ao Programa. Por um lado podemos dizer que não houve vontade política em apoiá-lo, mas por outro, o Programa não foi efetivamente criado em uma base sólida. O senso de trabalho cooperativo, seja ele nas relações governo-indústria, indústria-indústria ou governo-governo, indispensáveis para a viabilização de um Parque Industrial Ecológico, sem aqui desconsiderar a importância de outros atores neste contexto, não pode ser instituído e garantido através apenas de alguns documentos.

A seguir, será apresentado um breve resumo do que foi desenvolvido como resultado desta iniciativa até fevereiro de 2005, ou seja, aproximadamente dois anos e meio após a implantação do primeiro Ecopolo, como resultado da continuidade dada ao Programa a partir da mobilização das industriais e das associações de indústrias locais. A obtenção de informações foi feita a partir de entrevistas com representantes de indústrias integrantes dos Ecopolos tendo em vista a praticamente inexistência de documentos disponíveis para consulta pública sobre o que foi desenvolvido no âmbito de cada um.

4.2.1 Distrito Industrial de Santa Cruz

No dia 17 de setembro de 2002, foi realizado o lançamento do primeiro Ecopolo, o do Distrito Industrial de Santa Cruz, na zona oeste do Rio de Janeiro, composto por 14 empresas. São elas: Gerdau Cosigua, Valesul Alumínio, Novartis, Casa da Moeda, Furnas, Pan Americana, Basf, Fábrica Carioca de Catalisadores - FCC, Latasa, Sicpa, Morganite, Ecolab, Aciquímica e Nuclep. Suas ações vem sendo desenvolvidas através da AEDIN – Associação de Empresas do Distrito Industrial de Santa Cruz, através da sua Diretoria de Desenvolvimento Sustentável, sob a liderança da Gerdau Cosigua (FIRJAN, 2002a) .

Dentre os Ecopolos instituídos foi o único que tornou público o seu Plano de Ação, através de um documento, o “Relatório de Sustentabilidade - Ecopolo Industrial de Santa Cruz”, estabelecendo propostas de gestão ambiental compartilhada planejadas para 2003-2004. As três prioridades destacadas no documento para início dos trabalhos pelo Ecopolo foram (AEDIN, 2003):

- Desenvolver programas de gestão integrada de resíduos e coleta seletiva;

- Promover o Intercâmbio técnico-científico e gestão ambiental mais integrada entre empresas;
- Estimular à instalação de empresas que possuam interação com as diversas cadeias produtivas.

Outras necessidades identificadas como sendo de igual relevância, propostas a serem tratadas de forma paralela ou seqüencial, dependendo do grau de necessidade ou oportunidade foram:

- Avaliação / monitoramento da qualidade do ar;
- Monitoramento da rede de drenagem;
- Programa de capacitação em gestão ambiental;
- Reflorestamento na região com espécies nativas;
- Apoio a iniciativas ambientais na região;
- Facilitar acesso à legislação e agilizar os processos de adequação aos requisitos legais;
- Agilizar a obtenção de infra-estrutura básica de responsabilidade do poder público;
- Prestação de serviço entre empresas do Ecopolo.

No início do ano de 2005 das 14 empresas inicialmente engajadas no projeto apenas 5 estavam exercendo uma participação mais ativa. Reuniões no âmbito da Diretoria de Desenvolvimento da AEDIN continuam a serem promovidas, bimestralmente. Dentre as 3 prioridades inicialmente identificadas para este Ecopolo pôde-se verificar que esforços ainda vem sendo destinados para o alcance dos mesmos, contudo de forma lenta. Até março de 2005 espera-se a contratação de 5 estagiários para

auxiliar na promoção da consolidação de um inventário de resíduos para o Ecopolo de Santa Cruz a partir do pré-mapeamento existente em cada empresa. Isto vem de encontro aos dois primeiros itens acima descritos, pois se por um lado será construída uma base de dados para viabilizar estudos de reaproveitamento, reciclagem e/ou tratamento e disposição final conjunto dos resíduos gerados localmente, por outra estará fomentando a formação de estudantes universitários. Em relação à terceira prioridade definida para o Ecopolo, de se estimular negócios co-relacionados com às atividades industriais locais, uma estreita ação entre empresas e governo era esperada. Em função da descontinuidade do apoio governamental ao Programa, projetos relacionados a este item não foram concretizados. Contudo, duas outras propostas despontam na pauta do Ecopolo de Santa Cruz: a duplicação do horto florestal mantido por uma das empresas e a confecção de cartilhas educativas, no sentido de contribuir para um aumento da conscientização ambiental local.

No caso do Ecopolo do Distrito Industrial de Santa Cruz, alguns outros fatores que contribuíram para o esvaziamento da iniciativa podem ser apontados, tais como: a falta de disponibilidade de tempo dos representantes das próprias empresas integrantes do Ecopolo para dedicação ao desenvolvimento do mesmo; falta de recursos financeiros destinados à condução de projetos conjuntos e mudanças nas lideranças de algumas das empresas, não garantindo a adesão e o empenho das mesmas. Em relação a este último ponto foi percebido que as empresas que mantiveram o maior engajamento no desenvolvimento do Ecopolo são aquelas certificadas pela ISO 14.001 ou aquelas que estão em busca da certificação. Isto caracteriza que as empresas que buscam implantar sistemas de gestão ambiental de forma individual em suas unidades são também aquelas que estão mais sensibilizadas e preparadas para o desenvolvimento de trabalhos

conjuntos, no sentido de dar um passo adiante, na direção da promoção da gestão ambiental compartilhada.

4.2.2 Distrito Industrial de Campos Elíseos

O segundo Ecopolo instituído foi no distrito industrial de Campos Elíseos - Duque de Caxias, no, em 24 de outubro de 2002, e as empresas signatárias, que atenderam ao convite da FEEMA foram: REDUC, Petroflex, Nitriflex, Polibrasil, Ale Combustíveis, Rio Polímeros, Supergasbrás, White Martins, Ipiranga Asfalto, Cia. Brasileira Ipiranga de Asfalto, Condomínio Real Minas e Termorio. O pólo conta com a ASSECAMPE – Associação das Empresas de Campos Elíseos como agente articulador de ações industriais locais (FIRJAN, 2002b).

