



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA E GESTÃO AMBIENTAL

RICARDO CÉSAR ALMEIDA AGUIAR

**ESTUDO PARA SUBSIDIAR A IMPLANTAÇÃO DE UM PARQUE INDUSTRIAL
ECOLÓGICO NO MUNICÍPIO DE MARACANAÚ-CE**

FORTALEZA – CEARÁ
2012



RICARDO CÉSAR ALMEIDA AGUIAR

**ESTUDOS PARA SUBSIDIAR A IMPLANTAÇÃO DE UM PARQUE INDUSTRIAL
ECOLÓGICO NO MUNICÍPIO DE MARACANAÚ-CE**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental do Instituto Federal do Ceará como requisito para obtenção do título de Mestre em Tecnologia e Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Adeildo Cabral da Silva

FORTALEZA – CEARÁ

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Instituto Federal do Ceará - IFCE

Sistema de Bibliotecas - SIBI

Ficha catalográfica elaborada pelo SIBI/IFCE, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A282e Aguiar, Ricardo César Almeida.

Estudo para subsidiar a implantação de um parque industrial ecológico no município de Maracanaú - Ce / Ricardo César Almeida Aguiar. - 2012.

100 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal do Ceará, Mestrado em Tecnologia e Gestão Ambiental, Campus Fortaleza, 2012.

Orientação: Prof. Dr. Adeildo Cabral da Silva.

1. Gestão ambiental. 2. Simbiose industrial. 3. Parque Industrial Ecológico. I. Título.

CDD 628

RICARDO CÉSAR ALMEIDA AGUIAR

**ESTUDOS PARA SUBSIDIAR A IMPLANTAÇÃO DE UM PARQUE INDUSTRIAL
ECOLÓGICO NO MUNICÍPIO DE MARACANAÚ-CE**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Tecnologia e Gestão Ambiental do Instituto Federal do Ceará como requisito para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia e Gestão Ambiental.

Aprovada em 10/04/2012.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Adeildo Cabral da Silva (Orientador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE

Profa. Dra. Nájila Rejanne Alencar Julião Cabral
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE

Profa. Dra. Adriana Antunes Lopes
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – IFGO/Rio Verde

Ao Prof. Plínio Correia de Oliveira (*in
memoriam*), meu formador espiritual.

AGRADECIMENTOS

Aos meus genitores, José Jairo Ximenes Aguiar (*in memoriam*) e Milena Almeida Aguiar, responsáveis por minha formação e encaminhamento na vida estudantil e profissional.

À minha esposa, Silvana, e ao meu filho Plínio, pela paciência nos momentos de ausência para a dedicação requerida na vida acadêmica, e pelos incentivos recebidos.

Ao Prof. Dr. Adeildo Cabral da Silva, meu orientador, que no convívio do curso demonstrou mais que uma relação de docência, mas o valor de uma amizade sincera.

Aos estimados professores do programa, em especial Nájila, Eduardo Bosco, Rinaldo e Marco Botelho, pelas experiências edificantes nas disciplinas ministradas.

À Prof. Adriana Antunes Lopes, por sua oportuna colaboração no desenvolvimento deste trabalho.

A todos os colegas de curso e demais alunos do Laboratório de Energias Renováveis e Conforto Ambiental - LERCA que, de alguma forma, foram motivo de crescimento para mim no decorrer das atividades.

RESUMO

Esta investigação apresenta um conceito contemporâneo em gestão ambiental desenvolvido em diversos países: o Parque Industrial Ecológico (PIE). Este processo utiliza o princípio da simbiose industrial, baseado em levantamentos de variáveis socioeconômicas e ambientais existentes no sítio em que deverá ser instalado. Abordaram-se as definições relativas ao tema e os aspectos geofísicos e socioeconômicos do município de Maracanaú, escolhido por abrigar o maior parque industrial do Estado do Ceará, Brasil. Analisando os resultados da metodologia proposta, constatou-se que a implantação de um PIE em Maracanaú é viável, resultará em ganhos econômicos efetivos, na preservação de recursos naturais e na melhoria da qualidade de vida dos trabalhadores e da população local, por meio da gestão ambiental cooperativa e integrada do setor industrial.

Palavras-chave: Gestão ambiental, Simbiose industrial, Parque Industrial Ecológico.

ABSTRACT

This research presents a contemporary concept in environmental management developed in several countries: the Ecological Industrial Park (EIP). This process uses the principle of industrial symbiosis, based on surveys of socioeconomic and environmental factors existing in the site to be installed. Addressed the definitions relating to the subject and the geophysical and socioeconomic aspects of the city of Maracanaú, chosen to house the largest industrial park in the state of Ceará, Brazil. Analyzing the results of the proposed methodology, it was found that the implantation of an EIP in Maracanaú is feasible and will result in economic gains effective in preserving natural resources and improving the quality of life of workers and local people, through environmental management cooperative and integrated industrial sector.

Keywords: Environmental management, Industrial symbiosis, Eco-industrial park.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Exemplo de criação a partir do Ecodesign 1	25
Figura 2 -	Exemplo de criação a partir do Ecodesign 2	26
Figura 3 -	Fluxograma da SI em Kalundborg, Dinamarca	29
Figura 4 -	Mapa de Maracanaú-CE	49
Figura 5 -	Panorama parcial aéreo Distrito Industrial I (1)	54
Figura 6 -	Panorama parcial aéreo Distrito Industrial I (2)	55
Figura 7 -	Panorama parcial aéreo Distrito Industrial I (3)	56
Figura 8 -	Panorama parcial aéreo Distrito Industrial I (4)	57
Figura 9 -	Panorama parcial aéreo Distrito Industrial I (5)	58
Figura 10 -	Distribuição das Indústrias do Estado do Ceará	49
Figura 11 -	Fluxograma Simbiose Industrial – PIE para Maracanaú-CE	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Empresas do Distrito Industrial I (DIF I)	50
Tabela 2 - Empresas do Distrito Industrial III (DIF III)	53

LISTA DE ABREVIATURAS

ACV – Análise do Ciclo de Vida

Abrelpe – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

Abetre – Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos

Adece – Agência de Desenvolvimento do Ceará

AEDI – Associação das Empresas dos Distritos Industriais do Estado do Ceará

BCSD – *Business Council for Sustainable Development* (Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável)

Cagece – Companhia de Água e Esgoto do Ceará

CDP – Condicionantes, Deficiências e Potencialidades

CEDE – Conselho Estadual de Desenvolvimento Econômico

Cetesb – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

Coelce – Companhia Energética do Ceará

Conab – Companhia Nacional de Abastecimento

Conpam – Conselho de Políticas e Gestão do Meio Ambiente

DI 2000 – Distrito Industrial Municipal

DIF I – Distrito Industrial I

DIF III – Distrito Industrial III

EI – Ecologia Industrial

EPA – *Environmental Protection Agency*

EVA – Espuma Vinílica Acetinada

FIEC – Federação das Indústrias do Estado do Ceará

FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IFCE – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará

IPECE – Instituto de Pesquisas, Estudos, Cultura e Educação

ISSO – *International Organization for Standardization*

P + L – Produção mais limpa

PCSD – *President Council of Sustainable Development* (Presidente do Conselho para o Desenvolvimento Sustentável)

PET – Politereftalato de etileno

PIE – Parque Industrial Ecológico

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

PVC – Cloreto de polivinila

RFFSA – Rede Ferroviária Federal Sociedade Anônima

RSA – Responsabilidade Socioambiental

Seinfra – Secretaria de Infraestrutura

Semace – Superintendência Estadual do Meio Ambiente

SGA – Sistema de Gestão Ambiental

SI – Simbiose Industrial

US – EPA – *Environmental Protection Agency* (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 Geral	15
2.2 Específicos	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1 Resíduos	16
3.2 Ecologia Industrial	21
3.2.1 Prevenção da poluição	23
3.2.2 Produção mais limpa	24
3.2.3 Projetos para o meio ambiente (ecodesign)	25
3.2.4 Análise do ciclo de vida do produto	26
3.3 Simbiose Industrial	28
3.3.1 Vantagens da SI	31
3.3.2 Condicionantes da SI	31
3.4 Parque Industrial Ecológico	32
3.4.1 Tipologia de PIE	34
3.4.2 Benefícios gerais de um PIE	35
3.4.3 Desafios e condicionantes de um PIE	39
3.4.4 Experiências mundiais de desenvolvimento de PIEs	39
3.4.4.1 Europa	40
3.4.4.2 América do Norte	41
3.4.4.3 Ásia	42
3.4.4.4 América Latina	43
4 METODOLOGIA	45
5 RESULTADOS	46
5.1 Caracterização do Município de Maracanaú-CE	46
5.1.1 Parque Industrial	51
5.2 Fases de implantação de um PIE em Maracanaú-CE	59
5.2.1 Planejamento	60
5.2.1.1 Localização do PIE	60
5.2.1.2 Entendimento entre as partes interessadas	62
5.2.1.3 Seleção de empresas participantes	63

5.2.1.4 Definição das fontes de financiamento	65
5.2.2 Projeto	66
5.2.2.1 Projeto urbano	68
5.2.2.2 Projeto de Infraestrutura	68
5.2.2.3 Serviços e instalações comuns	71
5.2.3 Construção	74
5.2.4 Operacionalização	75
5.2.4.1 Regulamento ou convenção do PIE	78
5.2.4.2 SGA/Certificação Ambiental	79
5.2.4.3 Sinergia de resíduos	81
5.3 Empresas produtoras de resíduos	86
5.4 Estações de Tratamento de Efluentes/Usinas de Geração de Energia	87
5.5 Residências, Serviços Públicos e Privados e Agricultura	87
5.6 Central de Resíduos – Recicladoras	88
5.7 Indústrias Produtoras de Plásticos, Utensílios Domésticos, Embalagens, Papel, Bobinas, Caixas de Papelão, Manufaturados, Caixas Térmicas, placas de isopor	88
5.8 Mercado externo	88
6 CONCLUSÕES	89
REFERÊNCIAS	92

1 INTRODUÇÃO

Após estudos realizados envolvendo a diversidade de resíduos produzidos pelas indústrias e as ferramentas inerentes à ecologia industrial, no início da década de 90 do século passado, desenvolveram-se os Parques Industriais Ecológicos (PIE) ou Ecoparques Industriais em diversos países, sendo a Dinamarca a pioneira na implantação de um PIE, em Kalundborg (1970). Este conceito de gestão ambiental detém significativo potencial para um desenvolvimento realmente sustentável, na medida em que comporta toda ordem de agentes produtores de resíduos (públicos ou privados), com possibilidades reais para abranger inclusive as residências, em um sistema aberto ou fechado, onde os resíduos líquidos, sólidos e gasosos são processados para adquirir características de novos insumos para a cadeia produtiva, para a reutilização ou como fontes alternativas de energia.

Parque Industrial Ecológico é:

Uma comunidade de indústrias que cooperam entre si e a comunidade local, para de forma eficiente permutar recursos e serviços (matéria prima, energia, água, infraestrutura, informação, transporte, etc), resultando em ganhos econômicos, na qualidade do meio ambiente e em uma melhor qualidade de vida para os trabalhadores e para a comunidade local, obtidos através de uma gestão ambiental mais cooperativa entre os atores envolvidos. (*President Council of Sustainable Development* – PCSD, 1996; Índigo Development, 2005).

Muitos países que apresentavam grande produção de resíduos foram beneficiados com a iniciativa de implementação de parques industriais ecológicos, em locais estratégicos de seus territórios. Citam-se EUA, Canadá, Portugal, Dinamarca, Holanda, França, China, Tailândia, Coreia do Sul, Índia, Japão, dentre outros. Na América Latina, destacam-se iniciativas na Colômbia e Porto Rico para o desenvolvimento de PIEs.

O Brasil ainda não possui um PIE em efetivo funcionamento. No entanto, existem no Estado do Rio de Janeiro projetos de adaptação de três distritos industriais em PIE e de um quarto a ser instalado em uma área verde (Veiga, 2007).

Diante da quantidade e diversidade de resíduos gerados nas principais regiões metropolitanas do país, justificam-se estudos que viabilizem projetos de implantação de PIE para:

- a) minimizar os efeitos da destinação inadequada de resíduos;

- b) diminuir a necessidade de construção de aterros sanitários classe I e II;
- c) mitigar a extração de recursos naturais;
- d) adquirir energia de fontes renováveis ou reutilizáveis.

As premissas que determinam as operações de um parque industrial ecológico, todavia, vão além da variável ambiental, ao abordar aspectos econômico-financeiros para organizações públicas ou privadas e famílias. A redução de custos nos processos de produção ou prestação de serviços, através da reutilização de resíduos, pode favorecer de modo significativo novos investimentos e a criação/aumento de poupança, redundando em um crescimento econômico constante.

Nesse sentido, pode-se considerar relevante um estudo sobre o Município de Maracanaú-CE, na Região Metropolitana de Fortaleza, na medida em que poder-se-à constatar o estado da arte local e subsidiar a propositura de instalação de um PIE, objetivando um modelo de gestão ambiental sinérgico e eficiente, frente ao incremento das atividades econômicas que vêm ocorrendo de forma acelerada.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

A presente pesquisa tem como objetivo geral realizar estudos sobre a proposta de implantação de um Parque Industrial Ecológico (PIE) no Município de Maracanaú-CE, para subsidiar uma proposta de implantação de um Parque Industrial Ecológico (PIE) no referido município, situado na Região Metropolitana de Fortaleza, adaptando-se ao caso em foco a metodologia de estudo proposta no trabalho de Veiga (2007).

2.2 Específicos

Como objetivos específicos descrevem-se:

- a) verificar, no Município de Maracanaú-CE, os seus aspectos industriais, socioeconômicos e de infraestrutura de transportes, saneamento e energia;
- b) identificar os elementos de gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos em Maracanaú-CE;
- c) demonstrar a metodologia de implantação, confrontando-a com a realidade do município em foco;
- d) desenvolver modelo de simbiose industrial que oriente o início das operações do PIE para Maracanaú-CE.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, abordam-se os principais aspectos relacionados aos resíduos sólidos, bem como a conceituação de ecologia industrial com menção de suas principais ferramentas de aplicação, enfatizando e convergindo a pesquisa para a simbiose industrial e o parque industrial ecológico. Acerca deste, apresentam-se experiências de implementação em seus respectivos contextos regionais, a fim de subsidiar a proposta deste trabalho.

3.1 Resíduos

Desde o início de sua existência, o ser humano traz o descarte de material em desuso para si como um fato indissociável de suas atividades, sejam fisiológicas, laborais, sociais, de lazer etc. As primeiras civilizações não encontraram dificuldades com a disposição de seus dejetos, uma vez que estes eram de pequena monta, e o meio em que viviam era capaz de absorvê-los sem causar qualquer espécie de saturação. Ademais, o nomadismo contribuía também para que as áreas ocupadas não se sobrecarregassem: quando estavam esgotados os recursos de determinada região, as populações procuravam novos pontos de sobrevivência, às vezes em territórios distantes. Assim, começava novo processo de degradação num sítio diferente, em que a quantidade de resíduos gerada não tinha significância.

O sedentarismo, por sua vez, levou as sociedades a fixarem-se em regiões propícias à sua sobrevivência, sempre nas proximidades de recursos hídricos. Iniciava-se um processo de acumulação de resíduos - comum para o mundo contemporâneo, pois agora era delimitado um espaço para receber mais e mais resíduos. Como estes se originavam de bens de natureza orgânica e mineral básicos, em princípio não apresentavam perigo para as comunidades, apesar do volume crescente.

A situação se agravou com o advento da Revolução Industrial (Século XVIII), ao impulsionar o crescimento demográfico e alterar os modelos culturais das sociedades, concorrendo para o domínio crescente das atividades humanas sobre a dinâmica dos sistemas naturais. Em termos práticos, as máquinas a vapor deram um ritmo acelerado à produção, acarretando duas consequências imediatas: os primeiros focos de poluição atmosférica (carvão mineral era o combustível) e a possibilidade de maior produção (retirada de mais recursos naturais), com o

surgimento de uma grande demanda dos novos bens produzidos em escala industrial, gerando resíduos também em larga escala e crescente variedade.

Nos dois últimos séculos, intensificaram-se as pesquisas de desenvolvimento de novos produtos e mercados, utilizando materiais não aplicados anteriormente. Nascia a sociedade de consumo, movida pelo simples prazer de consumir. Paralelamente, os resíduos sólidos também se diversificavam, surgindo aqueles resultantes de atividades industriais, domésticas, hospitalares, comerciais, agrícolas, de serviços e de varrição, segundo a norma NBR 10004:2004, (ABNT, 2004), que também os classifica como perigosos (classe I) e não perigosos (classe II, subdivididos em não-inertes e inertes). Uma situação complexa sob vários aspectos se coloca como novo desafio para a sociedade contemporânea, acerca dos resíduos: necessidade de saneamento ambiental (esgotos sanitários com tratamento para despejo final); áreas estrategicamente planejadas para a destinação de resíduos sólidos (aterros sanitários); filtragem de gases emitidos pelas indústrias e veículos em níveis que não comprometam a saúde pública; limpeza e drenagem urbana.

As atividades relativas à salubridade ambiental, portanto, são hoje tema de constantes discussões e estudos, destacando-se a geração de resíduos e sua destinação. Tem-se verificado que a questão desses resíduos requer especial tratamento, haja vista os danos potenciais a que estão sujeitos a sociedade e os recursos naturais, caso sua gestão seja conduzida inadequadamente. Schalch (2002) cita os desperdícios e a manutenção de desigualdades sociais como exemplo de efeitos negativos provenientes desse fato. Inicialmente, para que se mitiguem esses e outros efeitos, o gerenciamento - que está inserido na gestão de resíduos sólidos - é uma prioridade, na medida em que envolve diferentes entidades da administração pública e da sociedade civil, para realizar a limpeza urbana, a coleta, o tratamento e a disposição final do lixo, sendo consideradas as características das fontes geradoras, volume e tipologia dos resíduos, características sociais, culturais e econômicas dos cidadãos e peculiaridades demográficas, econômicas, climáticas e urbanísticas locais (Monteiro, 2001).

Referida gestão deve necessariamente ter um caráter de integração dos agentes envolvidos, que simultaneamente podem ser geradores e gerenciadores de resíduos, para que se alcance a eficiência desejada para o sistema. Essa exigência engloba diversos fatores, como recursos financeiros e tecnológicos, legislação

consistente acerca do assunto, instituições que incluam a temática ambiental em seu planejamento, sensibilização dos indivíduos quanto ao seu papel de construtores da sustentabilidade, dentre outros. Começa-se então a vislumbrar um modelo que culminará no conceito atual de simbiose industrial, haja vista ser necessário o enfrentamento das causas do problema, e não somente medidas reativas ou paliativas.

Exemplificando a preocupação acerca do tema, em 2010, a Abrelpe - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais realizou levantamento dos resíduos produzidos no país, nos seguintes segmentos: urbanos, serviços de saúde e industriais, cujos dados deste último foram obtidos de pesquisas feitas pela Abetre – Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos. Foi, assim, elaborado o Panorama dos Resíduos Sólidos do Brasil, não sendo este o primeiro trabalho da entidade.

Constata-se a existência de avanços na legislação brasileira referente aos resíduos sólidos, em âmbito local e nacional. Com o advento da Lei nº 13.103, de 24 de janeiro de 2001, regulamentada pelo Decreto nº 26.604, de 16 de maio de 2002, ficou estabelecida a Política Estadual de Resíduos Sólidos do Ceará. De caráter pioneiro, tal instrumento normativo define e classifica os resíduos sólidos, ao mesmo tempo em que enumera seus princípios, objetivos, diretrizes e instrumentos de execução. Em seu art. 7º, destacam-se os incisos abaixo, relacionados ao objeto deste trabalho:

- I – o planejamento regional integrado do gerenciamento dos resíduos sólidos preferencialmente nas microrregiões definidas por lei estadual; (...)
- XVIII – o gerenciamento integrado através da articulação entre poder público, produtores e demais segmentos da sociedade civil.

A referida lei já menciona, assim, um sistema de gestão de todos os resíduos produzidos no estado, e integrado por todos os agentes da sociedade.

