

## SIMBIOSE INDUSTRIAL NO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS: UMA PROPOSTA PARA O ALCANCE DA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

RODERICK CABRAL CASTELLO BRANCO<sup>1</sup> ANTONIO VICO MAÑAS<sup>2</sup>

1 MESTRANDO EM ADMINISTRAÇÃO (PUC-SP) / 2 PROF. DR. EM ADMINISTRAÇÃO (PUC-SP)

**Resumo** O objetivo deste artigo é verificar a existência, ou não, de relações simbióticas espontâneas no conjunto de empresas localizado na cidade de Manaus – capital do estado do Amazonas, Brasil – conhecido por Polo Industrial de Manaus (PIM), ao mesmo tempo em que sugere a aplicação do conceito de Simbiose Industrial (SI), ferramenta da Ecologia Industrial (EI), como prática de redução do impacto ambiental na indústria amazonense. Para isso, foram visitadas vinte empresas, em onze subsetores industriais diferentes, representativas de todo parque industrial segundo o faturamento. Em cada uma delas verificou-se se a troca de resíduos (caso existisse) pode ser caracterizada como de SI. Como resultado, observou-se que o PIM não apresenta relações simbióticas espontâneas. Ou seja, das poucas práticas de troca de resíduos, nenhuma atende às exigências expostas na literatura.

Palavras-chave: Ecologia Industrial – Gestão Ambiental – Polo Industrial de Manaus – Simbiose Industrial.

### INTRODUÇÃO

A atividade humana sempre resultou em impactos negativos no meio ambiente. Porém, nas últimas décadas, o capital natural do planeta vem sofrendo modificações sem precedentes para atender às crescentes demandas por água, comida, fibras e energia, levando os atores globais a se questionarem a respeito da validade do atual modelo industrial, que atua no ambíguo papel de fornecedor de itens essenciais para o bem-estar humano e protagonista no processo de destruição ambiental.

O conjunto de empresas localizado na cidade de Manaus, conhecido por Polo Industrial de Manaus (PIM), é exemplo desse modelo industrial tradicional. Ainda que de reduzido impacto ambiental<sup>1</sup>, a importância socioeconômica do PIM para a cidade<sup>2</sup>, somada à visibilidade da questão ambiental na região amazônica, destaca a necessidade de se buscar alternativas mais sustentáveis para a indústria amazonense. No cerne desta discussão, encontra-se a questão do lixo produzido, ainda observado, segundo a ótica tradicional sobre os sistemas industriais, como sinônimo de custos financeiros, ambientais e sociais.

Visando apresentar alternativas, sugere-se a abordagem sistêmica dos sistemas industriais proposta pela idéia de Simbiose Industrial (SI), ferramenta da Ecologia Industrial (EI) conceitualmente ligada aos sistemas ecológicos e comprometida com a redução do impacto da atividade industrial no meio ambiente. Nessa nova visão, empresas trocam entre si materiais, energia e água, substituindo o atual fluxo linear de resíduos por outro fechado, onde resíduos não são descartados, mas reaproveitados por outra empresa, auxiliando a transição da sociedade industrial para a sustentabilidade.

---

<sup>1</sup> Rivas, Mota e Machado (2008) afirmam que o impacto ambiental do PIM, em função da natureza das fábricas ali instaladas (marcado pelos setores eletroeletrônico e duas rodas), não é profundo, além de haver evitado o desenvolvimento de outras atividades econômicas mais danosas à região – como ocorre com outros Estados amazônicos, onde se implantou um sistema baseado na vinculação direta entre exploração madeireira e avanço da fronteira agropecuária.

<sup>2</sup> Durante o ano de 2008, o PIM alcançou o faturamento recorde de US\$ 30 bilhões, apresentando um total de 106 mil pessoas empregadas diretamente em suas fábricas (SUFRAMA, 2009).

## 1 Metodologia e dados

Santos (2005) propõe dois critérios básicos para a classificação de uma pesquisa: quanto aos procedimentos técnicos utilizados pelo pesquisador e quanto aos objetivos pretendidos<sup>3</sup>. Quanto aos objetivos, segundo a taxonomia do autor, a pesquisa caracteriza-se pelo estudo descritivo<sup>4</sup>, por se preocupar em relatar as atuais relações de troca de resíduos no Polo Industrial de Manaus, representado pelas empresas escolhidas, frente às exigências do conceito de Simbiose Industrial de acordo com a literatura pesquisada.