Apesar das empresas não terem consolidado um Plano de Ação para o Ecopolo, definindo objetivos e metas conjuntas a serem alcançadas, algumas importantes iniciativas surgiram a partir de interações entre as empresas. Algumas delas foram:

- **Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar:** em 2002 um convênio foi firmado entre REDUC, Petroflex, Nitriflex, Polibrasil, Rio Polímeros e Termorio, através da ASSECAMPE, e FEEMA, para a implantação de uma rede de monitoramento da qualidade do ar para a Bacia Aérea de Campos Elíseos. Este processo caminhou para a busca de uma solução conjunta, a partir de restrições individuais do processo de licenciamento ambiental deste grupo de empresas para o monitoramento da qualidade do ar do Pólo Petroquímico de Campos Elíseos. Em 2003 foi realizado um inventário das emissões atmosféricas provenientes das fontes estacionárias destas empresas, e a partir dos dados coletados um estudo de dispersão definiu as

localizações apropriadas para instalação de 5 estações de monitoramento. Em março de 2004 foi iniciado um processo de validação dos resultados analíticos gerados pelas estações e a partir de junho daquele mesmo ano um histórico das condições atmosféricas da região começou a ser produzido. As condições meteorológicas são continuamente monitoradas e os parâmetros a serem analisados foram definidos pelo órgão ambiental fluminense. Os dados são transmitidos “on-line” para FEEMA. A previsão é que em 2005 mais uma estação venha integrar a atual rede implantada.

- **Medidas Compensatórias:** a Rio Polímeros é uma empresa em fase de implantação no pólo de Campos Elíseos que irá produzir polietileno a partir do gás natural, com a perspectiva de iniciar suas operações no segundo semestre de 2005. Como medida compensatória vem promovendo o replantio de mangue em uma área de 10 hectares. Como a Petroflex, uma das empresas pertencentes ao pólo, já possuía um programa consolidado para recomposição de áreas de manguezal em sua propriedade, com assessoria técnica da Fiocruz, aproximadamente 8,1 hectares do previsto para replantio pela Rio Polímeros foi feito através de uma parceria estabelecida entre as empresas. Maior agilidade no processo de realização do projeto, compartilhamento de custos fixos inerentes ao seu desenvolvimento e o estreitamento do relacionamento entre as empresas são alguns dos benefícios a serem destacados através desta iniciativa. Os restantes 1,9 hectares de mangue a serem replantados foram feitos na Ilha do Fundão, sob a coordenação da UFRJ.
- **Apoio à iniciativas sócio-ambientais na região:** outro projeto em desenvolvimento conjunto pela Rio Polímeros e Petroflex consiste na

estruturação de uma cooperativa para coleta de materiais recicláveis em uma comunidade localizada nos arredores do Pólo Petroquímico de Campos Elíseos. O objetivo é auxiliar o desenvolvimento local e criar uma geração de renda alternativa para uma de suas comunidades vizinhas, neste caso associando aspectos sociais e ambientais. Um galpão foi construído e equipamentos foram doados à cooperativa, membros da comunidade interessados em trabalhar no projeto foram treinados e orientação está sendo fornecida para que a cooperativa obtenha a documentação aplicável às suas atividades.

- **Interconexões industriais:** a chegada da Rio Polímeros no Pólo Petroquímico também vem alavancando algumas importantes relações entre as empresas locais no que diz respeito ao fornecimento/recebimento de matérias-primas/sub-produtos. Por exemplo, o envio de etano e propano para a empresa será feita pela REDUC, extraídos do gás natural proveniente da Bacia de Campos que era até então queimado em *flares*. Este é obtido como resultado do processo de exploração de petróleo, sem até então haver uma aplicação econômica para o mesmo. O processo produtivo da Rio Polímeros gera como sub-produtos hidrogênio e propeno, e estes gases serão enviados, via dutos, para REDUC e Polibrasil, respectivamente. Em relação à captação de água do Rio Guandu para abastecimento da REDUC e da Rio Polímeros, esta também está sendo feito de forma conjunta, através da construção de um duto que será compartilhado entre as empresas.
- **Recrutamento de empresas:** a entrada da Rio Polímeros no Pólo Petroquímico acarretou na implantação de uma unidade da AGA, para

fabricação de nitrogênio, que abastecerá a empresa com o referido gás, necessário às suas operações.

As ações conjuntas acima relatadas são apenas alguns exemplos de interações surgidas no Pólo Petroquímico, sendo que muitas delas são resultantes da entrada da empresa Rio Polímeros neste distrito industrial. Apesar da configuração das relações entre empresas que vem sendo estabelecidas virem de encontro ao que se é esperado de um Ecopolo, seus benefícios não são mensurados. Isto, em conjuntamente com a falta de um registro sistemático do que é feito de forma cooperativa pelas empresas dificulta o acompanhamento do seu desenvolvimento. A “bandeira” do Programa não é praticamente mais utilizada, ou seja, as iniciativas desenvolvidas não são caracterizadas como fruto de uma aproximação maior estabelecida entre as empresas a partir do Programa Rio Ecopolo, mas sim como um processo espontâneo a partir do relacionamento já existente promovido pela ASSECAMPE.

Ainda em relação ao Pólo Petroquímico de Campos Elíseos vale o relato de duas importantes iniciativas implementadas em 1992, anteriormente ao Programa Rio Ecopolo, e que são excelentes exemplos de atuação conjunta entre as empresas. São elas os programas PAM – Plano de Auxílio Mútuo e APELL – *Awareness and Preparedness for Emergencies at the Local Level*. O primeiro é voltado para o atendimento à emergências que eventualmente venham a ocorrer nas empresas do pólo. Através de uma estrutura de comunicação estabelecida, as empresas são treinadas para acionarem umas as outras. Isto faz com que a disponibilidade de recursos e de pessoal capacitado para combate seja prontamente “multiplicada” para todas as empresas que integram o PAM, no caso de um sinistro em alguma das unidades industriais. Adicionalmente, em 2004, as empresas também se mobilizaram para criação do GOPP – Grupo de

Operações de Produtos Perigosos. Este é um grupo especial do corpo de bombeiros, vinculado ao governo do estado e financiado pelas empresas do pólo, preparado para o combate à emergências em indústrias. Sua base é localizada no próprio pólo industrial de Campos Elíseos, possibilitando um pronto atendimento às empresas. O segundo programa acima mencionado, o APELL, é um programa concebido pela UNEP – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, que encorajada sua adoção em todo o mundo. Estabelece a necessidade de se promover a conscientização de comunidades vizinhas à plantas industriais sobre os riscos inerentes aos seus processos, e a estruturação de um plano de evasão no caso de emergências em que isto se faça necessário (UNEP, 1997). Assim, o Pólo Petroquímico de Campos Elíseos implementou o APELL CE (Campos Elíseos). Um aspecto interessante consiste na aproximação proporcionada pelo Programa entre empresas e comunidades locais, auxiliando o estabelecimento de uma relação de maior confiança entre ambas as partes. Tanto o PAM quanto o APELL são custeados pelas empresas do pólo, sendo válido ressaltar que ações deste porte só são possíveis de serem conquistadas e estabelecidas em função de um bom nível de organização local e senso de cooperativismo, sendo a ASSECAMPE um importante e atuante agente articulador neste sentido.