A União também emitiu instrumento jurídico concernente aos resíduos sólidos, através da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Dentre os princípios estabelecidos no art. 6º, destacam-se aqueles referentes ao objeto de estudo desta pesquisa:

(...) III - a visão sistêmica, na gestão dos resíduos sólidos, que considere as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública; V - a ecoeficiência, mediante a compatibilização entre o fornecimento, a preços competitivos, de bens e serviços qualificados que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida e a redução do impacto ambiental e do consumo de recursos naturais a um nível, no mínimo, equivalente à capacidade de sustentação estimada do planeta; VI - a cooperação entre as diferentes esferas do poder público, o setor empresarial e demais segmentos da sociedade; VII - a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos; VIII - o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania;

Os objetivos da referida lei apontam especificamente, no capítulo 7º, para a pesquisa que se pretende desenvolver:

(...) II - não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos; IV - adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais; VI - incentivo à indústria da reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados; VIII - articulação entre as diferentes esferas do poder público, e destas com o setor empresarial, com vistas à cooperação técnica e financeira para a gestão integrada de resíduos sólidos; XIII - estímulo à implementação da avaliação do ciclo de vida do produto; XIV - incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético;

Como ações de implementação da referida política pública, o artigo 8º define instrumentos diretamente ligados a este estudo, entre outros:

(...) III - a coleta seletiva, os sistemas de logística reversa e outras ferramentas relacionadas à implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos; VI - a cooperação técnica e financeira entre os setores público e privado para o desenvolvimento de pesquisas de novos produtos, métodos, processos e tecnologias de gestão, reciclagem, reutilização, tratamento de resíduos e disposição final ambientalmente adequada de rejeitos;

Vale salientar o Plano Nacional de Resíduos sólidos, no artigo 15, tendo como conteúdo mínimo:

(...) II - proposição de cenários, incluindo tendências internacionais e macroeconômicas; IV - metas para o aproveitamento energético dos gases gerados nas unidades de disposição final de resíduos sólidos; IX - diretrizes para o planejamento e demais atividades de gestão de resíduos sólidos das regiões integradas de desenvolvimento instituídas por lei complementar, bem como para as áreas de especial interesse turístico;

Por fim, a Lei nº 12.305/2010 estabelece uma classificação atual para os resíduos sólidos, em seu artigo 13:

I - quanto à origem:

a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas; b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana; c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas “a” e “b”; d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas “b”, “e”, “g”, “h” e “j”; e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea “c”; f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais; g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS; h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis; i) resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades; j) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira; k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios;

II - quanto à periculosidade:

a) resíduos perigosos: aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica; b) resíduos não perigosos: aqueles não enquadrados na alínea “a”.

A logística reversa é um dos instrumentos que contribui para a implantação do objeto deste estudo, e é conceituada na Lei 12.305/10:

Logística reversa: instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada;

3.2 Ecologia industrial

O termo ecologia, em uma abordagem geral, é destacado para uma melhor compreensão de uma nova aplicação do mesmo, em sentido estrito. Foi criado pelo biólogo alemão Ernest Haeckel, em 1866, para identificar uma disciplina cujo escopo era estudar as relações entre as espécies animais e seu ambiente orgânico e inorgânico. Na mesma vertente, leciona Miller Jr (2007): “é o estudo das interações de organismos vivos uns com os outros e com seu ambiente não vivo de matéria e energia”. Face às necessidades urgentes de uma mudança do modelo de desenvolvimento vigente por séculos, já comprovadamente insustentável, buscou-se implementar analogias ou interações entre o conceito de ecologia e as atividades humanas (produção, consumo e descarte, especificamente), desde a década de 1960 do século passado. Diversos estudos foram desenvolvidos para discussão do tema, destacando-se: um trabalho organizado pelo Ministério de Comércio e Indústria Internacional do Japão, para prospectar custos ambientais da industrialização; Congresso da Academia Nacional de Engenharia norte-americana, em 1992, para incrementar as discussões sobre ecologia industrial (Fragomeni, 2005).

A Ecologia Industrial (EI) consiste em uma análise conjunta e interativa de um sistema industrial com os demais que se encontram em seu entorno, visando à sua reestruturação com a inclusão do caráter sinérgico em suas relações. Segundo Tanimoto (2004), tal abordagem auxilia na identificação e posteriormente na implementação de instrumentos para a minimização dos impactos ambientais de processos e produtos, objetivando a sustentabilidade ambiental em suas atividades.

Conforme Pereira et al (2007), a procura por mecanismos mais limpos e sustentáveis de produção e consumo conduziram à inserção da Ecologia Industrial nas engenharias como uma estratégia integradora dos processos industriais e o ecossistema. Ainda segundo os autores, a EI apresenta os seguintes pontos-chave:

i) visão sistêmica das interações entre sistemas industriais e o meio; ii) estudo do fluxo e transformação da matéria e energia; iii) abordagem multidisciplinar; iv) reorientação do processo industrial; v) mudanças dos processos lineares de produção para processos cíclicos; vi) eficiência industrial; e vii) promoção de sinergias, a fim de fazer frente ao atual modelo de fluxos industriais de sentido único e, portanto, insustentável quanto a aspectos ambientais, econômicos e sociais.

Assim, surge um modelo em que as atividades industriais interagem com o ambiente, com a otimização do consumo de energia e materiais, e a utilização de efluentes e subprodutos de uma organização como matéria-prima para outra, de acordo com Frosch e Gallopoulos (1989). Objetiva, basicamente, prevenir a poluição, através da redução da demanda por novos recursos naturais (matéria-prima), água e energia, e do despejo de resíduos no solo ou nos corpos hídricos. Para tanto, um sistema adequado, integrado e bem ordenado de processos ou organizações industriais confere aos resíduos de uma empresa a condição de insumo para outras.

Os princípios da ecologia industrial, segundo Lowe (1997), são:

- a. Integração entre indústria e o ecossistema industrial, através de mecanismos de reuso e reciclagem de materiais, redução no consumo de energia, água e matéria-prima e minimização dos resíduos provenientes da atividade industrial;
- b. Reengenharia de produção: substituição de tecnologias tradicionais por novas tecnologias;
- c. Fazer mais com menos, tecnicamente chamada desmaterialização, e;
- d. Planejar os sistemas industriais considerando as necessidades econômicas e sociais da comunidade: novas oportunidades de emprego, melhores condições de trabalho e diminuição dos impactos resultantes da atividade industrial.

A ecologia industrial pode ser abordada em três espaços: intraempresa (prevenção da poluição), interempresas (simbiose industrial, troca de resíduos e análise do ciclo de vida de produtos) e em uma região (entre organizações, consumidores e recursos naturais situados em parques industriais ecológicos, com a análise dos fluxos de energia, materiais, informações). Ainda no âmbito regional, possibilita o planejamento de sistemas industriais mais eficientes com ciclos fechados de subprodutos (energia, água e materiais), por meio dos reaproveitamentos e transformações possíveis, atribuindo valores aos resíduos antes não percebidos pelos gestores. Portanto, a ecologia industrial pode incorporar não só as atividades industriais, mas todas as atividades produtivas e de consumo, abrangendo a agropecuária, pesca, mineração, transporte, construção civil, geração de energia, prestação de serviços, reciclagem e destinação final de subprodutos e materiais, dentre outras atividades humanas.

O estímulo ao reaproveitamento dos resíduos, reciclados ou não, oriundos de um processo industrial, ocorre em benefício de outro processo. Para tanto, segundo

Thomas e Callan (2010), aplica-se a esta dinâmica o sistema fechado de fluxo de materiais, em que os materiais escoam em um padrão circular dentro do sistema fechado, podendo a atividade econômica ser alterada durante o ciclo de produção e consumo, possibilitando o retorno dos resíduos ao processo de produção e, finalmente, reduzindo os impactos ambientais inerentes a este.

Por fim, Frosh e Galloupollus (1989, citados em Veiga, 2007), mencionam benefícios de ordem ambiental e econômica, provenientes da ecologia industrial:

- a) redução do consumo de recursos naturais (matéria prima, energia, água);
- b) redução da poluição (ar, água, solo);
- c) aumento da eficiência energética (redução do consumo de energia);
- d) redução do volume de resíduos (contaminação do solo, rios, aquíferos e população);
- e) os resíduos passam a ter uso e valor de mercado;
- f) a redução dos gastos com matéria-prima e energia, com gerenciamento de resíduos e com o cumprimento da legislação ambiental, além de melhorar a imagem da indústria no mercado (marketing ambiental).

Os principais instrumentos para uma implementação efetiva da ecologia industrial, norteados por princípios, metodologias e procedimentos próprios, são a Prevenção da Poluição, Produção mais Limpa, Projetos para o meio ambiente, a Análise do Ciclo de Vida do Produto, a Simbiose Industrial e os Parques Industriais Ecológicos - os dois últimos a serem analisados nas próximas sessões.

3.2.1 Prevenção da poluição

Segundo definição da EPA (Environmental Protection Agency, EUA), é a prática, processo, técnica ou tecnologia que objetive a redução ou eliminação em volume, concentração e/ou toxicidade dos resíduos na fonte geradora (CETESB, 2002). É uma iniciativa de caráter proativo, em que os recursos materiais e tecnológicos são gerenciados para a redução ou eliminação de agentes poluentes ou resíduos na origem. Conforme Braga et al (2005), a prevenção à poluição engloba os seguintes princípios básicos:

- a) substituição de materiais e insumos: buscar materiais isentos de elementos tóxicos, mais eficientes e com maior grau de pureza;

- b) mudanças de procedimentos: desenvolver metodologias mais eficientes para as diversas atividades;
- c) melhorar a organização: implantar procedimentos que mantenham limpas e organizadas todas as áreas da organização;
- d) programas educacionais: elaborar programas de conscientização para o corpo funcional, relativos às questões ambientais.

O mesmo autor também enumera os potenciais benefícios advindos da prevenção à poluição:

- a) redução de custos;
- b) redução da responsabilidade legal;
- c) melhoria da imagem corporativa;
- d) melhoria da segurança dos trabalhadores.

3.2.2 Produção mais limpa

De acordo com Vilela Jr. et al (2006), o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMD) estabeleceu, em 1989, a seguinte definição para Produção mais Limpa:

Produção mais Limpa é a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva e integrada, aplicada aos processos, produtos e serviços, para aumentar a eco-eficiência e reduzir os riscos para os seres humanos e o ambiente, e aplica-se a:

- processos produtivos: conservação de matérias-primas e energia, eliminação de matérias tóxicas e redução da quantidade e toxicidade dos resíduos e emissões;
- produtos: redução dos impactos negativos ao longo do ciclo de vida de um produto, desde a extração das matérias primas até sua disposição final;
- serviços: incorporação de preocupações ambientais no planejamento e na entrega dos serviços.

Tem um enfoque de melhoria contínua dos processos produtivos, com vistas à sua eficiência e menor agressividade ao meio ambiente e à saúde pública.

Enumeram-se alguns benefícios alcançados com a aplicação da Produção mais Limpa:

- a) melhoria do desempenho ambiental;
- b) motivação e comprometimento do corpo funcional com a sustentabilidade;
- c) melhoria do ambiente de trabalho;
- d) melhor visualização da empresa no mercado;

- e) ganhos de competitividade;
- f) redução de custos com tratamento e remediação de resíduos;
- g) redução de poluentes;
- h) diminuição dos acidentes ambientais;
- i) incremento da consciência ambiental;
- j) aumento da conservação dos recursos naturais;
- k) melhoria das relações da empresa com a comunidade externa.

3.2.3 Projetos para o meio ambiente (ecodesign)

Pode ser considerado como a integração da variável ambiental aos projetos, tanto de processos como de produtos. Segundo Tanimoto (2004), é um instrumento que pode fomentar competitividade e responsabilidade ambiental para as organizações, além de desenvolver novas tecnologias. Como leciona Manzini e Vezzoli (2002), trata-se de atividade que visa a ligar o que é tecnicamente possível com o ecologicamente necessário, de modo a criar novas propostas culturais e socialmente aceitáveis.

Verifica-se um conceito mais abrangente: o de Fiksel (1996), quando afirma ser o projeto de ecodesign para o meio ambiente uma consideração sistemática do desempenho deste, com relação aos objetivos ambientais, de saúde e segurança, analisando o produto ou processo ao longo de seu ciclo de vida, tornando-os ecoeficientes: vinculação entre eficiência dos recursos e responsabilidade ambiental.



Figura 1 – Exemplo de criação a partir do ecodesign. Fonte: GIMENEZ (2010).

É concebida, assim, uma estrutura sustentável para produtor e consumidor, quando incentiva a inovação tecnológica e gerencial; possibilita maior lucratividade e competitividade empresarial; acarreta a redução potencial de impactos ambientais; desenvolve uma visão holística sobre o empreendimento, produtos e o meio ambiente. Nesse sentido, existem motivações suficientes para que as empresas invistam em ecodesign, haja vista serem reais as oportunidades de aumento de competitividade mercadológica, a partir dos ganhos econômicos provenientes da redução de custos (eliminação de resíduos e uso racional dos recursos disponíveis) e melhoria da imagem da empresa para o público externo e interno (marketing ambiental).

Pela quantidade e variabilidade de resíduos ainda descartados, o ecodesign possui amplas possibilidades de desenvolver iniciativas de reaproveitamento, inclusive em comunidades ou cooperativas de artesãos, enfocando um outro benefício de ordem social: a criação de trabalho e renda.



Figura 2 – Exemplo de criação a partir do ecodesign. Fonte: BENDER (2010).

3.2.4 Análise do Ciclo de Vida do Produto

Destinada a avaliar os impactos ambientais inerentes a um sistema, processo ou produto, a ACV (Análise do Ciclo de Vida) compreende as fases da existência destes, verificando desde a extração de matérias-primas até a destinação do produto final, após sua utilização. É o chamado ciclo “berço ao túmulo”. Este ciclo compreende a retirada da natureza, processamento, uso e descarte, de acordo com

Aquino et al (2008), e está intimamente vinculada à resolução dos impactos relacionados a resíduos, numa abordagem de cunho preventivo. No momento, desenvolveu-se um conceito mais avançado para esse ciclo, que agora é definido “do berço ao berço” (FERREIRA, 2010). Trata-se do reprocessamento do produto descartado que irá criar um novo produto de qualidade igual ou superior ao original.

A legislação nacional menciona pela primeira vez a ACV ao incluí-la na Política Nacional de Resíduos Sólidos, definindo-a como a série de etapas que envolvem o desenvolvimento do produto, a obtenção de matérias-primas e insumos, o processo produtivo, o consumo e a disposição final (Brasil, 2010).

Vilela Jr. e DEMAJOROVIC (2006) ainda acrescentam o transporte como uma das etapas do ciclo de vida, por ser uma atividade potencialmente geradora de impactos ambientais, e que ocorre no ciclo de vida de todos os produtos.

Para Thomas e Callan (2010), essa ferramenta analítica examina o impacto ambiental de um produto ou processo através da avaliação de todos os seus estágios, da extração das matérias-primas até o descarte final.

Wenzel et al (1997 1997 ou 2000, pag. 38) demonstra as quatro fases de ACV desenvolvidas pela Agência de Proteção Ambiental da Dinamarca, instituições de pesquisa e empresas dinamarquesas para a inserção da variável ambiental em projetos de produtos industriais:

- a) definição de metas: define o propósito do estudo, mostrando as decisões que devem ser apoiadas por meio dele;
- b) definição de escopo: envolve o produto, partes dele que serão avaliadas, categoria de impactos previstos na avaliação, período de tempo a considerar quanto aos potenciais impactos e a validade de decisões tomadas a partir da ACV;
- c) inventário: descreve as fontes de dados, a motivação para escolha destes e procedimentos para coleta;
- d) avaliação de impacto: classifica as categorias de impacto ambiental provocadas por cada utilização de recursos ambientais no processo produtivo, a magnitude e ponderações sobre estes impactos variados.

Buscando obter oportunidades de melhoria no desempenho ambiental de uma empresa, a ACV estabelece comparações entre:

- a) impactos ambientais de diferentes produtos com função similar, bem como de diferentes tipos de tratamento de resíduos;
- b) quantidade de energia gasta para se obter um produto, segundo sua origem (insumo virgem versus material reciclado);
- c) impacto ambiental de diferentes destinos para um determinado resíduo (reciclagem *versus* compostagem de papel) (Aquino et al, 2008).

A Norma NBR ISO 14040/2001 estabelece e padroniza as fases de um estudo de ACV: Fase 1- Definição do objetivo e escopo do estudo; Fase 2 – análise do inventário; Fase 3 – avaliação dos impactos ambientais; Fase 4 – interpretação.

Após a realização dessas fases, verificam-se os seguintes benefícios:

- a) identificação de pontos críticos do ciclo de vida do objeto em estudo que precisam ser melhorados, a partir da avaliação da análise do inventário;
- b) indicação de melhorias ambientais através da identificação, avaliação e escolha de opções;
- c) estimativa de ganhos ambientais, provenientes das melhorias sugeridas e adotadas (aumento da eficiência energética, aproveitamento eficiente dos resíduos, tratamento de efluentes implantados etc.).

Sua função primordial, no entanto, é auxiliar os gestores na tomada de decisões para obterem melhoria no desempenho ambiental de suas empresas, pela diminuição dos impactos ambientais. Isto designa a ACV como um instrumento essencial para a moderna administração. Em contrapartida, a mesma caracteriza-se por uma alta complexidade em sua estrutura e execução, além de custos elevados, quando da primeira avaliação de um produto, processo ou sistema. Vários programas computacionais têm sido desenvolvidos no intuito de tornar a ACV uma ferramenta mais acessível para as organizações interessadas, mas as pesquisas ainda estão em fase inicial, dada a diversidade de fatores que devem ser incluídos na análise de cada produto.

3.3 Simbiose Industrial

O termo “simbiose” origina-se nos estudos de Ecologia. Conforme Odum e Barret (2007), simbiose significa “viver junto” e, às vezes, tem o mesmo sentido de mutualismo, quando as interações entre duas espécies trazem efeitos benéficos

para ambas. Na simbiose, há uma convivência harmônica, em que dois ou mais seres de espécies diferentes contribuem com seus esforços para que a comunidade cresça, sem prejuízos individuais. Daí surge a ideia de um ecossistema. É demonstrado na figura a seguir um fluxograma da primeira experiência bem sucedida de simbiose industrial, desenvolvida em Kalundborg, Dinamarca, que tornou-se referência para governos, academia e empreendedores que iniciaram seus projetos de PIE.

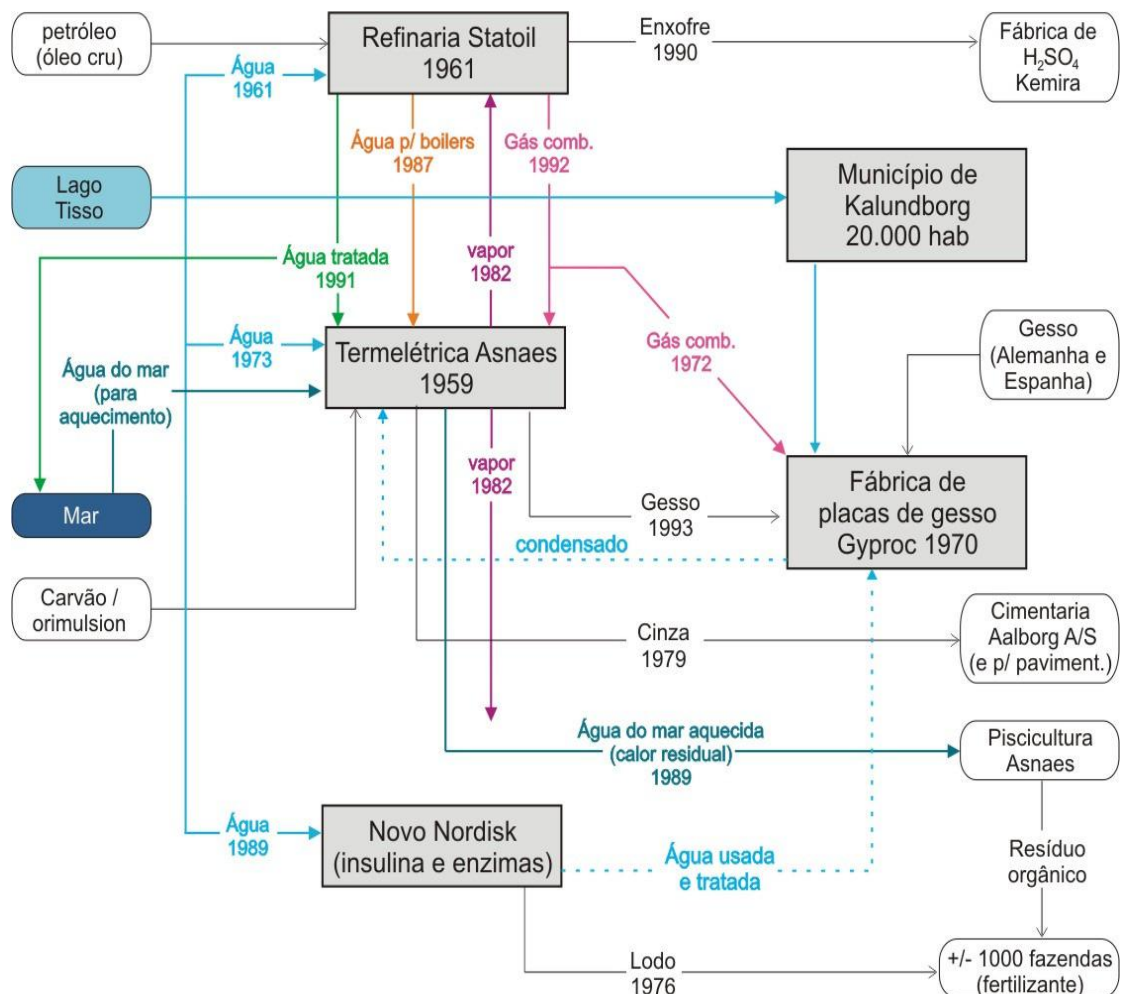


Figura 3: Fluxograma da SI em Kalundborg, Dinamarca. Fonte: MORAES (2007).