Dentre os procedimentos listados, o presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa de campo (VERGARA, 2003) ou de levantamento (SANTOS, 2005) e bibliográfica (SANTOS, 2005; VERGARA, 2003; OLIVEIRA, 2005). É bibliográfica devido à necessidade de estudo direto nas fontes científicas sobre o tema escolhido, como periódicos, artigos, livros, relatórios, dissertações e teses, dentre outras fontes. É da mesma forma pesquisa de campo ou de levantamento por haver interrogado sujeitos representantes do objeto de estudo – no caso, empresários e funcionários de empresas representativas de seus setores e do Polo Industrial de Manaus. Para a compreensão dessa realidade, foi escolhido o formulário como instrumento para coleta de dados.

A pesquisa possui também caráter quantitativo e qualitativo: enquanto os resultados de pesquisa foram quantificados por meio da tabulação dos dados, a solução do problema de pesquisa é estritamente qualitativa.

O objeto de estudo da pesquisa é o Polo Industrial de Manaus (PIM). Para refletir a realidade do PIM, optou-se por critérios baseados em uma única variável comum, o faturamento, em que a representatividade do objeto de estudo é proporcional à posição das receitas das empresas pesquisadas, frente às demais do setor ao qual pertencem. A opção por esse critério fundamenta-se na crença de que as grandes empresas são as mais aptas, em função da disponibilidade de recursos e tecnologia, a realizar mudanças significativas na realidade socioambiental.

Referente à escolha dos setores que compõem o Polo, foi utilizado o critério do valor total das vendas de 2008. A pesquisa realizou-se no decorrer do mês de janeiro de 2009 e, ao todo, foram escolhidos 11 setores diferentes, responsáveis por 95,75% de todas as vendas ocorridas no PIM durante o ano de 2008. São eles: eletroeletrônico, duas rodas, químico, metalúrgico, termoplástico, descartáveis, relojoeiro, papel e papelão, ótico, editorial e gráfico e mobiliário. Outro ponto válido de menção é a participação desses setores na geração de empregos para a população local. Considerando essa variável, a representatividade dos setores pesquisados se repete: 85,3 mil (79,96%) dos 106,7 mil empregados do PIM trabalham nos setores pesquisados.

---

<sup>3</sup> Vergara (2003) utiliza taxonomia similar, classificando as pesquisas quanto aos fins (objetivos) e meios (procedimentos técnicos).

<sup>4</sup> Para Gil (2007, p. 41), esse tipo de pesquisa tem como uma das características mais significativas a utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados, tais como o questionário.

Tabela 1

Representatividade dos setores pesquisados, segundo faturamento e empregos no PIM, em 2008

Setores pesquisados	Faturamento do setor em 2008 (R\$ 1,00)	Representatividade do setor no PIM de acordo com o faturamento de 2008	Quantidade de Empregados	Representatividade do setor no PIM de acordo com a quantidade de empregos em 2008
Eletroeletrônico	23.639.591.263,00	43,47%	42.185	39,53%
Duas rodas	13.600.433.522,00	25,01%	19.831	18,58%
Químico	5.470.134.928,00	10,06%	1.549	1,45%
Metalúrgico	3.775.784.853,00	6,94%	6.015	5,64%
Termoplástico	3.020.782.191,00	5,55%	8.812	8,26%
Descartáveis	1.334.627.604,00	2,45%	2.053	1,92%
Relojoeiro	557.599.375,00	1,03%	1.413	1,32%
Papel e papelão	336.876.749,00	0,62%	2.010	1,88%
Ótico	220.745.524,00	0,41%	536	0,50%
Editorial e gráfico	70.726.681,00	0,13%	667	0,62%
Mobiliário	48.184.045,00	0,09%	269	0,25%
<b>Total dos setores considerados na pesquisa</b>	<b>52.075.486.735,00</b>	<b>95,75%</b>	<b>85.340</b>	<b>79,96%</b>
<b>Pólo Industrial de Manaus</b>	<b>54.387.284.012,00</b>	<b>100,00%</b>	<b>106.726</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: Elaborado pelos autores com base em Suframa (2009)

Explicitada a relevância dos setores para o PIM, é importante ressaltar como os setores, por sua vez, são representados. Como já afirmado, o critério adotado na escolha das empresas<sup>5</sup> que representam estes setores é o da participação na amostra de, pelo menos, uma das três maiores empresas em vendas do setor durante o ano de 2008. Na tabela 2, é possível visualizar o ranking ocupado por estas no setor ao qual pertencem e no PIM.