Face ao exposto, é interessante ressaltarmos dois pontos evidenciados pela experiência do Ecopolo do Distrito Industrial de Campos Elíseos. O primeiro é que em função da capacidade de organização, evidenciada pelos programas PAM e APELL, e mais recentemente pelo programa implementado para monitoramento da qualidade do ar, o potencial de contínuo desenvolvimento do Pólo de Campos Elíseos como um Ecopolo é significativa. O segundo consiste na evidência prática de como a entrada de uma nova empresa em um pólo industrial pode trazer benefícios a outras empresas, neste caso em função das potenciais interfaces entre seus processos produtivos.

4.2.3 Região Sul Fluminense

O Ecopolo da região das Agulhas Negras, lançado em 28 de novembro de 2002, foi formado pelas seguintes três empresas: Clariant, Basf e Volkswagen Caminhões e Ônibus (FIRJAN, 2002c). A expectativa era que outras empresas aderissem à iniciativa, mas isto não chegou a acontecer.

A Regional da FIRJAN – Sul Fluminense atua como um importante agente articulador das empresas nesta região, havendo inclusive uma Comissão de Meio Ambiente que abrange um universo de empresas mais amplo do que o das empresas que se prontificaram a fazer parte do Ecopolo. Assim, apesar de haver um bom nível de integração entre empresas nesta região, o programa não surtiu o efeito de atuar como uma mola propulsora para a realização de programas conjuntos mais ousados entre as empresas integrantes do Ecopolo.

4.2.4 Distrito Industrial da Fazenda Botafogo

O lançamento do Ecopolo da Fazenda Botafogo aconteceu no dia 05 de dezembro de 2002. Este é composto pelas seguintes 13 empresas: Armco Staco Indústria Metalúrgica, CRR – Centro de Reciclagem Rio, Ciba Especialidades Químicas, Cromos S.A. Tintas Gráficas, Eninco Eng. Ind. Com. Ltda., Estoque – Estocagem Indústria Frigorífica, Pan-Americana S.A. Indústrias Químicas, Socan Produtos Alimentícios Ltda., SRR Equipamentos Ltda, Sumatex Produtos Químicos, Supergasbrás, Usina Nova América – UNA e Manufaturas KING. As ações deste Ecopolo também vem sendo desenvolvidas através da associação de indústrias local,

neste caso a ASDIN – Associação das Indústrias do Distrito Industrial da Fazenda Botafogo, sob a liderança da Pan-Americana S.A. Indústrias Químicas.

O processo preparativo para o lançamento deste Ecopolo contou com uma interessante iniciativa, que consistiu na promoção de um concurso entre os funcionários das empresas para o desenvolvimento de um logotipo para o Ecopolo. Foi realizado um processo de seleção para a escolha de uma das propostas recebidas e os autores dos melhores logotipos foram premiados no dia do evento. O logo vencedor é apresentado na Figura 9, abaixo:

Figura 9: Logotipo do Ecopolo da Fazenda Botafogo



Adicionalmente, participaram do evento de lançamento alunos de escolas públicas locais, os quais apresentaram desenhos cujo tema era o meio ambiente, e jovens que participam de projetos sociais mantidos pelas empresas da região. Tais iniciativas denotaram a vontade das empresas deste Ecopolo em tornar o processo de implantação o mais participativo possível, promovendo desde sua fase inicial o envolvimento de seus funcionários e da comunidade local.

A interação entre as empresas integrantes deste Ecopolo é feita a partir de reuniões mensais ocorridas sob o âmbito da ASDIN. Um Plano de Ação foi realizado para orientar ações conjuntas para o período de 2004/2006, destacando-se os seguintes programas a serem priorizados pelo grupo:

- Programa de gestão integrada de resíduos e coleta seletiva;
- Programa de intercâmbio técnico-científico;
- Programas de monitoramento da qualidade do ar e da água;
- Programa de capacitação em gestão ambiental;
- Programa de apoio às iniciativas ambientais na região;
- Programa para facilitar o acesso à legislação e agilizar os processos de adequação aos requisitos legais;
- Programa de prestação de serviços entre empresas do Ecopolo;
- Programa de desenvolvimento social.

Contudo, é interessante notar que Comissão do Ecopolo da Fazenda Botafogo estabeleceu um canal direto entre o público e todos os representantes das empresas que compõe o Ecopolo da Fazenda Botafogo, através de um e-mail (ecopolo@asdin.com.br) criado para esta finalidade.

Até o início de 2005 verificou-se que algumas iniciativas vêm sendo desenvolvidas de forma conjunta, a partir de subcomissões estabelecidas no âmbito da ASDIN. São elas:

- Subcomissão para elaboração de Regimento Interno:

A partir de maio de 2004 o Ecopolo da Fazenda Botafogo passou a contar com um regimento interno, aprovado por todas as empresas participantes deste Parque Industrial Ecológico.

- Subcomissão de Resíduos Industriais:

Responsável pelo levantamento dos resíduos gerados pelas empresas integrantes do Ecopolo de modo a gerar uma base de dados para viabilizar estudos que venham a otimizar o reaproveitamento, a reciclagem e/ou

tratamento e disposição final dos resíduos gerados localmente. Um exemplo pontual de destinação final conjunta de resíduos que passou a ser promovida a partir do estreitamento da interação entre as indústrias deste Ecopolo diz respeito a destinação final de lâmpadas fluorescentes. Foi estabelecido um convênio entre uma das empresas locais, a CRR – Centro de Reciclagem Rio, e a Brasil Recicle, empresa de reciclagem destas lâmpadas. A CRR atua como receptora destes resíduos provenientes do *pool* de empresas do Ecopolo, caracterizando uma relação de prestação de serviços firmada entre as empresas localmente, que então faz o envio para a recicladora, otimizando custos logísticos e de destinação para o grupo.

– Subcomissão de Segurança:

Apesar de não despontar como um item do Plano de Ação deste Ecopolo foi estabelecida esta subcomissão, que se está realizando o levantamento dos recursos existentes em cada uma das empresas para combate à emergências. A finalidade é implementar um programa de cooperação entre as empresas para combate conjunto à potenciais sinistros que possam ocorrer em alguma delas, similarmente a proposta do PAM, em Campos Elíseos.