Pode-se observar que o sistema é executado em torno de uma refinaria e uma usina termelétrica (empresas âncora), que fornecem e captam, ao mesmo tempo, insumos e resíduos para organizações menores, comprovando a funcionalidade da SI. A figura demonstra, além disso, que o sistema é configurado

para recepcionar outras empresas, uma vez que a SI busca abranger o maior número possível de participantes nas atividades de permuta, reaproveitamento e reciclagem de resíduos.

Ehrenfeld e Gertler (2001, p. 102, citado por Veiga, 2007), define o ecossistema industrial como uma rede de empresas e/ou indústrias, localizadas em uma determinada região que interagem umas com as outras permutando seus resíduos, tendo como incentivos: redução no consumo de materiais e de energia, redução na disposição de resíduos, aumento da eficiência energética e maiores ganhos econômicos.

A partir desses conceitos, a simbiose industrial surgiu como ferramenta da Ecologia Industrial, abordando determinada comunidade econômica (atividade industrial e comercial, preliminarmente), na qual ocorre a colaboração mútua entre os agentes envolvidos. A proximidade geográfica destes e as potenciais sinergias nos fluxos de matéria e energia possibilitam vantagens competitivas, em princípio. Os benefícios não se restringem, no entanto, ao âmbito empresarial, mas atingem a comunidade do entorno e outras mais distantes, de forma indireta. A sustentabilidade socioambiental pode ser alcançada em todos os seus aspectos: saúde pública, saneamento, empregabilidade, economia de recursos naturais etc. Tecendo uma analogia entre a ecologia industrial e a simbiose industrial, valeria dizer que a ecologia industrial representa um campo de estudo e pesquisa e a simbiose industrial representa uma possível maneira de aplicação dos princípios da ecologia industrial.

Segundo Veiga (2007), o *Business Council for Sustainable Development* (BCSD), em 1997, conceituou a simbiose industrial como a integração e cooperação entre indústrias de diferentes tipologias, o setor agrícola e a comunidade na qual os resíduos produzidos por uma indústria seriam utilizados como matéria prima por outra, resultando em ganhos econômicos, sociais e ambientais.

Para Chertow (2000), a simbiose industrial é assim definida:

A SI, parte integrante da EI, estuda o intercâmbio de matéria, resíduos, água e energia em uma economia a nível local ou regional. A SI tem por objetivo integrar as indústrias que operam de forma isolada a operarem de forma coletiva, onde a cooperação e o intercâmbio físico de matéria, resíduos, água e energia entre as indústrias resulta em vantagens competitivas. O sucesso da SI depende da cooperação, da integração e de possíveis sinergias desenvolvidas entre indústrias localizadas em uma mesma localidade geográfica.

Vários países vêm desenvolvendo técnicas para aplicar o conceito de simbiose industrial em suas atividades produtivas, buscando a geração zero de resíduos e uma gestão ambiental eficiente, à medida que o bem-estar social, a economia e o meio ambiente são integrados em um sistema sinérgico. Para as indústrias, este baseia-se na permuta de resíduos, energia e água, que, segundo Veiga (2007), objetiva reduzir o consumo de recursos naturais e os danos ao meio ambiente (poluição e resíduos), ao mesmo tempo em que melhora a performance empresarial, com a redução de custos operacionais, ganhos econômicos, aumento nos lucros, maior aceitabilidade no mercado e inserção em novos nichos de negócios.

3.3.1 Vantagens da SI

De acordo com Veiga (2007), adaptado de Korhonen (2005), um modelo de simbiose industrial confere os seguintes ganhos para um ecossistema industrial:

- a) ambientais: redução no consumo de matéria-prima, água e energia (substituídos por resíduos); redução dos resíduos dispostos e dos efluentes lançados no meio ambiente;
- b) sociais: novas e melhores oportunidades e condições de trabalho, maior participação e cooperação da comunidade;
- c) econômicos: redução de custos de aquisição e transporte de matéria-prima, água e energia; conformidade com a legislação ambiental; melhora da imagem no mercado (marketing verde); redução de custos com gestão de resíduos e controle de emissões; menor custo com controle ambiental.

3.3.2 Condicionantes da SI

Gertler (1995), mencionado em Veiga (2007), aponta alguns fatores condicionantes da aplicação efetiva da SI: tipologia das indústrias do ecossistema industrial, oferta de insumos e demanda destes insumos pelas indústrias, legislação ambiental em vigor, integração e cooperação entre as indústrias, além do interesse comum.

3.4 Parque Industrial Ecológico

Há diversas terminologias utilizadas para denominar uma área de concentração industrial: pólo industrial, distrito industrial. Frente às demandas de inserção da variável ambiental nesses cenários, verifica-se em desenvolvimento uma nova perspectiva, que é o parque industrial ecológico (PIE), eco-parque industrial ou parque ecológico industrial, a partir de meados da década de 1990. Em diversas partes do mundo já existem estruturas consolidadas desse novo modelo de complexo industrial. São comunidades empresariais que cooperam entre si, para o uso eficiente dos recursos naturais, serviços e infra-estrutura, incluindo o ente público (município ou estado da federação), levando a ganhos econômicos, ambientais e sociais.

Organismos internacionais formularam conceitos de parque industrial ecológico, sendo este considerado um instrumento de gestão ambiental inovador, na medida em que congrega os três pilares do desenvolvimento sustentável (econômico, social e ambiental) em um único complexo. Citam-se, exemplificando:

Uma comunidade de empresas de serviço e manufatura que atingem um melhor desempenho ambiental, econômico e social através de parcerias, cooperação e integração entre os atores envolvidos. A cooperação pode ocorrer na gestão integrada de resíduos, co-geração de energia, intercâmbio de tecnologias, e intercâmbio de infraestrutura, intercâmbio de serviços, entre outros. A integração ocorre entre as indústrias, entre estas e a comunidade e entre as indústrias, comunidade e o meio-ambiente. Trabalhando de forma integrada, os parceiros buscam alcançar benefícios coletivos que são maiores do que os benefícios alcançados de forma individual, caso cada um deles procurasse otimizar sua atividade. (US-EPA, 1994).

Uma comunidade de indústrias que cooperam entre si e com a comunidade local para de forma eficiente permutar recursos e serviços (matéria-prima, energia, água, infra-estrutura, informação, transporte, etc), resultando em ganhos econômicos, na qualidade do meio ambiente e em uma melhor qualidade de vida para os trabalhadores e para a comunidade local, obtidos através de uma gestão ambiental mais cooperativa entre os atores envolvidos." (*President Council of Sustainable Development* -PCSD, 1996; Um distrito industrial onde as sinergias ocorrem de forma planejada, minimizando o consumo de matéria-prima e de recursos naturais, a geração e disposição de resíduos, além de construir uma relação sustentável entre os atores envolvidos, integrando o desenvolvimento econômico, social e ambiental. (PCSD, 1996).

Associação de indústrias, negócios, serviços e da comunidade local em busca do melhor desempenho ambiental, econômico e social por meio da otimização dos recursos naturais, da produção mais limpa, da prevenção da poluição e da cooperação mútua (*Indigo Development*, 2005)

O conceito de PIE, assim, abrange todos os princípios da ecologia industrial, sendo incluídos a arquitetura e construções sustentáveis e o planejamento (Lowe, 2001, citado em Veiga, 2007). Sua proposição se baseia em operações empresariais dentro de uma comunidade em cooperação com interesses comuns de incremento econômico, preservação ambiental e desenvolvimento social.

O diferencial do PIE está no enfoque de uma gestão ambiental cooperativa e integrada, envolvendo as organizações públicas e privadas, gestores, comunidade e outros setores participantes no processo. Lowe (2001) indica alguns termos que caracterizam o PIE: gestão ambiental cooperativa, comunidade de indústrias, minimização dos resíduos dispostos, redução do consumo de recursos naturais, ganhos econômicos, ambientais e sociais.

O mesmo autor apresenta uma definição para o PIE:

O PIE é uma comunidade de empresas / indústrias que buscam melhorar seu desempenho econômico, social e ambiental cooperando e desenvolvendo parcerias umas com as outras e com a comunidade. As indústrias otimizam a produção, aumentam o lucro (redução dos gastos com aquisição de matéria prima substituídas por resíduos, gastos com transporte, com a disposição de resíduos, com serviços comuns) e reduzem os impactos ao meio-ambiente (poluição/resíduos) e à saúde da comunidade ao trabalharem de forma integrada.

Para que o PIE tenha viabilidade operacional, deverá ter uma estrutura flexível, que varie de acordo com o perfil das indústrias participantes, demais empresas e os aspectos socioeconômicos e culturais da região. Além destes, a participação do ente público como cooperador do sistema tem significativa relevância, na medida em que formalize políticas de incentivo ao PIE. Assim, a concepção de um PIE será delimitada pelo mercado e pelas limitações do ambiente.

As exigências de legislações ambientais e trabalhistas são fatores de incentivo para as organizações ingressarem nesse conceito de gestão ambiental cooperativa, haja vista a redução de questões envolvendo medidas restritivas, multas e indenizações de caráter trabalhista ou ambiental.

Além disso, o marketing ambiental trabalhado a partir da participação de uma indústria no PIE melhora sua competitividade no mercado de atuação, quando esta expõe suas ações de preservação e controle ambiental para o público interno e externo. Compartilhamento de recursos físicos e tecnológicos, aplicação de resíduos

como insumos no processo produtivo, uso eficiente de energia e água, intercâmbio de informações, conhecimento e experiências entre as empresas são exemplos dessas ações. Elas aumentam o desempenho ambiental e econômico da indústria, resultando também em maior retorno financeiro.

3.4.1 Tipologia de PIE

Pesquisadores internacionais desenvolveram algumas tipologias de PIEs. Para Chertow (2000), da Universidade de Yale, existem cinco metodologias para o funcionamento de um PIE:

- a) intercâmbio externo de resíduos: elabora-se um banco de dados onde os resíduos demandados e ofertados pelas indústrias são permutados. Cita-se, por exemplo, a Bolsa de Resíduos da Federação das Indústrias do Estado do Ceará;
- b) intercâmbio interno de resíduos: entre indústrias de uma mesma corporação ou uma única indústria onde ocorre a troca de resíduos. Como exemplo, consideramos o retorno de peças e partes de equipamentos eletrônicos obsoletos para quem os fabrica;
- c) indústrias localizadas em um mesmo distrito industrial: as empresas podem permutar resíduos, materiais, água e energia, compartilhando também informações, recursos humanos, força de trabalho, treinamento, licenças, restaurante, áreas de lazer, transporte e serviços de marketing. Esta tipologia, que efetivamente utiliza os princípios e ferramentas da EI, necessita ser efetivamente coordenada para que os objetivos do PIE sejam alcançados;
- d) indústrias não localizadas no mesmo parque industrial: há o intercâmbio entre indústrias de uma mesma área geográfica, com a possibilidade de adesão de novas indústrias ao sistema. Os fatores de custos com logística e a infraestrutura são relevantes para o funcionamento deste tipo de PIE;
- e) indústrias organizadas virtualmente: este modelo é adotado por indústrias situadas em diferentes regiões, que não tencionam mudar sua localização.

Segundo Mitchell (2002), da Universidade de Southern, Califórnia, novas nomenclaturas com seus respectivos aspectos foram apresentadas para os PIEs:

- a) Parque Colocalizado: as indústrias se localizam em um mesmo distrito industrial, onde o fluxo de resíduos é realizado por meio de dutos. A proximidade favorece a integração e a cooperação entre as organizações, além de permitir a existência de infraestrutura, informações, conhecimentos, treinamento, suporte técnico, estrutura física, gestão, transporte, lazer e outros serviços compartilhados;
- b) Parque Virtual: o fluxo de resíduos é feito entre as regiões, auxiliado por sistemas de informática e logística que otimizam as ligações e a logística entre as indústrias participantes;
- c) Parque de Recuperação de Recursos: um complexo de reciclagem, manufatura e revenda localizado dentro do parque fornece os insumos para as outras indústrias;
- d) Parque de Tecnologia Verde: tecnologias limpas são desenvolvidas a partir de incentivos públicos, podendo as indústrias situarem-se no mesmo parque ou não;
- e) Parque Ecoindustrial: identifica as potenciais relações econômicas, ambientais e sociais entre as indústrias, de forma a reduzir os impactos resultantes da atividade industrial no meio ambiente e na comunidade. Os princípios da EI são adotados objetivando atingir o desenvolvimento sustentável, através de uma gestão ambiental cooperativa. Daí resultam vantagens competitivas para as indústrias;
- f) Sistema de Gestão Ambiental (SGA): as indústrias devem obter certificação pela norma internacional de gestão ambiental ISO 14001 e trabalharem de forma integrada para implementar um SGA buscando estratégias para a redução do consumo de recursos naturais, minimização da poluição do ar, água e solo e a diminuição de resíduos gerados e dispostos no processo produtivo.

3.4.2 Benefícios gerais de um PIE

Em princípio, todos os matizes verificados na EI indicam inúmeros benefícios potenciais quando da operacionalização de um PIE. Veiga (2007), em pesquisa

realizada referente ao assunto, enumera as seguintes vantagens, no âmbito do desenvolvimento sustentável:

a) ambientais:

- redução da quantidade de resíduos dispostos no meio ambiente;
- desenvolvimento de tecnologias ambientais;
- recuperação e preservação de áreas verdes;
- redução de impactos ambientais;
- consumo sustentável de recursos naturais;
- proteção dos ecossistemas e habitats naturais;
- soluções ambientais inovadoras;
- redução da poluição;
- melhoria ambiental contínua;
- recuperação dos distritos industriais abandonados;

b) económicos:

- redução nos custos para disposição de resíduos;
- receita proveniente da venda dos resíduos;
- otimização da produção - redução dos custos operacionais (energia, matéria-prima e água);
- aumento na produtividade dos empregados;
- vantagem competitiva: aumento da presença e liderança no mercado;
- redução dos danos ao meio ambiente (poluição e resíduos);
- redução do passivo ambiental;
- melhora na relação fornecedor/cliente;
- aumento na aceitabilidade da indústria no mercado (imagem verde);
- facilidade de acesso a financiamentos;
- menor vulnerabilidade das indústrias - parceria em rede;
- maior conhecimento da legislação;
- acesso a novas camadas do mercado;
- maximização dos ativos – maior lucro;

c) sociais:

- educação e capacitação de recursos humanos;
- aumento do número de empregos;
- diversificação de negócios;

- maior oportunidade de negócios locais;
- maior conscientização da questão ambiental: uso mais eficiente dos recursos;
- melhor qualidade de vida para a comunidade (programas sociais);
- ganhos econômicos e sociais resultantes da parceria comunidade/indústria;
- melhora na saúde dos empregados e da comunidade;
- criação de uma economia paralela que reutilize os resíduos das indústrias;
- melhora no meio ambiente;
- indústrias sustentáveis = criam-se empregos sustentáveis;
- melhor ambiente de trabalho;
- aumento na base tributária (governo)

Já Tanimoto (2004) enumera para quatro grupos de interessados os resultados para o desenvolvimento sustentável, obtidos com o PIE:

a) organizações privadas:

- redução de custos por conta da comercialização de subprodutos e redução de descarte de resíduos;
- necessidades identificadas e priorização da pesquisa científica e tecnológica;
- identificação de oportunidades de eficiência energética;
- análises econômicas das sinergias;
- marketing ambiental pela inclusão de subprodutos na produção, reduzindo a demanda por recursos naturais;
- incentivo ao relacionamento com os demais parceiros do complexo.

b) organizações governamentais:

- aumento da receita tributária, pela expansão da base de tributos;
- adesão de empresas a programas de redução de impactos ambientais;
- oferta de novos postos de trabalho e financiamentos para projetos ambientais;
- melhora da qualidade ambiental, pela redução de poluentes;
- uso de incentivos fiscais para promover as sinergias;

- melhoria do planejamento estratégico para a região;
- atração de novos negócios para a região;
- revisão conjunta de instrumentos normativos.

c) academia:

- instituição de novos cursos de formação;
- busca de novas linhas de financiamento para futuros projetos;
- iniciação de novas linhas de pesquisa;
- agregação de valores ao conhecimento através de projetos de simbiose industrial;
- envolvimento de novos parceiros potenciais;

d) sociedade:

- resposta a pressões sociais para melhoria da performance ambiental
- demonstração de liderança empresarial para o desenvolvimento sustentável;
- atendimento ao relatório socioambiental das instituições privadas;
- benefícios indiretos para os fornecedores e consumidores quanto a preocupação com a análise do ciclo de vida do produto;
- elaboração de índices de sustentabilidade empresarial;
- melhoria no ambiente de trabalho com uma maior segurança laboral e satisfação pessoal;
- desenvolvimento das relações com empresas, academias, órgãos ambientais e instituições financeiras;
- identificação e criação de novas empresas que possam dar continuidade ao aproveitamento dos subprodutos gerados na região (decompositores finais);
- melhoria da qualidade ambiental da comunidade além da promoção do desenvolvimento econômico e revitalização da economia regional;
- promoção de um intercâmbio de oportunidades com empresas de fora da região;
- soluções ambientais inovadoras com a minimização dos impactos nos ecossistemas por meio do melhor uso dos recursos naturais.

Frente aos benefícios expostos, verificam-se amplas possibilidades de convencimento dos órgãos públicos e setor privado em adotarem esse novo conceito de gestão ambiental, com vistas a um desenvolvimento sustentável mais efetivo.

3.4.3 Desafios e condicionantes de um PIE

Não obstante as vantagens da operacionalização de um PIE em uma região industrial, alguns autores levantam alguns questionamentos que devem ser considerados. Fleig (2000) e Tudor *et al* (2006, citados por Veiga, 2007) apontam algumas possibilidades negativas para o desenvolvimento de um PIE:

1. Criação de dependência entre as indústrias: quanto maior o grau de cooperação e parceria desenvolvidas, maior a interdependência e conseqüentemente, maior os riscos advindos desta dependência. As indústrias que utilizem ou forneçam resíduos correm o risco de perder o fornecedor ou o mercado caso alguma planta venha a fechar, devendo buscar no mercado nova fonte de obtenção de “matéria-prima”. O risco torna-se maior ainda, se a indústria investiu em infra-estrutura ou em logística para acomodar as alterações necessárias a troca de resíduos. Este risco não deve ser considerado pela indústria individualmente, mas pelo PIE como um todo.
2. Contínua dependência em materiais perigosos: dado às vantagens financeiras da permuta e/ou comércio de resíduos perigosos ou não, as indústrias não terão incentivo em substituir as substâncias responsáveis pela geração destes resíduos por substâncias não tóxicas.
3. Obstáculo ao desenvolvimento de novas tecnologias: com as vantagens econômicas resultantes da permuta de resíduos, as indústrias não têm incentivo em investir em novas tecnologias de minimização de resíduos, continuando a utilizar tecnologias, que poluam o meio ambiente.
4. Maior custo e prazo necessários à implementação do empreendimento, conseqüentemente maior período para retorno do investimento (*pay back period*): planejamento, urbanização do terreno, instalação da infra-estrutura, processo construtivo, arquitetura das unidades industriais e operacionalização do PIE como um todo.

3.4.4 Experiências mundiais de desenvolvimento de PIEs

São mencionados neste tópico os países em que se verificou a existência de PIEs em operação ou em desenvolvimento. Estes são encontrados na Europa, América do Norte, Ásia, além de iniciativas na América Latina, conforme o levantamento de Veiga (2007).

3.4.4.1 Europa

Na Europa, em 2004, foi editado um trabalho acerca das Políticas Nacionais para Ecoparques, abrangendo os aspectos atuais dos planos, políticas e situação dos parques industriais da Finlândia, Alemanha, Portugal e Holanda. O desenvolvimento de PIEs se destaca na Dinamarca, Holanda e França. Além destes, as outras experiências do continente europeu demonstram que na maioria dos países ocorrem a parceria entre os setores público e privado, a co-localização de empresas em um mesmo distrito industrial, que poderá estar abandonado ou não.

A literatura especializada aponta o PIE Kalundborg, desenvolvido a partir de 1970 e localizado na Dinamarca, como paradigma a ser imitado pelos países interessados na ecologia industrial, e como instrumento de gestão ambiental. Houve cooperação entre 5 indústrias e o governo municipal, com o triplice propósito de cumprir a legislação ambiental, redução de custos operacionais e o gerenciamento dos resíduos industriais, com o aproveitamento eficiente da água pelo governo local e as empresas industriais. O PIE Kalundborg caracteriza-se pela redução do consumo de recursos naturais; reutilização de água, energia e resíduos; redução de impactos ambientais; intercâmbio de resíduos e utilização eficiente das matrizes energéticas.

Nos Países Baixos, desde 1998, existem 62 ecoparques, conforme é chamado o instrumento de ecologia industrial. Segundo o Ministério da Economia, foram definidos como um meio cooperativo entre indústrias e governo para reduzir os impactos ambientais e o uso ineficiente dos recursos ambientais, melhorando o desempenho ambiental das indústrias. No entanto, o terceiro setor e a comunidade da Holanda não são incentivados à participação no desenvolvimento de PIEs.