<sup>5</sup> Os nomes das empresas, devido a acordo prévio com as firmas, serão omitidos neste estudo. Dessa forma, utilizar-se-á a nomenclatura demonstrada na tabela 2.

Tabela 2

Ranking das empresas pesquisadas em relação ao PIM e ao setor ao qual pertencem

Item	Empresas visitadas	Ranking no PIM	Ranking no setor	Item	Empresas visitadas	Ranking no PIM	Ranking no setor
1	Duas rodas 1	1	1	11	Metalúrgico 2	36	3
2	Eletroeletrônico 1	2	1	12	Ótico	47	1
3	Químico 1	3	1	13	Eletroeletrônico 5	48	20
4	Eletroeletrônico 2	6	4	14	Relojoeiro 1	53	1
5	Duas rodas 2	7	2	15	Relojoeiro 2	64	2
6	Metalúrgico 1	13	1	16	Químico 2	75	6
7	Termoplástico	15	1	17	Papel e papelão 1	98	1
8	Eletroeletrônico 3	17	8	18	Papel e papelão 2	107	2
9	Descartáveis	27	2	19	Moveleiro	167	1
10	Eletroeletrônico 4	33	15	20	Editorial e gráfico	176	1

Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados obtidos em visita à Suframa.

Assim como realizado com a análise dos setores do PIM, uma maneira de acentuar a representatividade dessas empresas no universo de pesquisa, ainda que explicitada a escolha pelo critério do faturamento, é verificar a representatividade dos empregos gerados por essas empresas em relação ao total de empregos gerados em todo o Polo. Essa relação é realizada na tabela 3. Juntas, as empresas da amostra somaram, em 2008, R\$ 22,7 bilhões em vendas e empregaram 24 mil pessoas - ou ainda, 41,7% e 22,5% de todo o polo industrial, respectivamente.

Tabela 3

Representatividade da amostra no PIM em relação ao total de empregos e vendas, em 2008

Setores pesquisados	Representatividade da amostra no PIM	
	Faturamento	Emprego
Eletroeletrônico	11,78%	4,75%
Duas rodas	18,44%	12,98%
Químico	6,25%	0,38%
Metalúrgico	2,07%	0,25%
Termoplástico	1,20%	1,39%
Descartáveis	0,69%	0,97%
Relojoeiro	0,58%	0,50%
Papel e papelão	0,27%	0,51%
Ótico	0,41%	0,50%
Editorial e gráfico	0,05%	0,15%
Mobiliário	0,05%	0,14%
<b>Total dos setores considerados na pesquisa</b>	<b>41,79%</b>	<b>22,52%</b>
<b>Pólo Industrial de Manaus</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: Elaborado pelos autores com base em Suframa (2009).

## 2 Fundamentação teórica

A fundamentação teórica tem como objetivo apresentar os conceitos de Ecologia Industrial (EI) e sua aplicação prática, a Simbiose Industrial (SI), fornecendo os elementos necessários para compreensão da proposta do estudo.

## 2.1 Ecologia Industrial

A ideia de Ecologia Industrial (EI) é opção inovadora que propõe o equilíbrio entre o atendimento das necessidades humanas e a manutenção do meio ambiente, direcionando indústrias a fazerem parte de uma nova racionalidade, análoga ao funcionamento do ecossistema biológico. Essa nova visão é marcada pela preocupação com o ambiente natural, evitando soluções cosméticas para problemas estruturais e fazendo com que os sistemas industrial e natural passem a coexistir, sem que um comprometa a viabilidade do outro.