Adicionalmente, o desenvolvimento de atividades sociais a partir da integração das iniciativas, atualmente conduzidas individualmente pelas empresas, também vem sendo estudada. Ênfase será dada a educação ambiental vinculada à atividades culturais, esportistas e escolares.

Em termos de resultados concretos alcançados a partir da implantação do Ecopolo, acima descritos, podemos observar que estes também são ainda tímidos. Similarmente ao caso do Ecopolo do Distrito Industrial de Santa Cruz, o Plano de Ação

estabelecido para o Ecopolo da Fazenda Botafogo é vago, apenas definindo assuntos de interesse do grupo e não efetivamente definindo objetivos e metas a serem atingidos. Assim, estes Planos de Ação acabam por não cumprir sua proposta de funcionar como um documento de orientação para o efetivo desenvolvimento dos Eco-Parques. Contudo, vale a lembrança de que mesmo após mais de dois anos de implantados, as empresas e as associações de indústrias de ambos os Ecopolos, conseguiram manter um nível de interação tal que estes se perpetuaram até os dias de hoje, mesmo que de forma ainda não muito intensa.

4.2.5 Paracambi

A implantação de um novo parque industrial no município iniciou-se com uma Lei de Incentivos Fiscais – Lei Municipal 552, de 05 de fevereiro de 2001. Hoje, sob a égide desta nova legislação, algumas empresas estão se estabelecendo no município nas recém criadas Áreas Industriais I e II, que oferecem um total de 150 lotes. A Lei assegura benefícios às empresas, por até 60 anos, que criem no mínimo trinta novos postos de trabalho, preferencialmente voltados para atender os moradores locais.

Na ocupação das áreas industriais estão envolvidas um total de 13 empresas. Entre elas uma dosadora de concreto já está estabelecida e até dezembro de 2004 uma metalúrgica encontrava-se em processo de implantação. Com contrato assinado para vir para o município encontram-se sete empresas e outras quatro estão em fase adiantada de negociações.

Uma das áreas criadas, a Área Industrial I, foi inaugurada sob o título de “Ecopolo Paracambi”. Conforme informações obtidas na *homepage* da prefeitura

municipal “trata-se de uma área construída obedecendo a rigorosos padrões de preservação ambiental, que beneficiará as empresas que se instalarem no local com o padrão ISO 14000 – de excelência em meio ambiente”. Contudo, nenhum registro com informações relativas aos critérios de planejamento tanto da configuração da área física destinada ao Ecopolo quanto dos critérios de recrutamento das empresas encontra-se disponível. Assim, torna-se difícil avaliar se o Ecopolo Parambi vem efetivamente sendo construído a partir dos preceitos de Parques Industriais Ecológicos, ou se se constituirão em simplesmente mais distrito industrial.

4.3 A experiência do Pólo Petroquímico de Camaçari como contribuição ao Programa Rio Ecopolo

Apesar do Rio de Janeiro ter sido o único estado brasileiro a lançar um programa para o desenvolvimento de Parques Industriais Ecológicos, alguns representativos pólos industriais existentes no Brasil, tais como o de Camaçari, na Bahia, e o de Triunfo, no Rio Grande do Sul, possuem um nível de integração bastante intenso, inclusive no que tange os aspectos ambientais, porém não são intitulados como PIEs. Por exemplo, os pólos acima citados contam com empresas especializadas para tratamento conjunto de seus efluentes e resíduos industriais, a CETREL S.A.– Empresa de Proteção Ambiental e o SITEL – Sistema Integrado de Tratamento de Efluentes do Pólo Petroquímico do Sul, respectivamente.

Particularmente em relação à CETREL, a empresa coordena algumas outras interessantes ações coletivas, custeadas pelas empresas do pólo, tais como: a) um programa de monitoramento de águas subterrâneas para o Pólo de Camaçari, o que é extremamente importante para as indústrias lá localizadas, tendo em vista que 50% da

água que as abastece, e que é de excelente qualidade, é proveniente do aquífero São Sebastião, sobre o qual as indústrias foram instaladas; b) programa de monitoramento da qualidade do ar da região, implementado desde o início da década de 90; c) monitoramento da costa litorânea, tendo em vista que após o tratamento conjunto dos efluentes do pólo este é lançado no mar, através de um emissário submarino; d) programas de produção mais limpa com empresas do pólo, em parceria com a UFBA – Universidade Federal da Bahia e com SENAI/Cetind, entre outras. Os programas de monitoramento implantados fornecem uma importante visão holística dos aspectos ambientais do Pólo Petroquímico de Camaçari, e foram frutos de processos de discussões técnicas e acordos estabelecidos entre as empresas, a CETREL e o órgão ambiental da Bahia, CRA – Centro de Recursos Ambientais. Estes contam com o apoio de sofisticados softwares de modelagem matemática e equipe altamente especializada para o seu desenvolvimento e acompanhamento, sendo bastante importante o compartilhamento de custos em programas com este escopo de trabalho e desta natureza.

Assim, o Estado do Rio de Janeiro foi o único no país a ter oficialmente declarado contar a existência de Ecopolos, contudo é possível que alguns outros estados brasileiros tenham bastante a contribuir sobre o assunto, devido ao nível de integração industrial desenvolvido em relação às questões ambientais, identificadas em alguns deles. Em função da falta de definição concreta do que efetivamente se constitui um Parque Industrial Ecológico e devido ao fato do conceito ser ainda embrionário no país, a identificação e classificação dos mesmos torna-se um tanto difícil, pela subjetividade. Contudo, o que se pode afirmar é que um debate mais abrangente com enfoque na troca de experiências entre pólos industriais brasileiros, como os acima mencionados, com o intuito de se estudar os diferentes modelos em que se firmaram interações industriais

locais, poderia contribuir para o desenvolvimento dos Ecopolos fluminenses, assim como auxiliar a promoção da divulgação e a discussão do assunto no país.

4.4 Projetos correlacionados ao Programa Rio Ecopolo

A implantação de alguns projetos correlacionados ao Programa Rio Ecopolo foram planejados pela FEEMA, de modo a auxiliarem a concretização e a operacionalização dos Ecopolos. São eles:

- Projeto CODIN/FUNDES
- Programa de Apoio ao Desenvolvimento dos Ecopolos de Reciclagem

A seguir a concepção e a evolução de cada um deles é comentada.