Na França, foi proposto um programa de gestão ambiental cooperativa para os setores público e privado, com alguns elementos distintos e uma prévia análise conjuntural econômica, social e ambiental. Já existem 2 PIEs em operação e mais 5 em desenvolvimento, segundo Rosenthal & Côté, 1998, citados por Veiga, 2007.

Verifica-se em Portugal a experiência do Concelho de Chamusca, que decidiu implantar um PIE, em iniciativa pioneira no país. O projeto data de 2005, numa área com cerca de 1 800 hectares disponíveis para projetos em resíduos, energia e ambiente. No local já existem empresas instaladas, havendo bastante interesse de novas indústrias em incorporar-se ao Eco Parque do Relvão. Há recicladoras de plásticos, metais, madeira já instaladas, e cerca de duas dezenas de empresas

ligadas a serviços ambientais. Destacam-se as duas únicas unidades especializadas em tratamento de resíduos perigosos do país. Destaca-se também o Eco-Parque Industrial de Estarreja, próximo a Aveiro.

3.4.4.2 América do Norte

A América do Norte apresenta em seus três países experiências de PIEs. Em 1994, o Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável e a Agência de Proteção Ambiental Americana (USEPA) desenvolveram o conceito de PIE como um instrumento para a promoção do desenvolvimento sustentável (Veiga, 2007). Dois anos depois, um financiamento foi liberado para o desenvolvimento de um projeto de parque industrial ambientalmente sustentável, para promover a criação de empregos, novas tecnologias, novas oportunidades de melhoria do desempenho econômico, social e ambiental.

Este fato indicou o início do desenvolvimento de PIEs nos Estados Unidos. No mesmo ano, quatro modelos de PIEs começaram a ser desenvolvidos em diferentes regiões dos EUA. Em seguida, várias comunidades apoiaram a iniciativa para tentarem recuperar áreas contaminadas. Até 2001, havia 40 comunidades desenvolvendo projetos de implantação de PIEs. Deste ano para cá, vários estudos foram empreendidos para verificar o desenvolvimento e os resultados das operações de PIEs no país.

O interesse de PIEs no Canadá ocorreu por parte das universidades, que mais tarde também se estendeu aos setores público e privado. Alguns projetos piloto foram desenvolvidos a partir de 1994, dentre eles destacando-se o projeto conduzido pela Universidade de Dalhousie, que objetivava transformar um parque industrial existente em um PIE. Atualmente existem 3 agências governamentais canadenses encarregadas do desenvolvimento de PIEs, e as indústrias canadenses têm encontrado nos PIEs possibilidades de auferirem as vantagens descritas em tópico anterior.

No México, foi lançado um projeto piloto de sinergia de resíduos em Tampico, que envolveu 21 indústrias e foi replicado em outras localidades norte-americanas.

3.4.4.3 Ásia

Com os cerca de 4.000 distritos industriais em operação na Ásia, vários países buscam um instrumento que viabilize um crescimento sustentável de suas economias e sociedade. Assim, alguns países estão implementando os PIEs (Chiu, 2001, citado por Veiga, 2007). Segundo o mesmo autor, a implantação de PIEs na Ásia é motivada pelas seguintes situações:

- a) aumento da consciência ambiental;
- b) incentivo e conscientização pública à prática da reciclagem e ao reuso de resíduos;
- c) conformidade com a legislação ambiental;
- d) possibilidade de obter maior vantagem competitiva no mercado global;
- e) acesso a novos mercados;
- f) construção de uma imagem corporativa sustentável;
- g) desenvolvimento de negócios ecos-sustentáveis (*eco business*).

Na China os PIEs apresentam-se como uma possibilidade alcançar o desenvolvimento sustentável. Veiga (2007) menciona Lowe (2005) ao indicar os desafios para a implementação deste instrumento em seu território: a ineficiência da gestão de projetos, obsoleta em relação aos mecanismos adotados atualmente, e a prevalência do setor público sobre o setor privado no planejamento e execução de projetos de PIE.

No ano de 2000, a autoridade industrial da Tailândia implementou uma iniciativa com o órgão alemão de cooperação técnica (GTZ) para introduzir os princípios dos PIEs nas políticas nacionais, objetivando transformar os 29 distritos industriais existentes no país em PIEs.

Com a liderança do Centro Nacional de Produção Mais Limpa da Coreia do Sul, seis distritos industriais, dos 504 existentes no país, foram selecionados como projeto piloto para transformarem-se em PIEs (Lowe, 2005, citado por Veiga, 2007). Tais projetos encontram-se em fase de planejamento.

O distrito industrial de Naroda, noroeste da Índia, incorporou em suas atividades os princípios da EI, a fim de alcançar uma gestão eficiente de resíduos. Com a variedade de tipologias industriais existentes em Naroda, viabiliza-se o desenvolvimento de sinergias de resíduos. O primeiro passo dado foi a formulação de um inventário de resíduos e um informativo para estimular a cooperação e parceria entre as indústrias, além do desenvolvimento de ações ambientais. Foram

estabelecidos também um Centro de Produção Mais Limpa e um Centro de Educação Ambiental (Patel, Modi, Patwari, Wilderer, 2003, mencionados por Veiga, 2007).

Diante do passado de intensa degradação ambiental, os líderes governamentais japoneses incentivaram algumas iniciativas no país PIE, por identificarem neste uma possibilidade de atingir o desenvolvimento sustentável. Aproximadamente sessenta PIEs estão operando ou em desenvolvimento no Japão (Morikawa, 2000, citado por Veiga, 2007). Fatores ambiental, político, econômico, social, geográfico e demográfico estimularam a implementação de PIEs no território japonês. O PIE de Fujisawa figura como referência internacional, uma vez que abrange residências, instalações comerciais, áreas agrícolas, áreas naturais, serviços públicos, de infra-estrutura e várias indústrias. Seu objetivo principal é a obtenção do nível zero de resíduos, simultaneamente à demonstração da efetividade de novas tecnologias ambientais. No centro do PIE estão as estações de purificação de água, de tratamento de esgoto e de geração de energia.

3.4.4.4 América Latina

Particularmente na Colômbia e em Porto Rico a implementação de PIEs vem sendo vistos pela comunidade e governos como um mecanismo que favoreça um desenvolvimento mais sustentável (Arroyo, 2004, citado por Veiga, 2007). Academia, indústrias e setor público interagem para os projetos de desenvolvimento de PIEs. Em 1997, a Colômbia adotou o conceito de PIE objetivando uma remodelação da estrutura industrial e o desenvolvimento sustentável, e tornou-se uma das estratégias do Plano de Gestão Ambiental Colombiano. Atualmente, 4 projetos de PIEs estão em andamento, com tipologias diferentes, com o intuito de desenvolver-se um modelo de PIE a ser adotado em todo o parque industrial do país.

Em Porto Rico, encontra-se o PIE de RENOVA. Uma usina de energia de lixo utilizaria todos os resíduos gerados pela comunidade e pela atividade agrícola como matéria prima e combustível para gerar energia limpa (Abuyuan, 2000), mencionado por Veiga (2007). Espera-se uma significativa economia de gastos com energia e uma geração quase zero de resíduos. Estudos foram realizados, sendo constatado que Porto Rico detém as condições necessárias para adotar os PIEs como

instrumento de desenvolvimento econômico, de proteção ambiental e inserção do país nos mercados globais.

4 METODOLOGIA

A coleta de dados para compor o trabalho baseou-se em pesquisa na literatura nacional, internacional e sítios da internet, podendo a metodologia ser classificada quanto à finalidade, natureza, objetivos, forma de abordagem e procedimentos técnicos.

Referente à finalidade (Appolinário, 2007), a pesquisa é aplicada, ao objetivar o levantamento de informações e conhecimentos específicos para aplicação em um caso prático, envolvendo uma realidade local: distritos industriais de Maracanaú-CE, com as tipologias das empresas, e a infraestrutura do município. Estes itens compõem o universo da pesquisa, que não necessitou de delimitação de amostras.

Na sua abordagem ocorre o aspecto qualitativo (natureza da pesquisa), havendo a análise dos dados coletados de forma descritiva, sem a necessidade de análises estatísticas. Seus objetivos têm caráter exploratório, ao tentar identificar os elementos do estado da arte em estudo para subsidiar a implantação de um PIE no município de Maracanaú-CE.

Quanto aos procedimentos técnicos, é uma pesquisa bibliográfica, fundamentada em publicações acadêmicas e técnicas, além de informações extraídas de endereços eletrônicos da internet, que serviram para a formação do referencial teórico. Destaca-se o trabalho de Veiga (2007), que apresentou uma proposta de diretrizes de implantação de um PIE, cujos itens foram analisados e discutidos, e nortearam os estudos pretendidos.

5 RESULTADOS

Os resultados obtidos através da metodologia proposta dividem-se em:

- a) caracterização do Município de Maracanaú-CE e seu parque industrial. Fez-se necessária, para uma maior compreensão do presente trabalho, uma exposição acerca do estado da arte do sítio onde se pretende diagnosticar as condicionantes e potencialidades para a implantação de um PIE, em suas realidades industrial e de infraestrutura de transportes, saneamento e energia, além de aspectos geográficos gerais;
- b) fases de implantação (planejamento, projeto, construção e operação) de um PIE em Maracanaú-CE, segundo a proposta de Veiga (2007), os estudos de pesquisadores da área e os PIEs desenvolvidos em outros países, tendo em vista as características do local;
- c) modelo de simbiose industrial para início das atividades do PIE de Maracanaú-CE.

5.1 Caracterização do Município de Maracanaú-CE

Situado na microrregião de Fortaleza, Região Administrativa 1, e distando 24,6 quilômetros da capital, o Município de Maracanaú-CE foi emancipado de Maranguape-CE há 26 anos. Seu nome origina-se de uma palavra da língua tupi, que significa “lugar onde bebem as maracanãs”. Com uma altitude de 48m acima do nível do mar, apresenta clima tropical quente subúmido com chuvas de janeiro a maio e temperatura média entre 26° e 28°. Tem limites geográficos com os municípios de Caucaia (norte e oeste), Fortaleza (norte), Maranguape (oeste e sul) e Pacatuba (sul e leste), encontrado sob as coordenadas 3°52'36" de latitude e 38°37'32" de longitude. Seu relevo compõe-se de tabuleiros pré-litorâneos, e vegetação variando entre caatinga arbustiva densa, vegetação de zona litorânea, floresta subcaducifólia tropical pluvial e floresta subperenifólia pluvio-nebular.

Segundo dados do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o Censo 2010 estima uma população de 209.057 habitantes, distribuída em uma área territorial de 111,334 km². Ainda de acordo com referido instituto de pesquisa, em 2009 havia 3.152 unidades inscritas no Cadastro Central de Empresas e 3.047 empresas atuantes. No sítio oficial do Governo do Estado do Ceará na internet, é consignada uma economia baseada na atividade industrial (60,81 %) e no setor de

serviços (39,08 %), com PIB (Produto Interno Bruto) na ordem de R\$ 2.196.620.000 para o ano de 2005.

O sistema de transportes baseia-se exclusivamente em vias terrestres e o acesso de Fortaleza para Maracanaú-CE é feito através das rodovias CE-060 e CE-065. O 4º Anel Viário (sob jurisdição federal) é uma importante via de distribuição do tráfego de veículos para o município, uma vez que está localizado no seu limite territorial norte, de leste a oeste, e interliga todas as rodovias que chegam a Fortaleza: BR-020, BR-222, BR-116, CE-065, CE-060 e CE-040. Faz parte também do sistema a Via Férrea, antiga Linha Tronco Sul da RFFSA, hoje privatizada e pertencente à Companhia Ferroviária Nordeste.

Localizando-se a 56 km do Complexo Industrial e Portuário do Pecém, a 25 km do Porto do Mucuripe, em Fortaleza e a 12 km do Aeroporto Internacional Pinto Martins, Maracanaú-CE tem posição estratégica em relação aos principais mercados consumidores mundiais. No entanto, a ligação dos três subsistemas viários – federal, estadual e municipal – mostra-se deficitária, sendo comprometida a estruturação urbana. O sistema viário é composto por vias arteriais e locais, inexistindo praticamente vias coletoras que agrupariam o tráfego das vias locais e distribuíam-no nas vias arteriais.

O saneamento básico foi levantado nos enfoques fornecimento de água, rede de esgotos e gerenciamento dos resíduos sólidos. O abastecimento de água tratada de Maracanaú-CE é feito a partir do Sistema Geral de Fortaleza. A partir da linha de 800/600 mm, do setor Mondubim, é feito o abastecimento do Distrito Industrial de Maracanaú e de todos os conjuntos periféricos, destacando-se o subsistema de abastecimento de água dos conjuntos Jereissati (I e II) e Timbó, que possui uma sub-adutora de diâmetro de 600mm, um reservatório apoiado de 3.600 m³, uma estação elevatória de 845 m³/h de capacidade de bombeamento e um reservatório elevado de 600 m³ que alimenta as respectivas redes de distribuição. O Distrito Industrial de Maracanaú também conta com um sistema de abastecimento de água bruta, a partir do açude Acarape do Meio. Esse sistema é alimentado pela adutora do Acarape, com diâmetro de 800mm de aço, e por uma sub-adutora, derivada da adutora do Acarape, com diâmetro de 600mm em ferro fundido, que por sua vez alimenta um reservatório apoiado, de onde a água é recalçada para um reservatório elevado que alimenta a rede de distribuição de água bruta, exclusiva do Distrito Industrial. Dados do IPECE (2010) apontam para uma taxa de cobertura urbana de

78,83 %, segundo informações da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (Cagece)/SEINFRA, em 2009. Tal levantamento indicou ainda 9.520 ligações reais, com 8.834 destas ativadas. O sistema de esgotos apresenta uma taxa de cobertura urbana de 31.19 %, com 1.876 ligações reais e 1.784 ligações ativas.

No município não existe aterro para resíduos industriais. No entanto, verificou-se junto à Secretaria de Meio Ambiente de Maracanaú, a existência de um Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos, elaborado em março de 2008, pela consultoria FCK Construções e Projetos e Instalações LTDA. Segundo este documento a gestão dos resíduos sólidos está a cargo da Secretaria Municipal de Obras, que planeja, coordena e fiscaliza a execução do sistema de limpeza urbana do município. Já a operação do sistema é feita por empresas contratadas pela Prefeitura Municipal. A disposição final dos resíduos sólidos é dirigida ao Aterro Sanitário Metropolitano Sul, que está em operação desde o ano de 1977, e atualmente é gerenciado pela Construtora G & F. Conta com uma área total de 89,29 ha e uma usina de triagem de materiais recicláveis.

O Consumo de energia elétrica (mwh) específico para a classe industrial apresenta 662.795mw/h, com 184 ligações, que se referem ao quantitativo de indústrias, segundo a Companhia Energética do Ceará (Coelce)(IPECE, 2010).

Para um melhor entendimento acerca da estrutura do município, apresenta-se um mapa que demonstra seus limites geográficos, áreas verdes, corpos hídricos e uma reserva indígena. Além desses elementos, destaca-se o Distrito Industrial I num perímetro significativo no centro do município e seus principais bairros e distritos. Em sua porção norte, ainda existem controvérsias sobre quais seriam seus limites com o Município de Fortaleza, causando tal indefinição prejuízos para a população da área.

transporte coletivo e moderno sistema ferroviário (metrô) em fase de instalação. Possui sistema bancário com sete agências, dois postos de correios e sistema de comunicação a cargo das operadoras Oi e Embratel.

Tabela 1 - Empresas do Distrito Industrial I (DIF I).

Atividade Industrial / outras	Unidades
Produção de glisofato, inseticidas e produtos veterinários	1
Fabricação de rações balanceadas, suplementos vitamínicos e minerais para animais	1
Produtos químicos (hidróxido e sulfato de amônia, uréia e amônia)/outros produtos químicos	2
Sistemas de armazenagem e móveis de aço	1
Fabricação de emulsões asfálticas e afins	3
Distribuição atacadista de produtos de toucador, higiene, cosméticos, perfumaria	1
Beneficiamento, acabamento e corte industrial de couro	1
Fabricação de água sanitária	1
Fabricação de laminados, manufaturados, utensílios ou artefatos plásticos	3
Transportadora e logística	2
Distribuição de produtos Coca-Cola e Kaiser	1
Fabricação de tinta hidrossolúvel, esmalte, corante e solvente	2
Fabricação de pias e bacias sanitárias	1
Armazenamento de produtos (exceto inflamáveis)	2
Fabricação de materiais cerâmicos para construção, suportes cerâmicos para catalisadores e isoladores de porcelana para uso em telecomunicações	1
Aço cortado, dobrado, vergalhões	3
Fabricação de embalagens plásticas	1
Fabricação de papel e caixas de papelão	2
Fabricação de latas e tampas em alumínio, chapas de aço	1
Fabricação de peças íntimas de vestuário feminino/confecções em geral	4

Fabricação de fios de algodão, poliéster, produtos têxteis ou tecidos	12
Fabricação de forro metálico, perfil metálico, porca, parafuso, arruela, haste p/fixação de telha	1
Fabricação de bojos, espumas e palmilhas	1
Fabricação de confecções e calçados de segurança e militares	1
Fabricação de peças e acessórios para sistemas de freios	1
Comércio atacadista de móveis e eletrodomésticos	1
Fabricação de embalagens PET (politereftalato de etileno)	1
Fabricação de botijões, refrigeradores, freezers, bebedouros e fornos microondas	1
Fabricação de bobinas de papel e papel higiênico	1
Comercialização de artigos de moda	1
Fabricação de solados para calçados	1
Armazenamento frigorífico	1
Fabricação de bombas hidráulicas, acessórios para irrigação, produtos em fyberglass, disco/tambor de freio	1
Fabricação e comercialização de laminados, colchões e travesseiros de espuma	1
Fabricação de refrigerantes	2
Fabricação de quadros e sub-estações elétricas	1
Fabricação de caixas térmicas em geral, placas de isopor e embalagens industriais	1
Fabricação de produtos alimentícios	2
Distribuição de confecções (cama, mesa e banho)	1
Refeições coletivas	1
Usina de oxigênio e acetileno	1
Fornecimento de mão-de-obra para operação em armazenamento	1
Aros de alumínio, quadro para bicicleta e outros produtos afins	1
Fabricação de escória p/pavimento e lastros	1
Beneficiamento de cera de carnaúba	1
Fabricação de farinha de carne, farinha de osso (inclusive	1

autoclavada), sebo bovino industrializado	
Serviços de embalagem e empacotamento	1
Abatedouro industrial avícola	1
Estruturas de concreto armado, pré-moldados, concreto pré-misturado	2
Reciclagem e exportação de plásticos	1
Lavanderia industrial	1
Fabricação e montagem de equipamentos industriais (usinas de biodiesel)	1
Fabricação e montagem de máquinas, pórticos e pontes rolantes	1
Industrialização de refrigeradores e artigos p/lanchonetes	1
Fabricação de telhas e painéis termo-isolantes especiais	1
Terminais de carga para importação e exportação	1
Tratamento de resíduos sólidos	1
Fabricação de isolantes térmicos à base de mica	1
Fabricação de zíperes	1

O Distrito Industrial do Alto Alegre II conta com área total de 46 hectares, destinada à instalação do pólo atacadista de Maracanaú-CE, possuindo sistema de esgoto, acesso à via férrea, sistema de abastecimento de água e energia elétrica. Somente duas indústrias estão instaladas no local, atualmente.

Já o Distrito Industrial III (DIF III) detém área de 164 hectares, sistema de esgoto com tratamento em lagoa de estabilização, sistema de abastecimento de água e de energia elétrica e 25 unidades industriais em funcionamento.

Tabela 2 - Empresas do Distrito Industrial III (DIF III).

Atividade Industrial/outras	Unidades
Distribuição de óleos para fabricação de saneantes, produtos químicos para processos desengraxantes e fosfotizantes	1
Fabricação de móveis e equipamentos de aço	1
Metalurgia e prestadora de serviços	1
Fabricação de equipamentos e acessórios para veículos e implementos agrícolas rodoviários	1
Fios têxteis/tecidos em geral	2
Fabricação de piso e revestimento cerâmico	1
Fabricação de produtos de limpeza (sabão, água sanitária ou detergente)	2
Produção de cestas básicas	1
Fabricação de rações extrusadas/balanceadas	2
Fabricação de aros de liga leve, injeção plástica (calotas) e engate para automóveis	1
Distribuição de combustíveis	1
Fabricação de placas de borracha EVA (espuma vinílica acetinada) para solados e palmilhas	1
Fabricação de argamassa para construção civil	1
Madeireira	1
Locação de máquinas	1
Fabricação de pré-moldados e artefatos de concreto	2
Concreto asfáltico, projetos, administração de obras civis	1
Fabricação de utensílios e objetos de madeira (portas, janelas, briquetes, forramentas, alizares)	1
Fabricação de porta-lâmpadas e soquetes de tempo	1
Fabricação de PET reciclado "in flakes"	1
Fabricação de tintas e supercal	1

Menciona-se também o Distrito Industrial Municipal (DI 2000), situado em uma área total de 40,54 hectares. Possui as mesmas condições de infraestrutura do DIF III e 8 indústrias em operação, com as seguintes atividades:

- a) produção de pré-fabricados de concreto para uso industrial e residencial;
- b) fabricação e montagem de componentes para fogão;
- c) fabricação de redes e acessórios de sustentação e expositores;
- d) artefatos de plásticos e utensílios domésticos;
- e) beneficiamento de granito;
- f) fabricação de injetados de PVC (cloreto de polivinila) e portas sanfonadas;
- g) fabricação de confecções;
- h) fabricação de colchas, edredões, almofadas, tapeçaria, cortinas e toalhas de banho.