Dentro dessa estrutura, indústrias cooperariam umas com as outras, trocando informações, energia e subprodutos, sem gerar descartes no meio ambiente, evitando o acúmulo destes dejetos e, conseqüentemente, a degradação ambiental. Garner e Keoleian (1995) resumem: “em um ecossistema industrial, os resíduos gerados por uma empresa seriam utilizados como recursos por outra”. Da mesma forma, Capra (2005) dá sua colaboração:

Uma empresa sustentável estaria inserida numa “ecologia das empresas”, na qual os subprodutos seriam os recursos da outra. Num tal sistema industrial sustentável, a produção total de uma empresa – seus produtos e resíduos – seria considerada como um conjunto de recursos que circulam dentro do sistema (CAPRA, 2005, p. 242).

O grande apelo desta nova abordagem é a necessidade de cooperação entre empresas dos mais diversos segmentos industriais em uma mesma região cujos esforços somados são maiores que os alcançados individualmente. Assim, enquanto as indústrias tradicionais abordam as questões ambientais com o foco em processos individuais e unidades industriais, a EI adota uma abordagem sistêmica, de escopo mais abrangente e de prazos mais longos (GERTLER, 1995). Busca-se a transição do modelo linear, aberto, para o fechado por meio da clarificação da interrelação de processos e fluxos e otimização do conjunto de considerações envolvidas. Define-se, assim, um dos objetivos da EI:

[...] mudar a natureza linear do nosso sistema industrial, onde matérias-primas são usadas e produtos, subprodutos e resíduos são produzidos, para um sistema cíclico onde os resíduos são reutilizados como energia ou matéria-prima por outro produto ou processo (GARNER e KEOLEIAN, 1995).

Segundo Graedel (1994, p. 24), o atual modo de operação da indústria é “essencialmente não planejado, impõe custos econômicos significativos, além de tornar impossível resolver um problema sem causar outro”. Essa é a principal diferença entre os sistemas naturais e os industriais: enquanto os primeiros são fechados, os industriais são abertos. Em outras palavras, o sistema industrial não recicla seus nutrientes. Mais ainda: os sistemas industriais iniciam seus processos com materiais de alta qualidade extraídos da terra, como os combustíveis fósseis, por exemplo, e os retornam à natureza em forma degradada (AYRES, 2002).

## 2.2 Simbiose Industrial

Atualmente, as ações ambientais nas indústrias são, em geral, concentradas no nível intraorganizacional. A noção de simbiose industrial apresenta-se como outra perspectiva de gestão, alternativa a essa visão tradicional. À semelhança da metáfora utilizada pela EI, adota-se um conceito da biologia para denominar essa nova perspectiva, no caso, a simbiose, termo que descreve a associação entre dois ou mais organismos que vivem em comum (DE BARY, apud EHRENFELD e CHERTOW, 2002).

Na biologia, uma relação simbiótica pode ocorrer de três diferentes maneiras. A primeira assume a forma de mutualismo, desenhando relações em que todos os organismos envolvidos se beneficiam da associação. A segunda forma é o comensalismo, quando um organismo se beneficia sem que haja alteração da situação dos outros. Por último, o parasitismo, quando um simbiote, o hospedeiro, é prejudicado enquanto o outro, o parasita,

se beneficia. Dessa forma, o conceito de simbiose industrial utilizado descreve a cooperação entre firmas organizadas pelos princípios biológicos da simbiose, porém, restrito ao mutualismo e comensalismo, sempre visando à utilização ótima das entradas de materiais e produtos (NEHM e ULHØI, 2002).

Chertow (2000, apud CHERTOW, 2007, p. 12) define SI como o “envolvimento de indústrias tradicionalmente separadas em uma abordagem coletiva para a vantagem competitiva envolvendo intercâmbio físico de materiais, energia, água e subprodutos”. O sucesso desse tipo de atividade depende da capacidade de cooperação, integração e sinergias entre indústrias de uma mesma localidade geográfica. Nesse sentido, os parques industriais são localidades propícias, devido à proximidade existente entre empresas, para a manifestação concreta do conceito de simbiose industrial.

Há, porém, algumas exigências para que as relações simbióticas não se confundam com outros tipos de intercâmbio de materiais, garantindo que se reconheçam relações complexas no lugar de simples trocas lineares. Assim, esse estudo considera a seguinte posição de Chertow (2007) para classificação das relações de troca entre empresas no Polo Industrial de Manaus (PIM): para que a simbiose industrial seja caracterizada como tal, faz-se necessária a presença de, no mínimo, três empresas diferentes envolvidas no processo, intercambiando, pelo menos, dois recursos diferentes.