4.4.1 Projeto CODIN/FUNDES

A Companhia de Desenvolvimento Industrial do Estado do Rio de Janeiro – CODIN é a empresa responsável por fomentar o desenvolvimento econômico no Estado, através de iniciativas que promovam o fortalecimento das cadeias produtivas. Empreendendo ações efetivas para cumprir sua missão de: *promover o desenvolvimento econômico do Estado do Rio de Janeiro, por meio da atração de investimentos ambientalmente adequados e do fortalecimento da atividade produtiva, visando a geração de trabalho e renda*, a CODIN assessora o empresariado interessado em expandir ou implantar projetos industriais no Estado do Rio de Janeiro” (CODIN, 2004).

Uma das iniciativas da CODIN foi a operacionalização do Fundo de Desenvolvimento Econômico e Social - FUNDES, regulamentado em 10 de janeiro de 1997, através do Decreto 22.921. Este fundo tem por objetivo a destinação de recursos à órgãos e entidades de direito público e privado para custear, total ou parcialmente, obras de infra-estrutura e de interesse público, bem como programas e projetos considerados

prioritários para o desenvolvimento econômico e social do Estado, de acordo com modalidades de atuação específicas.

De modo a incentivar o Programa Rio Ecopolo foi instituído o Projeto CODIN/FUNDES, através do Decreto 31.339 de 04 de Junho de 2002. Este consistiu na instituição de uma nova linha de financiamento para as indústrias, via mecanismo de abatimento do ICMS, para o atendimento de projetos com as seguintes características:

a) Projetos visando à adoção de processos de produção mais limpa.

Investimento mínimo de 60.000 UFIR's-RJ.

Limite de crédito: até 200% do investimento fixo realizado.

b) Projetos visando à transformação de resíduos e despejos em geral em matérias-primas.

Investimento mínimo de 80.000 UFIR's-RJ.

Limite de crédito: até 150% do investimento fixo realizado.

c) Projetos visando à reutilização de água no processo produtivo e/ou a reciclagem de resíduos em geral.

Investimento mínimo de 100.000 UFIR's-RJ.

Limite de crédito: até 100% do investimento fixo realizado.

No caso de projetos conduzidos por duas ou mais empresas de forma conjunta, os limites de crédito estabelecidos seriam proporcionais ao investimento realizado por cada uma das empresas.

Conforme estabelecido pelo Decreto, as empresas interessadas em acessar esta linha de financiamento deveriam submeter um projeto à CODIN, através de Carta-Consulta, a qual deveria ter sido padronizada pela instituição juntamente com a FEEMA, até 30 (trinta) dias após sua edição. Uma minuta de roteiro para apresentação

de projetos pelas empresas, assim como um guia de avaliação com os critérios para enquadramento de projetos pela CODIN / FEEMA foram elaborados em caráter preliminar, contudo não foram tornados documentos oficiais.

Como resultado deste processo, recursos do CODIN/FUNDES para o desenvolvimento de projetos ambientais do Programa Rio Ecopolo não foram operacionalizados, ou seja, não foram efetivamente disponibilizados para as empresas.

4.4.2 Programa de Apoio ao Desenvolvimento dos Ecopolos de Reciclagem no Estado do Rio de Janeiro

Com o objetivo de impulsionar um programa para promover o desenvolvimento da cadeia produtiva da reciclagem, o Programa de Apoio ao Desenvolvimento dos Ecopolos de Reciclagem no Estado do Rio de Janeiro foi instituído, através do Decreto 32.537, de 26 de dezembro de 2002. Este propõe a implantação de uma Comissão Diretora e um Grupo Técnico Executivo. A primeira, com a função de elaborar diretrizes e políticas para o Programa além de incentivos especiais, setoriais e regionais. Ao segundo, compete a implementação das decisões da Comissão, o acompanhamento da implantação dos Ecopolos de Reciclagem, bem como de suas atividades.

Contudo, tal iniciativa consistiu somente em um ato burocrático, pois nada além da publicação do referido Decreto foi realizado sob o seu escopo de trabalho. O Programa Ecopolos de Reciclagem foi oficializado nos últimos dias antes de encerrar a gestão de Paulo Coutinho na FEEMA, não acrescentando muito ao processo.

No que diz respeito ao reaproveitamento de resíduos entre empresas, em uma abrangência regional, e não mais local (neste caso caracterizando-se como um Intercâmbio de Sub-Produtos (ISP), conforme definição apresentada no capítulo 3)

destaca-se a iniciativa da Bolsa de Resíduos da FIRJAN. Lançada no dia 08 de junho de 2000, trata-se de um “classificados” onde empresas anunciam oferta e procura de resíduos (FIRJAN, 2000). Em dezembro de 2004 cerca de 165 empresas encontravam-se cadastradas, registrando 329 anúncios de oferta e 89 de procura (FIRJAN, 2004b). Segundo pesquisa realizada com uma amostragem de 30% das empresas cadastradas em 2002, 50% destas empresas receberam consultas, sendo que 20% realizaram negócios. Estes últimos representaram um reaproveitamento de 90 toneladas de resíduos e um retorno financeiro direto de R\$ 20.000,00. Ressalta-se ainda que este valor não contabiliza a economia indireta proporcionada pelos resíduos com menor valor agregado, ofertados gratuitamente. Neste caso, apesar de não ser instituída uma transação monetária imediata, a empresa que doa seus resíduos economiza recursos antes despendidos no armazenamento e destinação deste material, e a empresa receptora ao reaproveitar no seu processo produtivo materiais antes descartados (FIRJAN, 2002d).

Podemos dizer que a Bolsa de Resíduos consiste em um importante instrumento facilitador na promoção do reaproveitamento de resíduos entre empresas, notando-se até o registro de anunciantes dos Estados de São Paulo e Minas Gerais na Bolsa de Resíduos do Rio, caracterizando o interesse inter-estadual de participação no mesmo. Podemos dizer que, o valor agregado do resíduo e/ou o custo do transporte são os fatores que delimitarão o alcance das trocas entre empresas, nos casos em que seu reaproveitamento é possível. Outros estados brasileiros, tais como Ceará, São Paulo e Paraná, também contam com Bolsas de Resíduos, todas gerenciadas pelas suas respectivas federações de indústrias.

Um outro trabalho de grande relevância foi a pesquisa “Gestão para Reaproveitamento de Materiais nas Indústrias do Estado do Rio de Janeiro”, cujos resultados foram apresentados em março de 2004 pela FIRJAN e pelo SEBRAE-RJ,

com o apoio técnico do Centro Internacional de Desenvolvimento Sustentável (CIDS/EBAPE) da Fundação Getúlio Vargas (FIRJAN, 2004c). Levantamentos como este são de grande valia no sentido de viabilizar um acompanhamento quantitativo e qualitativo sobre os resíduos sólidos industriais, auxiliando a implantação e o direcionamento de projetos eco-industriais.