Por fim, o Distrito Industrial de Piratininga dispõe de 18 hectares de área total, sem indústrias instaladas.

Nesta fase da pesquisa identificou-se um desencontro de informações coletadas, referente ao quantitativo de indústrias instaladas: Coelce/IPECE indicam 62 empresas a mais que o site do governo municipal.

Apresentam-se algumas imagens referentes ao parque industrial de Maracanaú-CE, com as devidas considerações.



Figura 5 - Panorama parcial aéreo Distrito Industrial I (1). Fonte: Disponível em: www.maracanau.ce.gov.br

Na Figura 5 identifica-se um trecho do DIF I, cabendo destacar a proximidade das indústrias. Tal situação favorece a proposta de um PIE no seguinte aspecto: a permuta de resíduos, caso possível, será a custo mínimo para os parceiros, em um PIE local. Na porção inferior, visualiza-se o abatedouro CBR, atualmente desativado.

Como esta empresa, poderá haver outras indústrias paralisadas que, de acordo com estudos de viabilidade, poderiam servir de base para uma das estruturas de uso comum do PIE. Uma perspectiva de economia de tempo e recursos ocorre sob esta realidade.



Figura 6 - Panorama parcial aéreo Distrito Industrial I (2). Fonte: Disponível em: www.maracanau.ce.gov.br.

Nesta imagem, salienta-se a grande área anexa à indústria (Gerdau), que hipoteticamente configura uma prática inadequada de destinação de resíduos. Estes vão se acumulando e, a depender de sua composição, já podem estar causando danos significativos ao ambiente local (solo, recursos hídricos, ar). Também em área adjacente, verifica-se uma porção do terreno da empresa com destinação ao plantio de árvores, demonstrando um viés de responsabilidade socioambiental insignificante em relação aos resíduos da outra área. A Gerdau Aços Longos S/A, todavia, segundo informações no seu endereço eletrônico, possui sistema de gestão ambiental formatado segundo a norma ISO 14001, projetos de RSA “é líder na

produção de aços longos nas Américas e uma das maiores fornecedoras de aços longos especiais no mundo. Possui mais de 40 mil colaboradores e presença industrial em 14 países, com operações nas Américas, na Europa e na Ásia, as quais somam uma capacidade instalada superior a 25 milhões de toneladas de aço. É a maior recicladora da América Latina e, no mundo, transforma, anualmente, milhões de toneladas de sucata em aço” (www.gerdau.com.br). A empresa também apresenta um potencial para participar da sinergia dos resíduos, pela sua própria atividade-fim.



Figura 7 - Panorama parcial aéreo Distrito Industrial I (3). Fonte: Disponível em: www.maracanau.ce.gov.br.

Num panorama mais amplo, percebe-se mais uma vez a proximidade entre as empresas. No trecho, ocorrem, em situação não recomendável, dois corpos hídricos que poderão estar recebendo rejeitos os mais variados, inclusive perigosos (classe I). Nota-se também a pouca arborização, que contribui para o aumento do desfiguramento cênico da região.

Na figura seguinte, constata-se um aspecto grave para o DIF I de Maracanaú: a proximidade de indústrias e conjuntos habitacionais. Tal ocupação de característica urbana foi surgindo por diversos fatores: necessidade dos trabalhadores residirem perto do local de trabalho; baixo custo de aquisição de

moradias na região; falta de planejamento urbano do município. Essa população deve ser contemplada numa integração positiva com as empresas, para que não tenham somente prejuízos por conta da localização de suas moradias. A indústria em evidência é a Pole Alimentos Ltda, segundo informações da AEDI (Associação das Empresas dos Distritos Industriais do Estado do Ceará), atuando como abatedouro industrial avícola. Seu potencial de participação na SI do PIE de Maracanaú-CE pode restringir-se aos efluentes a serem encaminhados à central de geração de energia e tratamento de efluentes e água, além de resíduos não industriais provenientes dos diversos departamentos da empresa.



Figura 8 - Panorama parcial aéreo Distrito Industrial I (4). Fonte: Disponível em: www.maracanau.ce.gov.br.

Aspectos positivos e negativos são encontrados na figura 9, a seguir. Observa-se mais uma vez a pouca distância entre as indústrias, que poderá favorecer um sistema comum de transporte de resíduos e distribuição de energia a baixo custo. Também vias pavimentadas que permitem o bom fluxo de veículos, facilitando as operações comuns ao PIE em perspectiva.

Por outro lado, uma espessa camada de emissões atmosféricas é visualizada e que, a despeito do monitoramento obrigatório e da cor branca, levanta suspeitas sobre os riscos de contaminação do ar na região. Verificam-se também áreas livres

em que se encontram resíduos dispensados sem qualquer critério de saneamento, como fato natural da paisagem e do convívio das pessoas que por ali transitam.

A indústria em destaque (DEL RIO) atua no mercado de fabricação de peças íntimas de vestuário, que também pode contribuir para a SI entre as outras empresas e para o mercado externo, pela natureza de seus resíduos.



Figura 9 - Panorama parcial aéreo Distrito Industrial I (5). Fonte: Disponível em: www.maracanau.ce.gov.br.

Concluindo o levantamento de dados sobre o setor industrial do objeto em estudo, apresenta-se um mapa demonstrativo da concentração de empresas no Estado, em que se pode comparar o quantitativo destas, localizadas em Maracanaú-CE, com o restante dos municípios do estado.

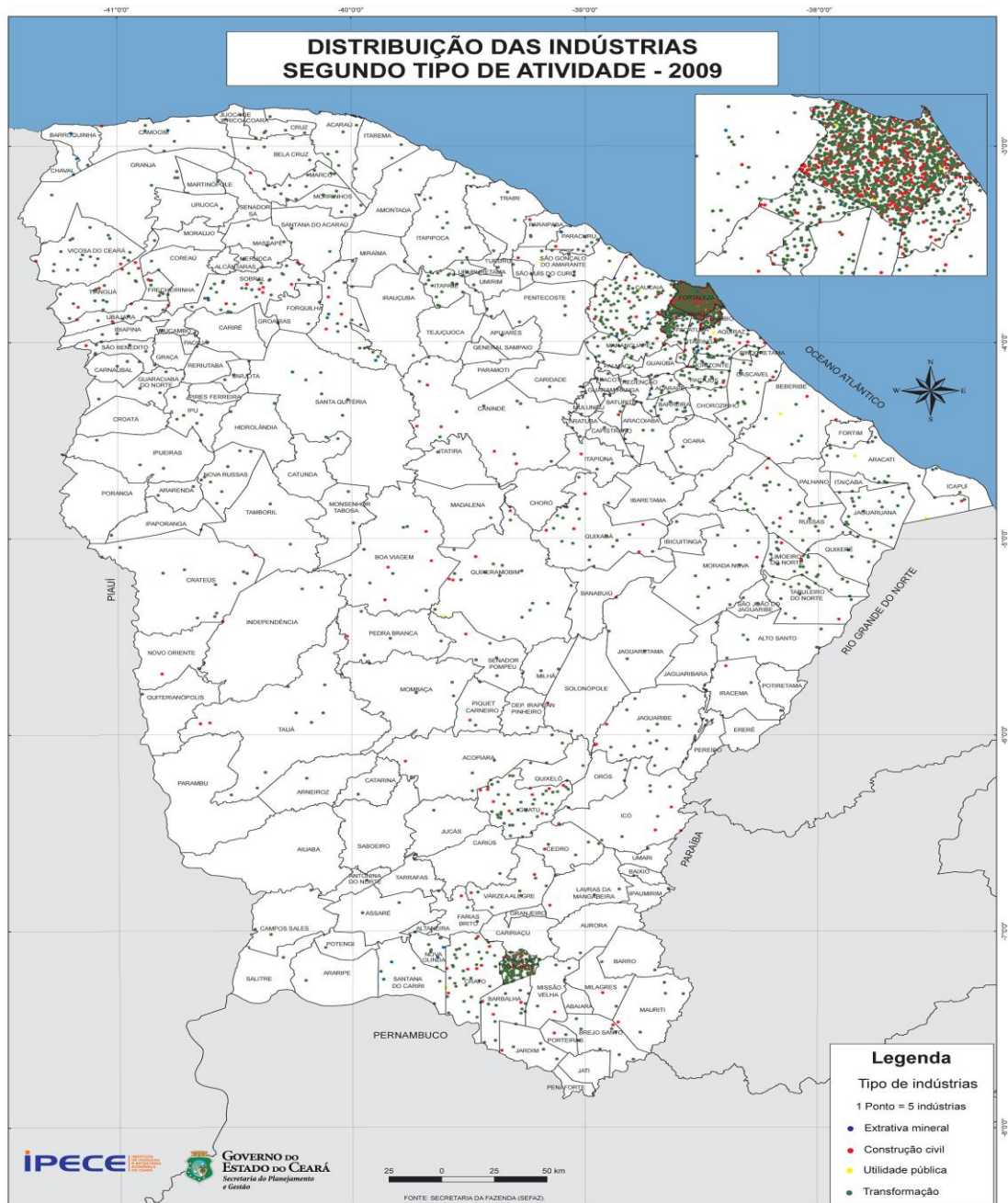


Figura 10 - Distribuição das indústrias no Estado do Ceará. Fonte: Disponível em: www2.ipece.ce.gov.br.

5.2 Fases de implantação de um PIE em Maracanaú-CE

O modelo que serviu de base para as fases propostas, e a seguir descritas, foi extraído do trabalho de Veiga (2007), que formula as diretrizes para implantação de um PIE em Paracambi, Estado do Rio de Janeiro. É composto por planejamento, projeto, construção e operacionalização do empreendimento.

5.2.1 Planejamento

Na fase inicial, é necessário considerar-se a flexibilidade no planejamento, haja vista não existir uma regra engessada para o desenvolvimento de um PIE, e a demanda das diversas partes interessadas (comunidade, setor público e privado) exigir as adaptações devidas, segundo Schlarb, 2002, citado por Veiga, 2007.

Esta etapa foi dividida em quatro itens: escolha da localização do PIE, entendimento entre as partes interessadas, seleção de empresas participantes e fontes de financiamento. Em princípio, consideraram-se como essenciais participantes as seguintes secretarias e entidades, em virtude de suas atribuições: Seplag, Adece, CEDE, Conpam, IPECE, Seinfra, Semace, AEDI, FIEC e sindicatos de indústrias (âmbito estadual), Secretaria de Meio Ambiente e Seinfra (em nível municipal) e instituições acadêmicas, cada uma contribuindo em sua respectiva área de competência. Deve-se acrescentar a importância da participação e acompanhamento de profissionais da Ciência da Administração (finanças, marketing, produção, logística, recursos humanos, sistemas e métodos, materiais etc.) em todas as fases de implantação do PIE, além de seu planejamento.

5.2.1.1 Localização do PIE

A tomada de decisão referente à localização de um PIE, por parte de seus empreendedores, é um passo importante para os mesmos, na medida em que buscam identificar o sítio que lhes proporcionará maiores vantagens competitivas, sejam ligadas a seus mercados, sejam relacionadas ao meio ambiente e comunidades do entorno. O aspecto ambiental possui relevância quando da identificação do local, pois o esforço para a diminuição dos impactos ambientais, outrora relegado na construção dos distritos industriais, agora está presente em todas as etapas de implantação. Assim, o complexo deve ser concebido de maneira a manter o equilíbrio entre ele e os ecossistemas de seu entorno. Há que se atentar para os seguintes fatores, quando desta etapa:

- a) ambiente físico e biológico (qualidade do ar, clima, recursos hídricos, níveis de ruído, geologia, geomorfologia, uso e aptidões do solo, ecossistemas terrestres, aquáticos e de transição);
- b) meio antrópico (urbanização, dinâmica populacional, uso e ocupação do solo, organização social, atividades laborais, qualidade de vida);

- c) restrições legais e ambientais ao empreendimento;
- d) presença de unidades de conservação na área;
- e) terreno necessário e disponível para o empreendimento;
- f) redes de distribuição de água e energia eficientes;
- g) infraestrutura de transporte e sistemas logísticos;
- h) mão de obra disponível para as etapas de construção e operação do PIE;
- i) incentivos governamentais;
- j) possíveis interações com atividades econômicas situadas fora do complexo.

Esses fatores de localização e seus desdobramentos devem ser analisados na seleção do local para implantação do PIE. De acordo com Schlarb, 2002, citado por Veiga, 2007, a mensuração desses fatores pode ser feita através de pesquisas, entrevistas ou por meio de questionários. Após juntada de todos esses elementos e sua análise, a viabilidade será verificada e, o local para a implantação do PIE, aprovado ou não. No município em foco, alguns aspectos irão favorecer a identificação do local:

- a) dois distritos industriais muito próximos;
- b) vias de acesso rápido;
- c) disponibilidade de mão de obra;
- d) disponibilidade de terrenos próximos aos distritos industriais;
- e) rede de distribuição de água e energia;

Para a identificação do local mais viável para a implantação do PIE, verifica-se num primeiro momento que o governo municipal e as indústrias locais (suas representações) deverão estar envolvidos diretamente numa discussão preliminar para a escolha, tendo o apoio necessário das instituições acadêmicas. Estas podem subsidiar a decisão de forma segura, uma vez que têm condições de abordar, em caráter técnico e científico, os fatores sociais, ambientais e econômico-financeiros que estarão presentes em cada alternativa de localização em análise.

As indicações de locais favoráveis com as devidas informações estruturadas deverão ser submetidas às outras entidades governamentais, num segundo momento, para a conclusão deste primeiro item da fase de planejamento.

5.2.1.2 Entendimento entre as partes interessadas

A principal finalidade de um PIE é a auferição de ganhos adicionais para o meio ambiente e as partes interessadas no empreendimento. Para tanto, é imprescindível uma cooperação efetiva entre as mesmas. Segundo Veiga (2007), o planejamento requer, para alcançar seus objetivos, ampla participação dos seguintes atores, no caso em tela, com suas principais contribuições:

- a) setor público (governo, agências e instituições públicas, bancos de desenvolvimento): financiamentos e legislações pertinentes;
- b) setor privado (indústrias, bancos privados, comércio, prestadores de serviços, instituições privadas etc.): apoio financeiro e técnico;
- c) universidades e instituições de pesquisa: desenvolvimento de tecnologias;
- d) terceiro setor: temas sócio-ambientais;
- e) comunidade: através de sugestões.

A contribuição de cada um destes agentes se dará de acordo com suas competências e atribuições na respectiva atividade, seu interesse e possibilidades de ganho, buscando o objetivo comum de implantar o PIE. A ideia da parceria na construção de um empreendimento, porém está ainda em formação no país, o que poderá ocasionar potenciais entraves ao projeto.

Como uma iniciativa para estreitar as relações de cooperação entre aqueles agentes, a divulgação do conceito de PIE dentro de uma perspectiva de desenvolvimento organizacional, através de cursos e seminários, é de grande valia, na medida em que enfatiza os benefícios que cada um dos participantes poderá obter, além de abordar os conceitos e principais elementos do projeto, suas vantagens e desvantagens. Nestes programas, podem ser apresentadas experiências internacionais de parques industriais ecológicos. Tal ação se justifica pelo desconhecimento que os atores têm sobre o assunto, particularmente no Brasil.

Para o PIE de Maracanaú-CE, estima-se que FIEC, Adece, CEDE, Conpam, sindicatos de indústrias e AEDI tenham função importante nesta iniciativa.

Dentro da investigação, a última entidade, sediada em Maracanaú-CE, destaca-se pelas diretrizes constantes em alguns de seus objetivos estatutários:

1. Propugnar pelo desenvolvimento dos Distritos Industriais do Estado do Ceará e das empresas neles implantadas e em implantação e das que integram o quadro de prestadoras de serviços das referidas empresas;
2. Promover o aperfeiçoamento técnico e científico das associadas, através da facilitação de sua participação em cursos, palestras, conferências jurídicas, debates, congressos, seminários e exposições, articulando-se para melhor êxito desse objetivo, com a Federação das Indústrias do Estado do Ceará – FIEC e os órgãos do Sistema FIEC;
3. Articular-se com o Poder Público em âmbito local, estadual e federal, objetivando viabilizar projetos orientados para a melhoria da infra-estrutura dos Distritos Industriais, além de outras iniciativas de interesses do empresariado dos Distritos;
4. Promover a geração de trabalho e renda comunitário, através do ensino de práticas produtivas cooperativistas e associativistas de valor cultural e/ou econômico;
5. Desenvolver intercâmbio com entidades científicas, de ensino e de desenvolvimento social, nacionais e internacionais, bem como o desenvolvimento de estudos e pesquisas, desenvolvimento de tecnologias alternativas, produção e divulgação de informações e conhecimentos técnicos e científicos, especialmente aqueles destinados ao incentivo à inovação.

Nas entrelinhas desses objetivos, percebem-se as intenções dessa associação em promover integração e sinergias com praticamente todas as partes interessadas envolvidas num processo de instalação e funcionamento de um PIE. Há a possibilidade de tal entidade exercer papel de liderança nesta subfase, por englobar os principais agentes envolvidos no projeto (as indústrias).

A comunidade residente nas proximidades do complexo não deve ser esquecida, garantindo-se a participação da mesma nos eventos e audiências públicas, principalmente quando se tratar da população de Maracanaú-CE, sendo o seu apoio necessário ao empreendimento. A participação da comunidade deverá ser além da assistência aos eventos disseminadores do projeto, podendo apresentar sugestões, opiniões, dúvidas e questionamentos. Portanto, um prévio conhecimento da comunidade onde se pretende inserir o PIE deve ser levantado, englobando as características positivas e negativas da comunidade, município e região de influência, mercado local e elementos que favoreçam uma melhor qualidade de vida.

5.2.1.3. Seleção de empresas participantes

A funcionalidade que se pretende dar ao PIE de Maracanaú-CE faz com que, em sua fase de planejamento, tente-se abranger as mais variadas atividades empresariais, inclusive recepcionar, em uma segunda etapa de expansão do PIE, os resíduos sólidos de origem não industrial (domésticos, comerciais, de serviços etc.),

buscando uma aplicação plena da sinergia de resíduos. Os benefícios de participação no empreendimento e a concordância com as estratégias de desenvolvimento para a região devem estar em evidência, na etapa de seleção das empresas.

Para Lowe (2001), mencionado em Veiga (2007), a seleção das empresas participantes buscará um equilíbrio entre:

- a) elementos de um distrito industrial x elementos do PIE: além dos tradicionais fatores que atrairiam uma indústria para um distrito industrial (acesso a mercados, fornecedores, mão de obra capacitada, infraestrutura básica e de transportes, educação, incentivos governamentais, oferta de energia e combustíveis a baixo custo, capital), adicionam-se em um PIE um melhor desempenho ambiental, econômico e social resultante da cooperação e sinergias desenvolvidas entre as indústrias e gestores do PIE;
- b) objetivo ambiental x objetivo econômico x objetivo social: encontrar o equilíbrio entre orçamentos, variáveis ambientais e sociais é o meio para provar o ganho de competitividade das organizações participantes;
- c) possibilidade de troca de resíduos, mesmo que a longo prazo: devem ser utilizadas ferramentas para selecionar indústria âncora que, a partir de sua demanda de insumos e geração de resíduos, possam ser selecionadas outras tipologias industriais para promover sinergias de com a âncora. Esta pode ser uma metalúrgica ou outra indústria de grande porte;
- d) impacto das novas indústrias x indústrias existentes no município: novas indústrias podem gerar impactos negativos para a economia local, apresentando-se como novos concorrentes. Todavia, as novas tipologias podem trazer benefícios, através da demanda e oferta de insumos (resíduos e matéria-prima). O equilíbrio entre as indústrias existentes e as que pretendem se instalar no PIE deve ser objeto de estudo em todas as fases do projeto;
- e) mão de obra local x deslocamento de mão de obra temporária: a mão de obra local deverá estar capacitada quando da instalação de um novo empreendimento, que demanda força de trabalho principalmente em sua fase de construção. Caso contrário, a empresa deverá importar mão de

obra, o que geralmente ocorre. O município em parceria com o novo empreendimento deve prover as demandas por habitação, água, energia, transporte, educação, serviços de saúde e demais serviços, para diminuir os impactos resultantes da vinda de mão de obra externa, temporária ou não.

Nesta subfase, é preponderante e decisivo o consenso entre FIEC, AEDI e sindicatos de indústrias para a escolha mais conveniente para o início das operações do PIE de Maracanaú-CE, sendo os fatores antes mencionados contemplados o máximo possível. Deverá também ser verificada a existência de mercado potencialmente estável (interno e externo) para os resíduos que serão recuperados ou direcionados como insumos.