### **3 Resultados da pesquisa**

Um dos aspectos mais comentados em Ecologia Industrial é a ideia do fluxo de resíduos no sistema industrial análogo ao observado no meio natural. Ou seja, a substituição do atual modelo, em que esse fluxo ocorre em um único sentido, para o modelo fechado, no qual todos os resíduos são aproveitados ao máximo, aproximando as indústrias da nulidade de emissões. Atendendo às expectativas conceituais da Ecologia Industrial, evocam-se as relações de Simbiose Industrial (SI), marcadas pela ajuda mútua entre empresas, que intercambiam resíduos, energia e água, com resultados positivos tanto na redução dos impactos ambientais quanto na geração de vantagem competitiva para as empresas participantes.

Para verificar a existência de relações simbióticas nos moldes exigidos pelo conceito de SI, a pesquisa optou pelo formulário como instrumento de coleta de dados. Aplicou-se essa ferramenta no decorrer do mês de janeiro de 2009, quando da visita às empresas, sendo preenchida pelos pesquisadores com base nas conversas com representantes da empresa - gestores em cargos de direção e/ou funcionários responsáveis pelas áreas socioambientais. Como resultado, a pesquisa verificou se as empresas pesquisadas realizam alguma forma de troca de resíduos/subprodutos, água ou energia com outras do Polo Industrial como esperado pelo conceito de SI.

#### **3.1 Fluxo de materiais entre empresas**

Para o alcance dos objetivos propostos no artigo, foi verificada nas empresas pesquisadas possuem, ou não, relações de trocas de materiais podem se caracterizadas como de SI. Para isso foi indagado às empresas se estas adquiriam resíduos de alguma outra empresa localizada no PIM, visando ao aproveitamento em seu processo produtivo. A resposta positiva leva a um segundo passo: a comparação do tipo de intercâmbio mencionado pelo entrevistado com o esperado pelo conceito de SI.

Como resultado, a pesquisa verificou que somente duas empresas (10% do total de empresas pesquisadas) compram resíduos/subprodutos de outras empresas do PIM – a Metalúrgico 2 e a Papel e Papelão 1. No primeiro caso, a produção da empresa Metalúrgico 2 é quase totalmente destinada à demanda do polo de duas rodas, fornecendo peças em alumínio para motos ou esse mesmo metal no estado líquido. O setor de duas rodas, por sua vez, vende peças não aproveitadas (descartadas no processo produtivo das motocicletas) desse material à Metalúrgico 2, que, por meio de um processo de separação<sup>6</sup> e derretimento das peças em

---

<sup>6</sup> Eventuais componentes das peças não feitos de alumínio são separados das peças, como observado *in loco* durante a pesquisa.

forno próprio, fabrica novos produtos, resultando no fechamento desse ciclo específico, como demonstrado na figura 1.

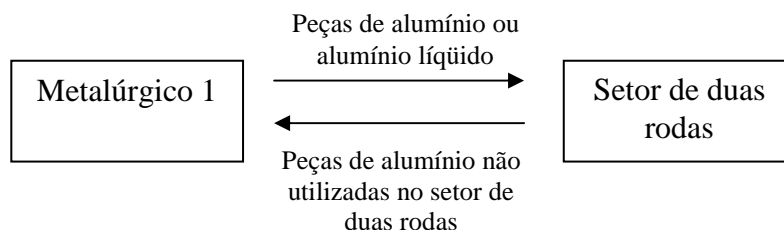


Figura 1: Fluxo de materiais entre a empresa Metalúrgico 1 e o setor de duas rodas

Fonte: Elaborado pelos autores.

O segundo caso, da empresa Papel e Papelão 1, envolve uma quantidade maior de empresas e setores. Na empresa, a maior do setor, a matéria-prima utilizada na fabricação do seu produto final é proveniente dos resíduos de papelão e papel gerados por outras indústrias do Polo. O material não utilizado é vendido<sup>7</sup> por essas empresas a intermediárias, responsáveis pelo recolhimento do resíduo. Estas, por sua vez, depois de transformarem o material recolhido em grandes blocos de papel e papelão, vendem-nos à Papel e Papelão 1. Nesta última, por um processo de reciclagem interno, o resíduo é transformado no seu produto final, caixas de embalagem de papelão, e revendido às empresas do PIM. Essa relação pode ser visualizada na figura 2.