5 CONCLUSÕES

O Programa Rio Ecopolo foi certamente uma iniciativa ousada e inovadora no sentido de implantar e estimular a operacionalização de Parques Industriais Ecológicos no Estado do Rio de Janeiro. Foi particularmente importante para os Ecopolos do Distrito Industrial de Santa Cruz e do Distrito Industrial da Fazenda Botafogo, pois foi através do Programa que um processo sistemático de maior integração foi iniciado, principalmente entre os profissionais da área de meio ambiente das empresas lá estabelecidas. As associações de indústrias locais, AEDIN e ASDIN, vêm se mostrando como importantes agentes articuladores no sentido de manter uma constante troca de informações, o que é fundamental para formação de uma base de dados consistente, que viabilize o delineamento de projetos conjuntos pelas empresas. As reuniões periódicas que vem sendo promovidas funcionam como um fórum para tomadas de decisão, que neste caso possuem um enfoque holístico, ou seja, a unidade em discussão é o complexo industrial como um todo. Contudo, apesar destes avanços, as empresas destes Ecopolos ainda estão atuando no desenvolvimento de práticas pontuais, de forma tímida e pouco ágil, e não efetivamente através da implantação de efetivos projetos de gestão ambiental compartilhada.

Em relação ao Pólo Petroquímico de Campos Elíseos, em Duque de Caxias, este é o que vem mais efetivamente se configurando como um Parque Industrial Ecológico, tanto por apresentar características de simbiose industrial entre as empresas deste complexo (ex: REDUC-Rio Polímeros; Rio Polímeros-Polibrasil; AGA-Rio Polímeros) quanto por apresentar relevantes projetos de gestão compartilhada (exs: PAM/GOPP; APELL e a Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar da Bacia Aérea de Campos Elíseos). O maior grau de organização entre as indústrias, nas questões relacionadas à

segurança industrial, à interação com as comunidades vizinhas e ao meio ambiente, é proporcionado pela atuação da ASSECAMPE, neste caso não tendo o Programa Rio Ecopolo contribuído de forma relevante para impulsionar outras iniciativas no Pólo.

Na Região Sul Fluminense, nota-se que as empresas possuem um bom nível de relacionamento e de troca de informações, principalmente viabilizado pela Representação Regional Sul Fluminense da FIRJAN. Contudo, a instituição de um Ecopolo, não resultou em nenhuma iniciativa adicional entre as suas 3 empresas integrantes, e nem na adesão de outras empresas da região ao Ecopolo formado, conforme era esperado.

No âmbito internacional os Parques Industriais Ecológicos vêm despontando em função do seu potencial iniciador e catalisador dos processos de estruturação e organização industrial. Algumas das experiências internacionais de formação de PIEs apresentadas, como por exemplo, o parque industrial do Grupo Guitang (China), os parques industriais de Moerdijk, De Krogt / Breda e de De Rietvelden / Den Bosch (Holanda), e Kalundborg (Dinamarca) ratificam que este é certamente um caminho para potencializar benefícios ambientais, econômicos e sociais através da atuação conjunta de indústrias localizadas em uma mesma área ou distrito industrial. Os PIEs constituem assim, em um mecanismo para se reduzir o espaço de tempo de formação de configurações e interações industriais que podem, a princípio, até se ocorrer de forma espontânea, como em Kalundborg. Contudo, vale lembrar que neste último, grande parte dos seus projetos foram implantados num espaço de tempo de 15 anos.

Apesar das dificuldades no processo de mensuração dos benefícios resultantes dos PIEs, podemos afirmar que as vantagens competitivas geradas pelas oportunidades inerentes aos mesmos são especialmente válidas para parques industriais existentes e aqueles ainda em processo de expansão. Particularmente, em relação aos novos parques

industriais, ainda não existem evidências práticas suficientes de que o direcionamento destes para a formação de Parques Industriais Ecológicos, desde a sua fase embrionária, como por exemplo o de Cape Charles (EUA) e Paracambi (Brasil), traga diferenciais significativos em suas configurações.

O fato da definição de Parques Industriais Ecológicos ser ainda vaga nos dias de hoje abre espaço para que parques industriais utilizem este “título” de forma “não merecida”, e vice-versa. Por exemplo, o Pólo de Camaçari (Bahia) consiste em um efetivo exemplo de Parque Industrial Ecológico brasileiro, apesar de não ser identificado como tal. Porém, mais importante do que efetivamente caracterizar precisamente e identificar “reais” Parques Industriais Ecológicos, é a necessidade de direcionar os esforços para a mensuração dos seus benefícios, viabilizando uma base qualitativa e quantitativa mais sólida e consistente que os suporte como um significativo instrumento de planejamento e gestão ambiental. Em relação aos mecanismos para auxiliar o processo de identificação dos PIEs, é possível que a busca pela instituição de selos verdes, como vem se configurando a iniciativa francesa, do projeto PALME, venha a se consolidar de maneira bem sucedida. Porém, acredita-se que neste primeiro momento, no qual o instrumento vem tentando se firmar e ganhar força, a busca por um selo consiste em um passo um tanto prematuro. O amadurecimento do processo de implantação e operacionalização de PIEs é de uma forma geral ainda necessário para a melhor definição de critérios que orientem a criação de um selo de credibilidade.

A partir da avaliação dos resultados do processo desencadeado no Rio de Janeiro para estabelecimento de Parques Industriais Ecológicos, e dos possíveis diferentes formatos de implantação e operacionalização de PIEs evidenciados nas experiências internacionais relatadas, é possível ainda o delineamento de algumas recomendações para o estabelecimento do formato mais apropriado para o exercício dos Parques

Industriais Ecológicos no Estado do Rio de Janeiro e para o país. O Programa Rio Ecopolo urge por um resgate e por um processo de revitalização, de modo a proporcionar o alcance dos seus benefícios, em suas potenciais dimensões, ainda não efetivamente conquistados através da referida iniciativa.