5.2.1.4. Definição das Fontes de Financiamento

Uma visão abrangente do empreendimento é necessária quando se procura definir as potenciais fontes de financiamento para o PIE, que deverão estar contempladas em cada etapa da implantação e previstas nos três níveis de planejamento (estratégico, tático e operacional). A experiência internacional tem demonstrado que as parcerias entre o setor público e o privado são a fórmula adotada e que têm garantido o avanço dos projetos de PIE. Considera-se que, para se atingir o maior número de benefícios para as partes interessadas, em cada uma das etapas de implantação de um PIE, a parceria público-privada deveria estar presente, cada setor atuando de acordo com suas competências em uma ação coordenada.

Lowe, 2001 (citado por Veiga, 2007) opina que cada fase do empreendimento deve ter um grupo de parceiros que a financiem, e que suportem as ações futuras para estabilizar o funcionamento do PIE. Portanto, cada fase do projeto terá condições de apontar qual o melhor financiador, possibilitando inclusive sua consolidação no empreendimento, em futuras etapas.

O setor público, exemplificando, deverá assumir os investimentos na fase de planejamento, dada a insegurança natural de qualquer projeto, em seu início. As demais etapas, dependendo de suas características, terão maior ou menor participação deste setor.

Ao setor privado caberia uma participação maior a partir das fases intermediárias, quando os riscos para seus investimentos vão diminuindo e os resultados do projeto já começam a ser mensurados.

Cabe atentar para o fato de que a função dos atores no empreendimento deve ser delimitada para cada etapa, e a inclusão de novos financiadores, se não for analisada criteriosamente, poderá acarretar entraves ao desenvolvimento do PIE.

Citam-se como possíveis financiadores de um PIE os governos federal, estadual e municipal; bancos, programas e agências nacionais e internacionais de desenvolvimento; organizações privadas.

5.2.2 Projeto

Os elementos essenciais na etapa de elaboração de um projeto de PIE são demonstrados neste item, extraídos com as devidas adaptações de Veiga (2007). Na implantação de distritos industriais utilizam-se tecnologias, que são agregadas na concepção de um PIE, mas no caso deste incorpora-se o fator ambiental como um dos tripés do sistema. Para Lowe, 2001 (citado por Veiga, 2007), os princípios da Ecologia Industrial devem estar presentes, sempre que possível, na concepção do projeto de um PIE, a fim de incorporá-lo ao ecossistema local e harmonizá-lo com o meio ambiente. Ainda segundo o mesmo autor, a EI deve direcionar os planejadores a:

- a) considerar o complexo do PIE como elemento do ecossistema natural. Desta relação, a empresa participante figura como um sistema vivo com metabolismo próprio, que capta matéria e energia do meio e dissemina produtos e resíduos;
- b) ter visão de curto e longo prazo no planejamento e ação coordenados no tempo e espaço;
- c) coordenar o desenvolvimento do projeto com o fator ambiental;
- d) encontrar um equilíbrio entre os fatores ambiental, econômico e social.

Profissionais e especialistas de inúmeras áreas são integrados ao projeto, e consideraram-se responsáveis por esta etapa representantes da AEDI, SEINFRA (municipal) e de entidades acadêmicas com trabalhos desenvolvidos na área de meio ambiente. É justificável a participação da AEDI como assessora direta do corpo

técnico que irá desenvolver o projeto, pelo conhecimento que esta possui no contexto industrial em que se propõe trabalhar. A SEINFRA, pelo suporte de dados que a mesma deve ter em sua estrutura para subsidiar as alternativas propostas para o projeto final. A academia, como um todo, fornecerá a base científica para as diretrizes do projeto, através dos profissionais das diversas áreas que deverão ser abordadas no projeto. A falta de um trabalho coordenado entre eles pode acarretar futuras e constantes intervenções nas fases de projeto e nas subseqüentes, redundando em desperdícios.

Esses agentes devem identificar o modelo de projeto que concilie e estabilize o desenvolvimento socioambiental-econômico e que atenda às expectativas das partes interessadas.

Considerando a vertente ambiental, aspectos relevantes, a título de sugestão, devem ser considerados pela equipe de projeto (Lowe, 2001), adaptado de Veiga (2007):

- a) impactos nos ecossistemas locais e do entorno, quando da construção e operação do complexo;
- b) capacidade de suporte da infraestrutura do sítio para o novo empreendimento;
- c) incorporação dos elementos do ecossistema aos sub-projetos do empreendimento (instalações, urbano e infraestrutura);
- d) preservação e restabelecimento (caso anteriormente degradadas) de características do ecossistema no interior do complexo, buscando inclusive incorporar espécies nativas ao seu paisagismo;
- e) verificação dos impactos potenciais advindos da introdução de novos elementos paisagísticos e de materiais na construção, no ecossistema local.

Alguns fatores determinarão as características do projeto, que poderá variar de acordo com: as indústrias envolvidas, demandas de partes interessadas, localização e outras dificuldades que precisam ser moldadas ao objetivo principal: a implantação e operação do PIE. Não se pode esquecer dos programas locais de desenvolvimento, nesse contexto. Por fim, esta fase deverá ser acompanhada pelas demais partes interessadas e, sempre que possível, serem informadas acerca do andamento dos trabalhos, cronogramas e outros assuntos pertinentes.

5.2.2.1. Projeto Urbano

Tem por escopo racionalizar a utilização do sítio onde o PIE será instalado, buscando harmonizar este com o meio ambiente. Neste subitem do projeto, estarão envolvidos biólogos, geólogos, engenheiros agrônomos, geógrafos e arquitetos. Nele se incluem:

- a) paisagismo (conservação e inserção de espécies nativas contribuem para melhorar a qualidade do micro-clima, redução de áreas erodidas, conservação da biodiversidade local e eficiência energética) e os equipamentos recreativos;
- b) ecossistema local preservado (habitats naturais, simbioses entre fauna e flora, áreas inundáveis e espécies ameaçadas/em extinção);
- c) micro-clima (considerar volume de precipitações, temperatura, direção dos ventos para os projetos de edificações e equipamentos externos, e a inserção de espécies vegetais para diminuir o calor);
- d) orientação do terreno (pode reduzir a demanda de energia para iluminação, de acordo com o melhor posicionamento dos edifícios).

5.2.2.2 Projeto de Infraestrutura

Os elementos de infraestrutura do PIE devem ser projetados conforme as características do sítio onde este será implantado e operacionalizado, mantendo-as o quanto possível inalteradas, englobando:

- a) sistemas viários e serviços inerentes ao transporte de pessoas, insumos, produtos e resíduos - devem ser eficientes para todos os usuários; o custo com transportes de insumos e produtos para revenda deve ser otimizado; dar preferência ao transporte ferroviário; possibilitar fácil e segura circulação interna e estacionamento para veículos leves e pesados; dispor de ciclovias. Os benefícios auferidos serão a redução dos custos com transportes e combustíveis, das emissões atmosféricas, da contaminação do solo, além da otimização dos fluxos de bens, serviços e pessoas. Deverão estar envolvidos profissionais da área de transportes e logística, bem como da Engenharia Civil;
- b) equipamentos para produção energética e sua distribuição – refere-se ao uso mais eficiente de energia (economia de recursos; redução de

impactos ambientais; eliminação de desperdícios; melhor funcionamento dos sistemas de produção e consumo; reestruturação do aparelho produtivo e de consumo; exploração de formas alternativas de satisfação da mesma necessidade social; mudanças de valores de demanda; uso de fontes renováveis; aproveitamento energético através da cogeração e energia em cascata(térmicas)). Em relação àquela, Bennet (2001), mencionado por Veiga (2007), aponta as seguintes vantagens da cogeração de energia: a economia de combustível em relação à produção convencional de energia térmica e eletromecânica, menor custo de energia, maior confiabilidade no fornecimento de energia, melhor qualidade da energia produzida, menores custos de transmissão e de distribuição de eletricidade, maior eficiência energética e menor emissão de poluentes. A cogeração de energia pode ser definida como um processo termodinâmico onde ocorre a produção simultânea e seqüencial de energia elétrica ou mecânica, além de energia térmica útil, a partir de uma única fonte de energia (combustível). Ou seja, além da energia elétrica ou mecânica, ocorre o aproveitamento, para fins úteis, de parte da energia térmica rejeitada, através de um sistema de recuperação de calor (Veiga, 2007, citando Correa Neto, 2001). Quanto à energia térmica em cascata, esta consiste no uso de energia para atender diferentes usos, que demandam qualidades diferentes de energia (da maior para a menor). A energia em cascata pode ser utilizada em uma mesma instalação industrial ou entre instalações distintas, sendo necessário distribuir o vapor e a água quente entre as unidades (Bennet, 2001). Não obstante as diversas alternativas energéticas, o PIE deverá estar ligado à rede local de distribuição de energia, capaz de suprir a demanda existente. No entanto, uma das metas a serem perseguidas pelo PIE de Maracanaú-CE deve ser a auto-suficiência energética, através de geração própria dentro do parque, a partir dos resíduos gerados. A equipe responsável pelo projeto deverá buscar no mercado modelos de usinas geradoras de energia que se adequem ao PIE de Maracanaú-CE;

- c) armazenamento, tratamento e distribuição de água e efluentes – a conservação dos recursos hídricos é o principal foco deste item. As diversas utilizações da água pelos componentes do PIE resumem-se à

lavagem de equipamentos e instalações, incorporação ao processo industrial e ao produto, refrigeração e geradores de vapor, uso nos equipamentos sanitários. Nesses contextos, a busca da redução do consumo, desperdícios e perdas deve ser integrada juntamente com o aumento da reutilização, que poderá ser feita quando não houver necessidade de água potável. Esta reutilização resulta nos seguintes benefícios, segundo a FIESP (2006):

- ambientais: redução do lançamento de efluentes industriais em cursos de água; redução da captação de águas superficiais e subterrânea;
- econômicos: conformidade ambiental em relação a padrões e normas ambientais estabelecidos; mudanças nos padrões de produção e consumo; redução dos custos de produção; aumento da competitividade do setor; habilitação para receber incentivos e coeficientes redutores dos fatores da cobrança pelo uso da água;
- sociais: ampliação da oportunidade de negócios para as empresas fornecedoras de serviços e equipamentos; ampliação na geração de empregos diretos e indiretos; melhoria da imagem do setor produtivo junto à sociedade;

d) gestão de resíduos sólidos: descrito no tópico 4.2.4.3.

Assim, a infraestrutura do PIE deverá ainda ser direcionada ao atendimento da demanda existente, à operação e manutenção facilitadas, à flexibilidade para acolher novas indústrias e à adequação aos objetivos do empreendimento. Ao trabalho dos engenheiros hidráulicos e demais técnicos em Hidrologia deve estar agregado de modo permanente o desenvolvimento e a aplicação de mecanismos de conscientização de todos os que exercem alguma atividade no PIE, em relação ao uso racional dos recursos hídricos disponíveis. Equipes de sociólogos, pedagogos e psicólogos deverão participar da montagem destes instrumentos, e a estrutura para sua disseminação. Atente-se que os elementos de infraestrutura supra mencionados servem para viabilizar o funcionamento de alguns dos serviços e instalações comuns, a seguir propostos.

5.2.2.3 Serviços e instalações comuns

Pelo próprio caráter cooperativo presente na comunidade de organizações que comporão o PIE de Maracanaú-CE, faz-se mister a existência de instalações e serviços que sejam de uso comum dos integrantes do complexo. Esses elementos comuns têm a função de permitir a interação e cooperação entre os agentes envolvidos.

Algumas situações que se destacam é a economia de recursos que as indústrias podem obter, quando se abstêm de adquirir e manter seus próprios equipamentos individuais; a possibilidade de ganho de receitas para os gestores do PIE, que se reverterá para sua manutenção; desenvolvimento de um pólo de atração para novas empresas, que vislumbram no PIE uma alternativa que ofereça a mesma economia financeira auferida pelos participantes e melhores condições de trabalho para os colaboradores; a possibilidade de desenvolver a sociabilidade entre as pessoas que trabalham no local. A título de sugestão de instalações e serviços comuns, verificados nas experiências internacionais, pode-se indicar:

- a) Grupo de Gestão e Gerenciamento de Apoio, abrangendo as unidades:
 - Central de administração: É destinada a manter todos os serviços administrativos referentes ao empreendimento, inclusive o controle das unidades pertencentes a este grupo, envolvendo contabilidade, projetos, marketing, sistemas de informação e comunicação do complexo, arquivos de dados, controle de materiais, transportes etc. Importa mencionar que as informações referentes às unidades do Grupo de Gestão e Gerenciamento Operacional deverão estar disponíveis para os usuários do complexo, de acordo com seus níveis funcionais.
 - Auditório e salas para eventos;
 - Biblioteca;
 - Creche-escola;
 - Centro de alimentação;
 - Centro de saúde emergencial;
 - Áreas de esportes e lazer;
 - Unidade de segurança.

b) Grupo de Gestão e Gerenciamento Operacional, englobando:

- Central de armazenamento e distribuição de resíduos: abrange a coleta, transporte, armazenagem, manipulação e destinação final (central de reciclagem, re-inserção na indústria, aterros ou incineração) dos resíduos sólidos produzidos no PIE, tanto de origem industrial como de outros geradores, mantendo-se um inventário permanentemente atualizado dos resíduos. Deverá ser planejada para atender as demandas internas atuais e prever demandas futuras, com espaços reservados para ampliações de volumes de resíduos e equipamentos. Conforme as distâncias entre as empresas e esta central, os sistemas de transporte dos resíduos serão definidos (dutos ou veículos). Além disso, unidades de pré-tratamento, armazenagem e compostagem deverão estar previstas em sua estrutura. Abuyan, 1999 (citado por Veiga, 2007) enumera os possíveis benefícios provenientes desta unidade: redução de resíduos nos pátios das empresas; maior controle da geração, estoque e destinação final dos resíduos; eficiência no recebimento, armazenagem, separação e distribuição; maior agilidade no atendimento às indústrias; redução da insalubridade laboral e possíveis contaminações; diferencial mercadológico competitivo; redução de custos com logística;
- Central de reciclagem e distribuição de materiais: esta unidade deverá receber os resíduos pré-selecionados na central de armazenamento e distribuição de resíduos, a fim de serem reintroduzidos como insumos para outras indústrias parceiras, ou encaminhadas para uma subunidade de reprocessamento, para produção de novas peças destinadas ao mercado interno ou externo ao PIE. No projeto desta unidade deve ser prevista a inserção de trabalhadores que já atuam na reciclagem de materiais, como futuros operadores;
- Estação de tratamento de efluentes e distribuição: deverá servir a todas as organizações pertencentes ao PIE e dimensionada de acordo com os efluentes produzidos (em quantidade e qualidade), inclusive para futuras ampliações, em caso de aumento de demanda. O seu principal objetivo será tratar os diversos efluentes gerados,

direcionando-os ao reuso em fins menos nobres ou retornando a outros processos industriais. O lodo gerado no final do tratamento deverá ser analisado sobre a viabilidade de sua aplicação na geração de energia para o complexo, compostagem e manufatura de componentes para a construção civil. Mitchell, 2002 (citado por Veiga, 2007), menciona os benefícios da ETE de uso comum do PIE: facilidade de tratar um grande volume de efluentes no local; menor carga e melhora qualitativa de efluentes lançada nos corpos hídricos; redução de custos com água; menor uso de água potável para fins não nobres; maior visibilidade da responsabilidade socioambiental das empresas; maior retorno financeiro. Técnicos da SEINFRA (municipal), geólogos, biólogos, químicos e engenheiros ambientais deverão participar da concepção deste equipamento;

- Central de reciclagem de óleos, solventes e lubrificantes: os compostos químicos presentes nestes elementos geram prejuízos significativos ao meio ambiente, caso descartados indiscriminadamente. A principal tarefa do PIE quanto a eles é reintroduzi-los na cadeia produtiva, através da reciclagem, recuperação e reuso, reduzindo custos para os usuários e preservando a natureza de seus efeitos nocivos. Esta central será responsável pela coleta, armazenamento, tratamento (rerrefino) e redistribuição para as indústrias do complexo, e poderá futuramente também atender às fontes/consumidores externos ao PIE. O processo industrial e os veículos automotivos são os principais usuários de óleos lubrificantes, e diversas atividades industriais utilizam solventes, que podem ser recuperados na mesma central, e posteriormente reutilizados. Participarão do projeto e operação desta unidade Engenheiros Químicos e Ambientais;
- Unidade de Geração de Energia: engenheiros Eletricistas, Ambientais e Químicos deverão estar envolvidos no desenvolvimento desta unidade, considerada fonte de energia alternativa para o PIE de Maracanaú-CE. Seu objetivo é diminuir o consumo de energia de fontes convencionais e poluentes das indústrias participantes, além de minimizar custos operacionais e consolidar o processo de SI do

parque. Os estudos levarão em conta: a natureza e quantidade dos resíduos gerados, tecnologias disponíveis no mercado, capacidade de produção energética e estrutura de equipamentos. Como uma segunda alternativa, a captação de energia solar também pode ser utilizada nesta unidade.

5.2.3 Construção

De acordo com a estrutura existente no local, demandas e características de cada unidade industrial, os serviços, instalações comuns e demais elementos do PIE serão construídos utilizando-se concepções sustentáveis na arquitetura e em seus materiais, que serão selecionados segundo critérios de preservação, recuperação e responsabilidade ambiental. As novas empresas que ali se instalarem também deverão estar adequadas a este modelo.

Veiga, 2007, menciona Bastos, 2005, que indica três elementos a considerar na construção e arquitetura de um PIE:

- a) uso eficiente dos recursos: Sustentabilidade econômica;
- b) uso racional dos recursos naturais e minimização de resíduos: sustentabilidade ambiental;
- c) atendimento às demandas dos atores envolvidos: Sustentabilidade social.

O mesmo autor cita algumas sugestões para a arquitetura e construção sustentáveis, que deverão aplicados pelos projetistas do PIE de Maracanaú-CE:

- a) utilizar ao máximo os recursos naturais disponíveis em iluminação, ventilação e vegetação, através de técnicas construtivas para obter o máximo conforto ambiental possível: redução das áreas de transparência para diminuir a incidência de calor; maximização da iluminação natural; uso de janelas altas, junto ao teto para distribuir melhor a luz; uso de cores claras para difundir a luminosidade no ambiente; ventilação cruzada; dimensionamento da ventilação (aberturas), de acordo com o volume do ambiente, quantidade de pessoas e equipamentos que geram calor; espessura das paredes, de acordo com o micro-clima do local; revestimentos que viabilizem a retenção/dissipação de calor, conforme o

conveniente para os ambientes internos; definir a melhor posição da edificação, para aproveitamento dos itens acima;

- b) aplicar materiais de origem reciclada na construção e acabamento de edificações, o quanto possível, considerando o ciclo de vida, desempenho, segurança e racionalização do uso (Schlarb, 2002, citado por Veiga (2007);
- c) uso de sensores de presença, lâmpadas e reatores de baixo consumo para menor consumo de energia; verificar a possibilidade de co-geração de energia ou energia em cascata (Schlarb, 2002);
- d) recursos hídricos: Seleção de torneiras e chuveiros com fechamento automático; sistemas de descarga com dois tipos de acionamento: um para efluentes líquidos (menor consumo de água) e outro para efluentes sólidos (consumo moderado de água); tubulação com sistemas de separação para água de pias e chuveiros, vaso sanitário e processos industriais. Schlarb, 2002, cita ainda a possibilidade de captação de águas pluviais.

Algumas dificuldades poderão surgir, quando se pretende desenvolver uma construção e arquiteturas sustentáveis, segundo Lowe, 2005, mencionado por Veiga, 2007:

- a) profissionais despreparados quanto às questões ambientais;
- b) projetistas sem conhecimento técnico;
- c) falta de planejamento das etapas de projeto;
- d) incentivo governamental insuficiente;
- e) materiais indisponíveis;
- f) poucos fornecedores de produtos sustentáveis.

5.2.4 Operacionalização

Concluída a etapa de construção, quando toda a infraestrutura e instalações comuns estiverem prontas, inicia-se a operacionalização do PIE, envolvendo as indústrias já existentes nos projetos de sinergia, além de encaminhar as empresas interessadas em ingressar no sistema, e integrando todos os participantes. Vale

ressaltar que nesta fase os interesses comuns e individuais devem ser contemplados pela gestão do empreendimento.

Segundo Lowe, 2001 (citado por Veiga, 2007), é válida a aplicação de alguns instrumentos para viabilizar esta fase do processo, e que devem ser providenciados para o PIE de Maracanaú-CE:

- a) eventos (cursos, seminários) para disseminar o andamento do projeto;
- b) sistema gerenciador de informações disponível para todos os atores envolvidos, de acordo com suas funções;
- c) encontros de integração da nova “comunidade”;
- d) instituição de uma entidade de classe para as empresas, para gerenciar seus interesses e auxiliar no desenvolvimento de sinergias.