Primeiramente, sugere-se que a liderança deste processo seja conduzida por entidades de representação industrial, ao invés do governo. As associações de indústrias locais continuariam auxiliando o processo de articulação das empresas em cada Ecopolo. Por sua vez, as associações seriam coordenadas pela federação de indústrias estadual, ou seja, no caso do Rio, pela FIRJAN. Em função da funcionalidade institucional e técnica da federação, esta forneceria desde o suporte necessário em relação à disseminação da importância e dos conceitos de Parques Industriais Ecológicos, dando visibilidade ao instrumento e às indústrias participantes dos mesmos, até as diretrizes básicas para o fomento de práticas comuns aos Ecopolos, como por exemplo, sugerindo modelos comuns de formulários a serem adotados para o estabelecimento de inventários, ou fornecendo propostas de indicadores ambientais a serem utilizados para avaliar o desempenho do complexo industrial, ou subsidiando modelos de relatório para sistematização e registro dos resultados dos projetos conjuntos desenvolvidos, entre outras possíveis ferramentas. As empresas dos vários Ecopolos também poderiam contar com a federação fluminense, através do seu Núcleo de Produção mais Limpa, para elaboração dos projetos conjuntos a serem desenvolvidos a partir da base de dados construída, conforme a prioridade de cada PIE.

Ressalta-se aqui que é imprescindível o reconhecimento por parte das indústrias participantes de que os Parques Industriais Ecológicos consistem em um instrumento capaz de proporcionar oportunidades de negócios ambientais, econômicos e sociais, sendo esta definitivamente a chave para garantir o sucesso, solidez e longevidade dos

mesmos. O fato da liderança da coordenação da operacionalização dos PIEs ser mantida sob entidades de representação empresarial também é importante no sentido das empresas serem menos restritivas quanto a disponibilização de informações necessárias para elaboração de projetos conjuntos. A sugestão desta liderança também não ser mantida a cargo do governo é resultante do reflexo das particularidades culturais e políticas brasileiras, tendo em vista que usualmente não é dá continuidade no desenvolvimento de programas e projetos do mandato de uma gestão para outra.

Contudo, o envolvimento do governo neste processo é certamente muito importante, podendo se dar, por exemplo, através da incorporação de diretrizes sobre o assunto nas políticas públicas, reforçando sua relevância perante as indústrias. Adicionalmente, entende-se que o governo deve atuar fortemente na fase de planejamento dos parques industriais, tanto daqueles em fase embrionária como daqueles em vias de expansão, em função da sua capacidade de fomentar e influenciar o recrutamento de indústrias, auxiliando a formação da configuração industrial mais desejada. Também é notório que o relacionamento dos órgãos ambientais neste processo faz com que principalmente projetos relativos ao monitoramento e controle dos complexos industriais sejam viabilizados, como por exemplo, os programas estabelecidos no Pólo de Campos Elíseos (Rio de Janeiro) e no Pólo de Camaçari (Bahia). Em sua maioria estes não resultam em benefícios financeiros a curto e médio prazo, mas possuem uma função preventiva. Assim, a participação dos órgãos ambientais torna-se importante no sentido de induzir que programas desta natureza sejam também colocados como prioridade na pauta dos projetos dos Ecopolos.

O modelo descrito para condução de Parques Industriais Ecológicos poderia ser replicado para todo o país, considerando a existência de uma federação de indústrias em cada um dos estados brasileiros. Apesar de suas estruturas serem ligeiramente

diferenciadas, todas atuam em caráter de apoio empresarial institucional e técnico. A maioria delas inclusive constitui-se como instituição hospedeira dos 18 centros que compõem a Rede Nacional de Produção mais Limpa existentes em território nacional, similarmente ao caso do Rio (FIRJAN, 2002d). Esta seria a estrutura central para formação dos Ecopolos, podendo outros atores da sociedade tais como comunidade local, universidades, centros de pesquisa, ONGs, entre outros atuarem de forma complementar, em função de enfoques e necessidades específicas de cada Ecopolo.

As Bolsas de Resíduos, desenvolvidas em âmbito estadual, são um exemplo de instrumento gestão ambiental cooperativa que vem se consolidando com muito sucesso através do seu gerenciamento pelas federações de indústrias. Sua operacionalização é certamente bem mais simples do que a proposta coordenação de Parques Industriais Ecológicos em âmbito estadual, com o apoio das associações de indústrias locais, porém pode ser encarada como um válido desafio.

Face às conclusões apresentadas podemos dizer que a revitalização do Programa Rio Ecopolo no formato sugerido possibilitará o alcance de resultados mais expressivos, oriundos do redirecionamento do exercício dos Parques Industriais Ecológicos como instrumento de planejamento e gestão ambiental cooperativa. O sucesso da iniciativa fluminense é vital para estimular a ampliação e disseminação de PIEs no país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEDIN – ASSOCIAÇÃO DAS EMPRESAS DO DISTRITO INDUSTRIAL DE SANTA CRUZ E ADJACÊNCIAS, 2003, *Relatório de Sustentabilidade: Ecopolo Industrial de Santa Cruz*. Rio de Janeiro.

ALLENBY, B., GRAEDEL, R., 1994, *Industrial Ecology*, Prentice Hall.

AYRES, R.U; SIMONIS, U. E., 1994, *Industrial metabolism: theory and policy*. Tóquio, United Nations University Press.

BAAS, L. M.; BOONS, F. A., 2004, “An industrial ecology project in practice: exploring the boundaries of decision-making levels in regional industrial systems”, *Journal of Cleaner Production*, n. 12, pp. 1073-1085.

BARATA, M. (1997), “Gestão Ambiental Empresarial”. In: *II Encontro Nacional da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica*, pp. 306-324, São Paulo.

CETREL – EMPRESA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL. Disponível em: <www.cetrel.com.br> . Acessado em: 03 fev. 05

CHIU, A. S. F.; YONG, G., 2004, “On the industrial ecology potential in Asian Developing Countries”, *Journal of Cleaner Production*, n.12, p.1037-1045.

CMMAD - COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1998, *Nosso Futuro Comum*. Rio de Janeiro, FGV – Fundação Getúlio Vargas.

CODIN – COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Disponível em: <<http://www.codin.rj.gov.br/>>. Acesso em: 31 out. 2004.

COSTA, M. M. da, 2002, *Princípios de Ecologia Industrial Aplicados à sustentabilidade ambiental e aos sistemas de produção de aço*. Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

COTE, R., 1997, “Whither Industrial Ecology: transforming industrial park”, In: *Industrial Ecology: connecting business and the environment*, Ithaca, NY, Cornell University. Disponível em: < <http://www.cfe.cornell.edu> > Acesso em: 03 jun. 2004.

EHRENFELD, J., 2004, “Industrial ecology: a new field or only a metaphor?”, *Journal of Cleaner Production*, n. 12, pp. 825-831.