A gestão do PIE será definida pelas partes interessadas, da maneira mais conveniente a estas. Poderá ser através de um comitê gestor, uma associação de indústrias ou instrumento equivalente. Seja qual for o meio de gerenciamento, as seguintes funções gerenciais são colocadas por Lowe (2005) e poderão ser perseguidas para aplicação no caso em estudo:

- a) equacionar o conjunto ideal de indústrias, objetivando a eficiente troca de resíduos e realização de demais sinergias (serviços);
- b) incentivar a troca de resíduos inclusive com o mercado externo;
- c) manter todos os elementos do PIE em uma relação comunitária;
- d) solucionar conflitos de interesse entre as partes interessadas;
- e) promover o caráter cooperativo e sinérgico entre as indústrias;
- f) evidenciar as vantagens do PIE aos potenciais interessados;
- g) informar-se acerca de tendências, tecnologias e oportunidades de negócios;
- h) incentivar a melhoria continua;
- i) gerir e manter as unidades, serviços e as partes de uso comum;
- j) incentivar e Promover atividades e iniciativas em prol da comunidade local;
- k) promover o PIE com o objetivo de alcançar novos mercados e obter uma maior vantagem competitiva;
- l) manter uma assessoria de suporte às indústrias visando auxiliá-las no cumprimento e adequação a leis e regulamentos;

- m) coordenar a implantação de um Sistema de Gestão Ambiental coletivo;
- n) manter um canal direto de relacionamento com instituições públicas e privadas (agência de proteção ambiental, agência de energia, companhia de água, associação de indústrias).

O mesmo autor identifica, através de estudos desenvolvidos em outros países, as principais dificuldades enfrentadas pelo grupo gestor:

- a) adequação e obediência das empresas aos regulamentos internos;
- b) respeito máximo à autonomia das indústrias;
- c) negociação de acordos e contratos entre as indústrias quanto às sinergias (resíduos, serviços, relação cliente – fornecedor).

Assim, o comprometimento com os conceitos de sinergia é fundamental para que o grupo gestor obtenha dos participantes os subsídios para exercer suas atribuições. As parcerias comprovam o entendimento destes conceitos, e somente com o desenvolvimento das ações poderá ser avaliado o projeto na íntegra.

Considerou-se viável, para o PIE de Maracanaú-CE, o acatamento de algumas sugestões de Rosenthal e McGalliard (1998), mencionados por Veiga (2007), que apontam para possíveis áreas de integração para fomentar o desenvolvimento de parcerias entre as empresas do complexo, havendo o compartilhamento de serviços e resultando em custos operacionais para todos os envolvidos:

- a) **qualidade de vida/comunidade:** melhores condições de trabalho, programas educacionais comunitários, programas sociais, participação no planejamento local;
- b) **informação/comunicação:** sistema de comunicação interna e externa; sistema de monitoramento das atividades; compatibilidade dos sistemas de informática; sistema integrado de gestão de informações;
- c) **materiais:** aquisição de materiais e serviços comuns; relação cliente/fornecedor; sinergias de resíduos;
- d) **marketing:** selo promocional do PIE; propaganda compartilhada (revista, jornal);

- e) **transportes:** comutação (transporte compartilhado); transporte de produtos/matérias-primas; transporte de pessoal; manutenção de veículos; Logística integrada;
- f) **processo produtivo:** prevenção da poluição; redução/reutilização de resíduos; manutenção de equipamentos (peças); equipe de manutenção compartilhada; equipamentos compartilhados; aquisição de materiais e serviços comuns; tecnologias compartilhadas e integradas;
- g) **saúde, segurança e meio ambiente:** prevenção de acidentes; resposta a emergências/acidentes; minimização de resíduos gerados e dispostos; técnicas de arquitetura e construção sustentáveis; sistema de informações ambientais compartilhado; licenciamento para o PIE;
- h) **recursos humanos:** processo de seleção de pessoal; planos de benefícios comuns; programas de bem-estar social; serviços comuns (pagamento, manutenção, segurança, limpeza, restaurantes); treinamento e capacitação de pessoal;
- i) **energia:** construções sustentáveis; técnicas de conforto ambiental; utilizar se possível: co-geração de energia, energia em cascata, fontes renováveis de energia.

5.2.4.1 Regulamento ou Convenção do PIE

Para efetivar a gestão e gerenciamento dos serviços e instalações comuns, os administradores do empreendimento devem desenvolver, instituir e cobrar o cumprimento de regulamentos ou convenções internos, para que as diversas atividades possam fluir e serem alcançados os objetivos propostos.

Os procedimentos de conduta/ação definidos num regulamento/convenção objetivam alcançar o máximo desempenho sócio-econômico e ambiental do PIE, bem como para as organizações individualmente, e poderão ser discutidos e estabelecidos já durante as fases de planejamento e projeto.

Esta convenção ou regulamento requer, num caráter sinérgico, a participação do máximo de parceiros possível em sua elaboração (gestores, organizações públicas e privadas). Isto se faz necessário para diminuir as probabilidades de conflitos por interesses individuais no futuro. Além disso, cada participante pode manifestar suas opiniões sobre estas áreas comuns do PIE, buscando o consenso

geral para os diversos pontos a serem regulamentados. As características dos participantes e do PIE servirão de base para esta elaboração.

Estabelecer parâmetros de conduta das organizações participantes e demais interessados, inclusive definir as tipologias de empresas aptas a ingressar no complexo, é uma atribuição relevante da convenção do PIE. Ademais, deve-se ter em foco a contemplação da melhoria contínua das atividades, se possível em todos os itens do regulamento interno ou convenção, implícita ou explicitamente.

Verifica-se, desta forma, que a convenção ou regulamento do PIE de Maracanaú-CE terá sua origem na própria realidade da estrutura projetada/construída, nas características de cada participante e nos objetivos propostos.

5.2.4.2 SGA/Certificação Ambiental

O SGA (Sistema de Gestão Ambiental) configura-se como um elemento básico quando se projeta ou operacionaliza um PIE. O seu caráter impulsionador da responsabilidade sócio-ambiental o torna um componente indispensável ao desenvolvimento da proposta do PIE para Maracanaú-CE. Esta ferramenta vem sendo adotada em escala crescente por organizações no mundo inteiro, que buscam um diferencial competitivo em seus mercados.

A série ISO 14000, que engloba as ferramentas e sistemas para a administração ambiental de uma organização (Dias, 2006), foi elaborada pela International Organization for Standardization, e em seus desdobramentos originou a norma ISO 14001, na primeira versão em 1996, e revisada em 2004. O referido dispositivo abrange um ciclo que envolve as ações de planejamento, implementação, checagem e análise crítica de resultados, visando à melhoria contínua do SGA, e está baseado nos princípios do comprometimento com a política ambiental da organização.

Sucintamente, cabe destacar as motivações para a implementação de um SGA para a operacionalização de um PIE. Segundo Seiffert (2008):

- a) abrangência: pode ser implementado em qualquer tipo de organização;
- b) representa comprometimento com um desempenho ambiental adequado, o que melhora a imagem da empresa;
- c) possibilidade objetiva de lucro, pela aplicação de tecnologias limpas;

- d) incentiva a conscientização ambiental em todos os níveis funcionais;
- e) Moura (2008) acrescenta:
- f) maior satisfação para um número crescente de consumidores que procuram produtos e empresas com bom desempenho ambiental;
- g) conquista de novos mercados;
- h) redução de custos, pela eliminação de desperdícios. No caso do PIE, esta redução tende a aumentar, pela introdução de sub-produtos nos processos, que diminuirá a aquisição de materiais virgens;
- i) redução de riscos, pela melhor observância das normas ambientais;
- j) maior facilidade na obtenção de financiamentos;
- k) certificação ambiental mais fácil de adquirir.

Adaptado de North (1992), Donaire (2008) cita:

- a) economias devido à redução de custos com insumos, reciclagem, venda e aproveitamento de resíduos e diminuição de efluentes;
- b) redução de penalidades por poluição;
- c) incremento de receitas pela venda de produtos verdes mais caros, pela participação no mercado sem concorrência com a inovação de produtos, pelo aumento da demanda por produtos ambientalmente corretos;
- d) melhoria da imagem institucional;
- e) aumento da produtividade;
- f) inovação mercadológica com novos produtos;
- g) melhoria nas relações com as partes interessadas (governo, comunidade, acionistas e clientes);
- h) acesso assegurado ao mercado externo;
- i) melhor adequação aos padrões ambientais.

Pelas vantagens enumeradas advindas de um SGA, verifica-se a sua inteira aplicabilidade e necessidade na operacionalização do PIE em proposição. O meio ambiente é o principal beneficiado logo no início dos processos de sua operação. Lowe, 2001 (citado por Veiga, 2007), afirma que um PIE deverá possuir um SGA.

A adoção de um SGA no PIE permitirá num segundo momento, inclusive, o incremento da integração com outros sistemas de gestão (qualidade, saúde e segurança etc.), redundando em novas vantagens competitivas.

A certificação, resultado da eficiência desse sistema, é a consolidação dos esforços na busca da qualidade ambiental na gestão do PIE, além de comprovar o reconhecimento por uma entidade instituída para ratificar o cumprimento das diretrizes do SGA. Segundo Bianchi (2008), esta certificação objetiva comprovar que uma empresa adota um sistema de gestão ambiental em conformidade com determinada norma. O Padrão, já mencionado, é a norma ISO 14001. O gestor será também o responsável pela implementação dos requisitos para a adoção do SGA.

5.2.4.3 Sinergia de Resíduos

A sinergia ou troca de resíduos entre as empresas do PIE proposto constitui-se, ao mesmo tempo, em componente e essencial ferramenta para atender a um dos principais objetivos do projeto: menores destinações de resíduos na natureza, extração de recursos naturais e impactos negativos ao meio ambiente. Sob o viés econômico, a redução de custos já foi mencionada anteriormente. O benefício social é o último aspecto a ser obtido, com a confirmação dos anteriores.

Entretanto, Veiga (2007) destaca as considerações de Lowe (2001), acerca de dificuldades encontradas na implementação da sinergia de resíduos:

- a) carência de incentivos à prática da sinergia, em vez da usual destinação de resíduos, como praticada atualmente (aterros, incineração);
- b) insuficiência de parceiros que possam absorver os resíduos gerados no PIE. Isto ocasionará a não-permutação de resíduos;
- c) a quantidade de resíduos poderá não atender à demanda interna. Surge, aí, a oportunidade de ingresso de novos parceiros;
- d) o encargo pelo transporte e armazenamento dos resíduos (produtor x consumidor);
- e) equacionalização de custos - sinergia x disposição final de resíduos: se o gasto com métodos tradicionais for menor, o retorno financeiro do investimento, para esta última opção, será a curto prazo, e da preferência dos participantes;
- f) falta de cultura das indústrias quanto à prática do reuso;

- g) falta de confiança e parceria entre indústrias. Os gestores do PIE devem fomentar o desenvolvimento de parcerias, além de terem a incubência de buscar profissionais qualificados para o projeto;
- h) falta de infra-estrutura que permita manuseio, intercâmbio e armazenamento de resíduos;
- i) falta de padronização dos resíduos.

Neste último item, o Estado do Ceará já apresenta um diferencial, que é o Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Industriais, elaborado pela Superintendência Estadual do Meio Ambiente (Semace). Esta base de dados pode contribuir na alavancagem do sistema, através das informações que apontam as possibilidades e estratégias para realizar as permutas.

Está disponível também a Bolsa de Resíduos e Negócios, programa idealizado pela FIEC, e que segundo o sítio desta entidade na internet é caracterizado por um serviço de informações que objetiva identificar mercados potenciais para os resíduos sólidos gerados nas operações industriais e englobados em sistema de classificação de materiais residuais e de máquinas/equipamentos usados, estimulando o seu aproveitamento econômico através da compra e venda.

Esses dois instrumentos constituem uma significativa fonte de informações para subsidiar pesquisas futuras, para o projeto do PIE de Maracanaú-CE. Diante das contingências apontadas, é viável a abertura permanente do PIE para novos parceiros, para que a sinergia não se detenha às indústrias originais do complexo. Organizações externas devem ser incentivadas a fazer parte da permuta de resíduos. Como mencionado anteriormente, a academia e os órgãos governamentais podem auxiliar neste processo de incremento da sinergia de resíduos, através de programas específicos para determinada área geográfica, bem como determinadas tipologias industriais. Daí surge uma rede de relacionamentos exterior ao PIE, que só tende a se expandir, caso os resultados se demonstrem vantajosos.

Experiências norte-americanas analisadas por Dias & Yates (2001), apontam características que, adaptadas à realidade do estudo em foco, podem servir de base para o projeto de sinergia de resíduos:

- a) participação da comunidade civil;

- b) visualização e entendimento próximos dos objetivos e metas dos atores envolvidos;
- c) projetos desenvolvidos em parceria com a comunidade científica;
- d) participação de agências ambientais (uma licença ambiental para o PIE, comum a todos os parceiros, por exemplo);
- e) desenvolvimento de inventário e banco de dados de resíduos próprios;
- f) confiança e cooperação entre os parceiros.
- g) visão gerencial cooperativa sobrepondo o interesse coletivo ao individual;
- h) participação de uma instituição consultora que identifique oportunidades e viabilize a parceria entre as indústrias.

Por fim, conforme Lowe (2005), mencionado em Veiga (2007), alguns fatores podem contribuir na orientação do desenvolvimento da permuta de resíduos, quando esclarecidos e percebidos pelos gestores:

- a) liderança de uma empresa âncora, servindo de base para escolha de outras tipologias industriais, que possuam semelhanças em processos, insumos e resíduos;
- b) conscientização dos ganhos econômicos, ambientais e sociais resultantes da prática;
- c) seleção de um gestor para a sua coordenação;
- d) incentivo à formação de equipes para auxiliar no desenvolvimento do processo;
- e) coleta e processamento dos dados das indústrias parceiras referentes ao tema (matéria-prima, resíduos, água, energia, demais insumos e seus fluxos internos);
- f) identificação de barreiras e desenvolvimento de estratégias para solucioná-las;
- g) desenvolvimento de estratégias e apoio para que as indústrias consolidem acordos e parcerias;
- h) monitoramento do processo de permuta de resíduos;
- i) definição de indicadores e metas de desempenho;
- j) sistema integrado de informações gerenciais que forneça subsídios de acompanhamento das operações e uma perspectiva para seus investimentos no projeto.

O interesse das partes envolvidas, cabe salientar, é o principal eixo propulsor da sinergia de resíduos, que será viabilizada quando os outros elementos estruturais, de uso comum e as parcerias estiverem em estágio avançado de consolidação.

De acordo com as fases de implantação propostas para o PIE de Maracanaú-CE, anteriormente descritas, buscou-se comparar as mesmas com os aspectos industriais e de infra-estrutura do município, para deduzirem-se as deficiências e potencialidades que podem compor uma proposta de implantação de um PIE na região referida.

No decorrer da investigação, verificou-se após análise do perfil das empresas localizadas no município de Maracanaú-CE, que algumas apresentam possibilidades reais de iniciarem a absorção dos resíduos de praticamente todas as outras indústrias, contribuindo assim para uma função essencial de um PIE.

Estas indústrias têm como atividade-fim a produção de artefatos plásticos, utensílios domésticos, embalagens, papel e caixas papelão, bobinas de papel, caixas térmicas, manufaturados, placas de isopor e reciclagem.

A tecnologia empregada por este último segmento poderá servir de modelo, com as devidas adaptações, para a concepção do projeto da estrutura de sinergia de resíduos do PIE para Maracanaú-CE, já que poderão ser envolvidas no processo de sinergia de resíduos mais de 3 tipologias de empresas a fornecerem matéria-prima para as recicladoras.

Também na primeira fase da pesquisa verificou-se a necessidade da coleta de informações específicas acerca dos resíduos produzidos (natureza e quantidade), e do processo operacional das empresas de reciclagem do local, para elaboração de uma proposta de implantação do PIE, com ênfase na sinergia de resíduos em efetivo funcionamento desde o início das atividades. Tais informações deverão ser encaminhadas às equipes de planejamento e projeto.

Acerca da infra-estrutura existente na área industrial a receber o PIE, verificaram-se os seguintes elementos:

- a) foi constatada uma rede viária no município de Maracanaú-CE que, para o início dos processos logísticos (pessoas, insumos, produtos e resíduos), poderá atender as necessidades de transportes no complexo;
- b) a infra-estrutura de distribuição de energia elétrica já atende às demandas atuais, e com os potenciais projetos de co-geração ou de outras fontes renováveis centralizados no PIE poderá não ser necessária expansão da rede, mas somente adaptações/ligações em pontos estratégicos na área do empreendimento;
- c) a atual estrutura de distribuição de água e coleta de efluentes, com o modelo integrado de gestão do PIE, deverá sofrer modificações, inclusive pelas estações de tratamento a serem instaladas.

Por fim, a análise dos itens elencados anteriormente possibilitou a formulação de um fluxograma que estabelece os possíveis agentes participantes e suas interações, de acordo com a conjuntura de Maracanaú-CE e a proposta de metodologia de implantação de um PIE (Veiga, 2007), numa proposta preliminar de simbiose industrial que possa subsidiar a implantação do PIE de Maracanaú-CE. Cada um dos agentes é descrito de acordo com a sua participação esperada na perspectiva de SI.

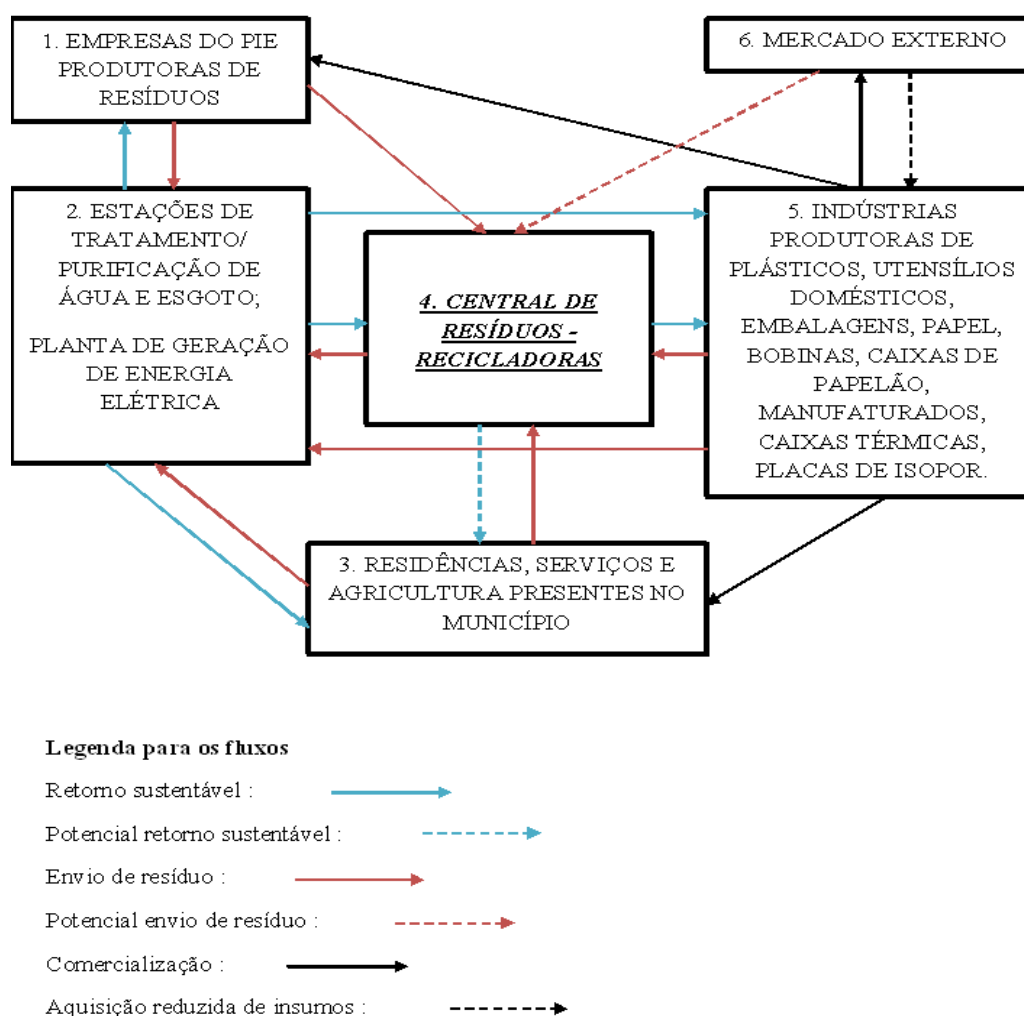


Figura 11 - Modelo de simbiose industrial para início das atividades do PIE de Maracanaú-CE.

5.3 Empresas produtoras de resíduos

Todas as indústrias descartam resíduos. No foco preliminar da SI, seriam encaminhados para processamento os resíduos líquidos (efluentes) na central de tratamento, e os resíduos sólidos, passíveis de reintrodução no processo, direcionados para a central de resíduos. Estes passam por uma seleção na sua origem, para otimização das atividades daquela central. Os demais seriam destinados ao descarte convencional. Confirmando o caráter simbiótico do projeto, estas empresas também podem ser destinatárias dos produtos das empresas situadas no PIE de Maracanaú-CE, que serão as primeiras receptoras da central de resíduos e recicladoras.