EPA – U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2001, *Briefing paper on Industrial Ecology and EPA*. Washington, DC, EPA. Disponível em : <<http://www.usaep.org/resource.htm>> Acesso em: 01 nov. 2004.

FARREL, 1997, “Pollution Prevention: improving both economic and environmental performance”. In: *Industrial Ecology: connecting business and the environment*, Ithaca, NY: Cornell University. Disponível em: < <http://www.cfe.cornell.edu> > Acesso em: 03 jun. 2004.

FEEMA – FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE, 2002, *Programa Rio Ecopolo: A-B-C do Programa*. (documento não publicado)

FIRJAN – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO 2000, *Súmula Ambiental*, ano IV, n.42, p.1, Rio de Janeiro.

FIRJAN – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO 2002a, *Súmula Ambiental*, ano VII, n.68, pp.4, Rio de Janeiro.

FIRJAN – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO 2002b, *Carta da Indústria*, ano IV, n.185. pp. 6-7, Rio de Janeiro.

FIRJAN – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO 2002c, *Súmula Ambiental*, ano VII, n.69, pp.1, Rio de Janeiro.

FIRJAN – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO 2002d, *Súmula Ambiental*, ano VIII, n.70, pp.3, Rio de Janeiro.

FIRJAN – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, 2004a, *Manual de licenciamento ambiental: guia de procedimentos passo a passo*. Rio de Janeiro.

FIRJAN – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO 2004b, *Carta da Indústria*, ano VI, n.276, pp.6-7, Rio de Janeiro.

FIRJAN – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO 2004c, *Pesquisa: gestão para reaproveitamento de materiais nas indústrias do Estado do Rio de Janeiro*. In: *Súmula Ambiental*, Edição Especial (Mar).

FROSCHE, R. A.; GALLOPOULOS, N. E., “Strategies for Manufacturing”, *Scientific American*, v.261, n.3 (Sept.), pp.144-152.

FUNDREN – FUNDAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO, 1982, *Zoneamento Industrial Metropolitano*, Rio de Janeiro.

GEORGESCU-ROEGEN, N., 1971, *The Entropy Law and the Economic Process*, Cambridge, Harvard University Press.

GRAEDEL, T., 1994, “Industrial Ecology: definition and implementation”, In: *Industrial Ecology and Global Change*, Socolow, R.; Andrews, C.; Berkhout, F.; Thomas, V., Cambridge, UK, Cambridge University Press.

HEERES, R. R. et al., 2004, “Eco-industrial park initiatives in the USA and the Netherlands: first lessons”. *Journal of Cleaner Production*, n. 12, p. 985-995.

INDIGO DEVELOPMENT, *The industrial symbiosis at Kalundborg, Denmark*. Disponível em: <<http://indigodev.com>> Acesso em: 29 dez. 2003.

ISIE - INTERNATIONAL SOCIETY FOR INDUSTRIAL ECOLOGY (2004), *A History of Industrial Ecology*. Disponível em: <<http://www.is4ie.org>> Acesso em: 30 nov. 2003.

LAGO, A.; PÁDUA, J.A., 1984, *O que é Ecologia*. São Paulo, Brasiliense.
LOWE, E. A., 2001, *Handbook for Development of Eco-Industrial Parks*. Oakland, California: Indigo Development. Disponível em : <<http://www.indigodev.com>> Acesso em: nov. 2003.

MACHADO, A. C., 1998, *Pensando a Energia*. Rio de Janeiro, Eletrobrás.

MAGRINI, A., 1990, “A avaliação de impactos ambientais”. In: *Meio ambiente. Aspectos técnicos e econômicos*. Brasília, IPEA/PNUD.

MAGRINI, A., 2001, “Política e gestão ambiental: conceitos e instrumentos”, *Revista Brasileira de Energia*, v.8, n.2, p.135-147.

MAGRINI, A.; MONTEZ, E. M. P., 2002, “Subsídios para a melhoria da qualidade ambiental da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, através da proposição de novas configurações industriais”. In: *IX Congresso Brasileiro de Energia*, v.1, pp.152-158, Rio de Janeiro.

MILÁN, P. M., 2000, “Eco-Parques Industriales: algunas características”, *Pulso Diário de San Luis Potósi*, Nov., pp.4-19.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2001, “Termo de Referência”. In: *Workshop: metodologia do zoneamento ecológico-econômico para a região sudeste*. Rio de Janeiro.

PEARCE, D. W.; TURNER, R. KERRY, 1990, *Economics of natural resources and the environment*. UK, Harvester Wheatsheaf.

PELLENBARG, P. H., 2002, “Sustainable business in the Netherlands: a survey of policies and experiences”, *Journal of Environmental Planning and Management*, v.45, n.1, pp.59-84.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PARACAMBI. Disponível em: <www.paracambi.rj.gov.br> Acesso em: 15 nov. 04.

REDE BRASILEIRA DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA. Disponível em: <www.pmaisl.com.br> . Acesso em: 03 fev. 05.

ROSENTHAL, E. C., 1997, “Summary comments on Industrial Ecology”. In: *Industrial Ecology: connecting business and the environment*, Ithaca, NY: Cornell University. Disponível em: <<http://www.cfe.cornell.edu>> Acesso em: 03 jun. 2004.

ROVERE, E. L., 2000, *Política Ambiental e Planejamento Energético*, LIMA/COPPE/UFRJ (Apostila da disciplina Desenvolvimento Sustentável do curso de Mestrado do PPE/COPPE/UFRJ).

TAVARES, Marina Elisabete Espinho, 1999, *Um estudo do conceito de ecologia industrial e sua aplicação ao setor cimenteiro brasileiro*. Dissertação de M.Sc.. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

SITEL - SISTEMA INTEGRADO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES LÍQUIDOS DO PÓLO PETROQUÍMICO DO SUL. Disponível em: <www.corsan.com.br/sitel>. Acesso em 28 fev. 05.

TOFFEL, M. W.; MARSHALL, J. D., 2004, "Improving Environmental Performance Assessment: a comparative analysis of weighting methods used to evaluate chemical release inventories". *Journal of Industrial Ecology*, v.8, n.1-2, pp.143-172.

UNEP IE - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME INDUSTRY AND ENVIRONMENT, 1997, n.39, *The environmental management of industrial estates*. (Technical Report).

UNEP IE - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME INDUSTRY AND ENVIRONMENT, 2003, *The industrial symbiosis in Kalundborg, Denmark*. Disponível em: <<http://unepie.org>> Acesso em: 29 dez. 2003.

WALCACER, F., 2001, "O avanço da comunidade sobre a área industrial", *Súmula Ambiental*, n.57, p.1-2.