5.4 Estações de tratamento de efluentes/usinas de geração de energia

Estas unidades destinam-se a receber, através de dutos ou outros equipamentos previstos no projeto, os efluentes das indústrias, podendo receber também da central de resíduos, das residências e setores primário e terciário. No tratamento destes, o produto poderá destinar-se a dois fins:

- a) retorno para os agentes acima mencionados, para utilização nos seus processos originários e demais usos, e se não atingirem a qualidade exigida para estes, são descartados em menor quantidade nos receptores naturais;
- b) geração de energia elétrica para uso dentro do complexo, através de uma usina geradora que utilizaria estes efluentes como matéria prima/combustível para gerar energia limpa, a exemplo do PIE de RENOVA, em Porto Rico, citado na subseção 2.4.4.4.

No modelo proposto, há também a possibilidade de agregação dos agentes externos ao PIE de Maracanaú-CE, para envio de seus efluentes para as estações e o fornecimento de água beneficiada e energia elétrica para eles, demonstrando a simbiose do modelo proposto de PIE para Maracanaú-CE, independente do número de participantes dele.

5.5 Residências, serviços públicos e privados e agricultura

Estes agentes figuram no fluxograma como potenciais participantes da SI proposta, caso esta comprove sua viabilidade e capacidade de expansão, após a análise da sua operacionalização. As residências, a agricultura e os prestadores de serviços públicos e privados presentes em Maracanaú-CE podem enriquecer a simbiose industrial, na medida em que contribuem com uma maior diversidade de resíduos que possam ser agregados, e também pela maior quantidade destes. Além de fornecer resíduos para a central de tratamento de efluentes e geração de energia e para a central de resíduos, estes agentes, com o avançar das atividades do projeto, podem também ser receptores dos produtos destas centrais e dos demais produtores, consolidando a SI na comunidade externa às indústrias instaladas no PIE de Maracanaú-CE.

5.6 Central de resíduos - Recicladoras

Este é o componente principal do modelo de SI proposto. Para esta central são encaminhados todos os resíduos das indústrias do PIE de Maracanaú-CE, inclusive os provenientes da central de tratamento de efluentes/usina de energia elétrica. Também os destinatários diretos de seus produtos, o mercado externo e residências, serviços e agricultura poderão enviar seus resíduos passíveis de reciclagem para ela, dependendo do desenvolvimento do complexo. Após os processos de transformação, todos estes parceiros de SI terão possibilidades de receber os produtos desta central, confirmando os benefícios citados anteriormente. Esta central tem também uma função peculiar: diminuir o quantitativo de resíduos destinados ao Aterro Sanitário Metropolitano Sul, após os processos de reciclagem.

5.7 Indústrias produtoras de plásticos, utensílios domésticos, embalagens, papel, bobinas, caixas de papelão, manufaturados, caixas térmicas, placas de isopor

Estas indústrias são as beneficiárias principais dos produtos da central de resíduos, prevista no modelo de SI para o PIE de Maracanaú-CE. Os resíduos, após a reciclagem, retornam para as indústrias como matéria-prima (de menor custo e sustentável) a ser introduzida na fabricação de seus produtos, que podem ser vendidos para as indústrias do PIE, outras externas a ele, e para os prestadores de serviços, o setor primário e residências. Da mesma forma, na via contrária, elas enviam seus sub-produtos para a central de resíduos e para a central de tratamento de efluentes e geração de energia, demonstrando mais uma vez o viés de sistema fechado de simbiose industrial.

5.8 Mercado externo

Este agente surge como um potencial participante do processo de SI proposto para o PIE de Maracanaú-CE, a partir das confirmações de resultados positivos, no âmbito econômico-financeiro, social e ambiental obtidos. Tem funções semelhantes às dos outros agentes do sistema (envio de resíduos/aquisição de produtos).

6 CONCLUSÕES

O estágio de desenvolvimento do Estado do Ceará, atualmente empreendido pelo poder executivo, não permite que se deixe de lado a variável ambiental e social em suas diretrizes. O crescimento industrial no estado requer novos modos de pensar que abranjam estas variáveis, e no momento já ocorrem os primeiros passos rumo à sustentabilidade.

É necessário que o poder público estabeleça uma agenda efetiva de discussão para a melhoria da qualidade ambiental no estado, e que segundo os argumentos abordados neste trabalho acerca de PIE e SI, estes devem aparecer com uma vertente de gestão ambiental para aplicação nos distritos industriais.

Após a análise de hipóteses de aplicação da metodologia proposta sobre o estado da arte do município em foco, pode-se inferir que este reúne condições estruturais mínimas, e que existem possibilidades reais de implantação de um PIE no local, com as seguintes proposições, em síntese:

- a) a empresa nacional de grande porte (atuante na área de reciclagem) e as diversas recicladoras serviriam como âncoras da central de resíduos, pelo seu destacado papel na indústria de reciclagem de metais, papel e plástico, emprestando sua tecnologia para os outros segmentos de reciclagem da central de resíduos;
- b) a Associação das Empresas dos Distritos Industriais do Estado do Ceará poderia estar à frente da gestão do PIE, dado o seu conhecimento das indústrias que participariam e do seu poder integrador e de liderança, inerentes ao seu objeto. A mesma também pode ser um agente impulsionador da coleta e troca de informações sobre os resíduos sólidos gerados nos distritos industriais, para formar a base de dados que comporia este item no projeto e que se configura como um instrumento da PNRS;
- c) no Estado do Ceará existem centros de pesquisa em instituições acadêmicas federais que, além de apoiar o desenvolvimento de pesquisas na área, contribuiriam para as fases de planejamento e projeto do PIE;

- d) o poder público estadual, inserindo em seu planejamento estratégico objetivos de caráter sócio-ambiental responsáveis, atuaria na condução dos entendimentos entre as partes interessadas e com as fontes de financiamento do projeto, buscando também o apoio de organismos internacionais na formulação do projeto. O papel do governo é fundamental neste processo, uma vez que o mesmo tem em sua concepção de trabalho a atração de investimentos para o estado, o que seria facilitado caso o Ceará tivesse um PIE;
- e) criação de um projeto piloto, em menores proporções, em uma região do Estado do Ceará que tenha um parque industrial, para subsidiar o planejamento e o projeto do PIE de Maracanaú-CE. Para o Complexo Industrial e Portuário do Pecém esta tecnologia pode ser viabilizada, por conta do mesmo estar em fase de implantação e expansão. Talvez não fossem necessárias modificações significativas em seu projeto inicial, mas é uma investigação que deveria ser levantada e aprofundada.
- f) este trabalho propõe-se também a servir de fonte de pesquisa e incentivo para que a idéia do PIE seja discutida pela academia, empresariado, governos e demais interessados no assunto.

O principal entrave para a proposta desta pesquisa permanece na falta de conhecimento sobre o assunto. É uma tecnologia de gestão ambiental relativamente nova e que no Brasil não há iniciativas, pelo menos experimentais, de um PIE. Acredita-se que o desafio maior será a conscientização das partes interessadas quanto aos benefícios que um parque industrial dessa natureza pode trazer para o desenvolvimento sustentável da região. O surgimento de novos trabalhos sobre SI no Estado do Ceará fomentaria os argumentos para a implantação de um PIE em Maracanaú-CE, pois serviriam de canal multiplicador dessa tomada de consciência sobre a gestão do meio ambiente industrial, especificamente. Não obstante essas condicionantes, o resultado da pesquisa demonstra que a proposta de implantação do Parque Industrial Ecológico de Maracanaú-CE, na Região Metropolitana de Fortaleza, é viável e atende a vários pressupostos da Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Sugere-se, para a continuação deste trabalho, as seguintes pesquisas:

- a) realização de um mapeamento detalhado das indústrias situadas em determinada região e dos resíduos por elas produzidos, para averiguar hipóteses de simbiose industrial;
- b) aprofundamento sobre as experiências internacionais bem sucedidas de simbiose industrial;
- c) análise das estruturas dos distritos industriais para recepcionarem um PIE;
- d) benefícios econômicos provenientes da simbiose industrial;
- e) levantamento dos índices de preservação ambiental alcançados com a simbiose industrial.

REFERÊNCIAS

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos do Brasil**. 2010.

ABUYUAN, A., HAWKEN, I., NEWKIRK, M., WILLIAMS, R. **“Waste equal food: developing a sustainable agriculture cluster for a proposed resource recovery park in Puerto Rico”**. Bulletin 106, Yale F & ES Bulletin, USA, 1999, In VEIGA, L. B. E. **Diretrizes para a implantação de um parque industrial ecológico: uma proposta para o PIE de Paracambi, RJ**. Tese (Programa de Pós-graduação de Engenharia). UFRJ, 2007, 233 p.

ALMEIDA, J. R. **Gestão ambiental para o desenvolvimento sustentável**. 2ª reimpr.- Rio de Janeiro: Thex, 2009.

_____. **Normalização, certificação e auditoria ambiental**. Rio de Janeiro: Thex, 2008.

AMARAL, S. P. **Sustentabilidade ambiental, social e econômica nas empresas: como entender, medir e relatar**. 2ª Ed., São Paulo: Tocalino, 2005.

ANDRADE, T. C. S.; CHIUVITE, T. B. S.; **Meio ambiente: um bom negócio para a indústria (práticas de gestão ambiental)**. São Paulo: Tocalino, 2004.

APPOLINÁRIO, F. **Dicionário de metodologia científica**: um guia para a produção científica. 1ª Edição. 2ª reimpr. – São Paulo: Atlas, 2007.

AQUINO, A. R.; ABREU, I.; ALMEIDA, J. R. **Análise de sistema de gestão ambiental**. Rio de Janeiro: Thex, 2008.

ARROYO, J. G. **“Análisis Estratégico de los Conglomerados y La Simbioses Industrial como Herramienta de Desarrollo Económico para Puerto Rico. Master’s Thesis in Business Administration and Industrial Management”**. Universidad de Puerto Rico, Puerto Rico, 2004, In VEIGA, L. B. E. **Diretrizes para a implantação de um parque industrial ecológico: uma proposta para o PIE de Paracambi, RJ**. Tese (Programa de Pós-graduação de Engenharia). UFRJ, 233p, 2007.

BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. 2ª Ed. – São Paulo: Saraiva, 2007.

BENDER, V. **Ecodesign Mobiliário Cadeira Sustentável EcoHelp**. Disponível em: <http://confrariasustentavel.ning.com/photo/ecodesign-mobiliario-cadeira-5>. Acesso em: 09/12/2010.

BIANCHI, P. N. L. **Meio ambiente: certificações ambientais e comércio internacional**. 2ª edição. Curitiba: Juruá, 2008.

BRAGA, B. **Introdução à engenharia ambiental**. 2ª Edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**, Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010.

_____. Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR ISO 14040/2001.

CATARINO, D. **Eco-parque do Relvão seduz empresas**. Disponível em: <http://www.ambienteonline.pt/noticias/detalhes.php?id=9182>. Acesso: 03/04/2011.

CEARÁ. **Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Industriais**. Semace, 2005.

CERQUEIRA, J. P. **Sistemas de gestão integrados ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001, SA 8000, NBR 1600: conceitos e aplicações**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2007.

CHEHEBE, J. R. **Análise do ciclo de vida dos produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.

CHERTOW, M. R. **Industrial Symbiosis: Literature and Taxonomy**. Annual Review Energy Environment, n.25, p. 313-337, 2000.

CHIU, A. "Eco Industrial Networking in Asia, International Conference on Cleaner Production", Beijing, China, September, 2001. Disponível em: <http://www.p2pays.org/ref/22/21527.htm>. In VEIGA, L. B. E. **Diretrizes para a implantação de um parque industrial ecológico: uma proposta para o PIE de Paracambi, RJ**. Tese (Programa de Pós-graduação de Engenharia). UFRJ, 233p, 2007.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. **Manual para Implementação de um Programa de Prevenção à Poluição**, 4. ed. São Paulo, 2002.

DIAS, R. **Gestão Ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade**. São Paulo: Atlas, 2009.

_____. **Marketing ambiental: ética, responsabilidade social e competitividade nos negócios**. São Paulo: Atlas, 2007.

DONAIRE, D. **Gestão Ambiental na empresa**. 2ª Ed. 10ª reimpr. – São Paulo: Atlas, 2008.

EHRENFELD, J. GERTLER, N. "Industrial Ecology in Practice: the evolution and interdependence at Kalundborg", Journal of Industrial Ecology, v. 1, nº 1, pp. 67–79, MIT Press, 1997. In VEIGA, L. B. E. **Diretrizes para a implantação de um parque industrial ecológico: uma proposta para o PIE de Paracambi, RJ**. Tese (Programa de Pós-graduação de Engenharia). UFRJ, 233p, 2007.

EUROPA. **National policies concerning eco-industrial parks in Europe**. F.A.T.M. Lighthart, ECN-C-04-061, 2004.

FERREIRA, M. L. T. **Conceito do berço ao Berço – Cradle to Cradle Design**. Disponível em: <http://empreendedorglobal.wordpress.com/2009/11/12/dobercoaoberco/>. Acesso em: 12/11/2010.

FIKSEL, J. **Design for environment: Creating Eco-Efficient Products and Processes**. New York: McGraw-Hill, 1996, In VEIGA, L. B. E. **Diretrizes para a implantação de um parque industrial ecológico: uma proposta para o PIE de Paracambi, RJ**. Tese (Programa de Pós-graduação de Engenharia). UFRJ, 233p, 2007.

FLEIG, A. K. **“Eco-Industrial Parks: a strategy towards industrial ecology in eveloping and newly industrialized countries”**, Pilot project, Strengthening Environmental Capability in Developing Countries (ETC), Eschborn, Germany, 2000, In VEIGA, L. B. E. **Diretrizes para a implantação de um parque industrial ecológico: uma proposta para o PIE de Paracambi, RJ**. Tese (Programa de Pós-graduação de Engenharia). UFRJ, 233p, 2007.

FRAGOMENI, A. L. M. **Parques Industriais Ecológicos como Instrumento de Planejamento e Gestão Ambiental Cooperativa**. Dissertação (Programa de Planejamento Energético), UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro, 110 p, 2005.

FROSCH, R.; GALLOPOULOS, N. **Estratégias de manufatura**. Scientific American, 1989.

GERTLER, N. **“Industrial Ecosystems: Developing Sustainable Industrial Structures”**, Master Dissertation, Massachusetts Institute of Technology- MIT, Massachusetts, USA, 1995, in VEIGA, L. B. E. **Diretrizes para a implantação de um parque industrial ecológico: uma proposta para o PIE de Paracambi, RJ**. Tese (Programa de Pós-graduação de Engenharia). UFRJ, 233p, 2007.

GIMENEZ, Karine. **EcoDesign**. Disponível em: <http://ddesigndeinteriores.blogspot.com.br/2010/11/ecodesign-e-design-sustentavel.html>. Acesso em: 13/02/2010.

HARRINGTON, H. J.; KNIGHT, A. **A implementação da ISO 14001**: como atualizar o sistema de gestão ambiental com eficácia. São Paulo: Atlas, 2001.

HENRIQUES, R. M., OLIVEIRA, L. B., COSTA, A. O. **Geração de energia com resíduos sólidos urbanos**: análise custo benefício. IVIG-COPPE/UFRJ. Disponível em http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/v_en/Mesa4/10.pdf, Acesso em: 03/11/2011.

KORHONEN, J. “ **Theory of industrial ecology: the case of the concept of diversity**”, University of Tampere, Research Institute for Social Sciences Kanslerinrinne 1 (Pinni B), FIN-33014, University of Tampere, Finland, Progress in Industrial Ecology – An International Journal, Vol. 2, No. 1, 2005, in VEIGA, L. B. E. **Diretrizes para a implantação de um parque industrial ecológico: uma proposta para o PIE de Paracambi, RJ**. Tese (Programa de Pós-graduação de Engenharia). UFRJ, 233p, 2007.

KRAEMER, M. E. P. **A busca de estratégias competitivas através da gestão ambiental**. Disponível em: http://www.artigocientifico.com.br/uploads/artc_1148405810_69.doc. Acesso em: 06/05/2009.

KRUGLIANSKAS, I.; ALIGLERI, L.; ALIGLERI, L. A. **Gestão socioambiental: responsabilidade e sustentabilidade do negócio**. São Paulo: Atlas, 2009.

LOWE, E. “**Eco-Industrial Park Handbook for Asian Developing Countries**”, Indigo Development, USA. Disponível em: <http://indigodev.com>. Acesso em: 02/10/2001.

MAIA, A. A. **Legislação ambiental do estado do Ceará**. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, 2007.

MAJUNDAR, S. **Developing an Eco-industrial Park in the Lloydminster Area**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) University of Calgary, Canada. Alberta, 199p, 2001.

- MANO, E. B.; PACHECO, E. B. A. V.; BONELLI, C. M. C. **Meio ambiente, poluição e reciclagem**. São Paulo: Blucher, 2005.
- MANZINI, E.; VEZZOLI, C. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis**. São Paulo: Edusp, 2002.
- MILLER, G. T. **Ciência ambiental**. 11. ed. São Paulo: Thomsom Learning, 2007.
- MONTEIRO, J. H. P. **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.
- MORAES, L. R.; **Implantação de parques eco-industriais (EIPs) como indutor do desenvolvimento sustentável: análise do potencial da região metropolitana de Curitiba**. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Tecnologia). UFPR, Curitiba, 149 p, 2007.
- MOURA, L. A. A. **Qualidade e gestão ambiental**. 5. ed. São Paulo, Editora Juarez de Oliveira, 2008.
- MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental**. 2. ed. Rio de Janeiro: Abes, 2000.
- NETO, A. S.; CAMPOS, L. M. S.; SHIGUNOV, T. **Fundamentos da gestão ambiental**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda, 2009.
- ODUM, E. P.; BARRET, G. W. **Fundamentos de Ecologia**. São Paulo: Thomson Learning, 2007.
- PEREIRA, A. S.; LIMA, J. C. F.; RUTKOWSKI, E. W. **Ecologia industrial, produção e ambiente: uma discussão sobre as abordagens de inter-conectividade produtiva**. In: IV CONFERÊNCIA PAULISTA DE P + L, Anais São Paulo, 2007.
- PHILIPPI Jr, A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. Eds. **Curso de Gestão Ambiental**. Barueri, SP: Manole, 2004.

PIZZATO, L. **Dicionário socioambiental brasileiro**. Curitiba: TECNODATA Educacional, 2009.

SEIFFERT, M. E. B. **ISO 14001 sistemas de gestão ambiental: implantação objetiva e econômica**. 3. ed. rev. e amp. -2ª reimpr. – São Paulo: Atlas, 2008.

_____. **Sistemas de gestão ambiental (ISO 14001) e saúde e segurança ocupacional (OHSAS 18001): vantagens da implantação integrada**. São Paulo: Atlas, 2008.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 23. ed. São Paulo: Cortez, 2000.

SCHALCH, V.; LEITE, W. C. A.; FERNANDES Jr., J. L.; CASTRO, M. C. A. A. **Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos (USP), 2002.

SCHLARF, M. “**Eco industrial development: a strategy for building sustainable communities**”, U.S Economic Development Administration, Work and Environment Initiative, Cornell University, 2001, in VEIGA, L. B. E. **Diretrizes para a implantação de um parque industrial ecológico: uma proposta para o PIE de Paracambi, RJ**. Tese (Programa de Pós-graduação de Engenharia). UFRJ, 233p, 2007;

SILVA, G. A.; KULAY, L. A. **Análise do ciclo de vida**. In Vilela Jr, A; Demajorovic, J; Modelos e ferramentas de Gestão ambiental: desafios e perspectivas para as organizações. São Paulo: Editora Senac, 2006.

TACHIZAWA, T. **Gestão ambiental e responsabilidade social corporativa: estratégias de negócios focadas na realidade brasileira**. 5. ed., São Paulo: Atlas, 2008.

TANIMOTO, A. H. **Proposta de simbiose industrial para minimizar os resíduos sólidos no Pólo Petroquímico de Camaçari**. Dissertação (Mestrado Profissional em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) – Universidade Federal da Bahia (UFBA), Salvador, 169p, 2004.

THOMAS, J. M.; CALLAN, S. J. **Economia ambiental: aplicações, políticas e teoria**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

TUDOR, T.; ADAM, E.; BATES, M. “**Drivers and Limitations for Successful Development and Functioning of EIPs: a literature review**”, Ecological Economics, Science Direct, 2006, in VEIGA, L. B. E. **Diretrizes para a implantação de um parque industrial ecológico: uma proposta para o PIE de Paracambi, RJ**. Tese (Programa de Pós-graduação de Engenharia). UFRJ, 233p, 2007.

VEIGA, L. B. E. **Diretrizes para a implantação de um parque industrial ecológico: uma proposta para o PIE de Paracambi, RJ**. Tese (Programa de Pós-graduação de Engenharia). UFRJ, 233p, 2007.

VESILIND, P. A; MORGAN, S. M. **Introdução à engenharia ambiental**. Revisão técnica Carlos Alberto de Moya Figueira Netto, Lineu Belico dos Reis. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

VILELA Jr., A; DEMAJOROVIC, J. **Modelos e ferramentas de Gestão ambiental: desafios e perspectivas para as organizações**. São Paulo: Editora Senac, 2006.

WENZEL, H., HAUSCHILD, M, ALTING, L. **Environmental Assessment of Products**. Volume 1: **Methodology, tools and case studies in product development**. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000.