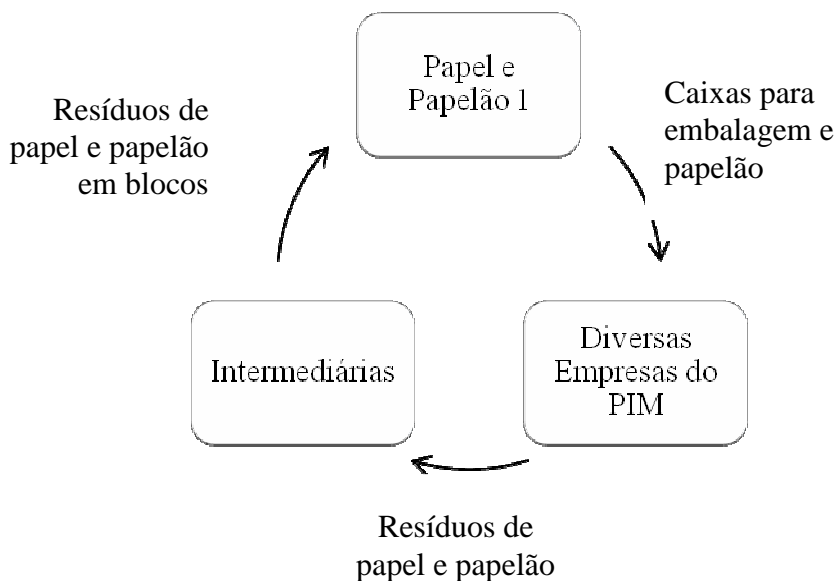


Figura 2 – Fluxo dos resíduos de papel e papelão observado entre as empresas da amostra.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Demonstradas as relações de fluxo de materiais dentre as empresas pesquisadas, cabe verificar se estas se configuram como simbióticas. Para isso, é válido recorrer ao esclarecimento de Chertow (2007) sobre as especificidades dessas relações: para que seja

<sup>7</sup> Durante o período de pesquisa, muitos dos entrevistados alegaram, informalmente, que as empresas intermediárias, responsáveis pelo recolhimento dos resíduos de papel e papelão nas fábricas, não estavam, à época, efetuando pagamentos por esses resíduos, alegando dificuldades em decorrência da crise financeira internacional. Porém, para efeito da pesquisa, considera-se que a relação normalmente estabelecida é a de venda, entendendo o atual comportamento como atípico.

considerada como tal, a relação simbiótica deve ocorrer entre, pelo menos, três empresas diferentes, realizando a troca de, ao menos, dois recursos distintos.

Como observado, as relações não atendem a esse critério, apesar de possuírem alguns pontos em comum com o esperado de uma empresa que aplica o conceito de SI em sua plenitude. Por outro lado, não se pode negar o resultado ambiental positivo dessas atividades no desempenho ambiental e, provavelmente, financeiro dessas empresas.

As empresas do setor de duas rodas, por exemplo, que enviam seus subprodutos à empresa Metalúrgico 2, ao mesmo tempo em que reduzem suas emissões, garantem outra fonte de renda (venda de peças antes descartadas), além de formarem um ciclo fechado em uma etapa produtiva. A empresa Metalúrgico 2, cuja operação depende de recursos naturais de grande impacto ambiental, por sua vez, utiliza quantidade menor de insumos primários, extraídos da natureza, reduzindo ainda mais o impacto ambiental<sup>8</sup>.

Da mesma forma, as diversas empresas do PIM que geram resíduos de papéis e seus derivados garantem a reciclagem de parte de seus resíduos enviando-os (ainda que por meio de empresas coletoras e organizadoras) à empresa Papel e Papelão 1, também resultando em geração de renda e redução dos impactos ambientais.

É fato que a expectativa criada pelo conceito de SI é o de cooperação entre empresas para o aproveitamento dos resíduos no lugar do seu descarte, com vantagens para os lados envolvidos, e este é o observado nos dois casos mencionados na pesquisa. Porém, apesar da similaridade com as relações simbióticas descritas na literatura, a complexidade das conexões exigidas pelo conceito está ausente.

O que se observa na amostra são ligações simples, que ocorrem somente entre duas empresas e utilizando um único recurso, os resíduos de materiais – as trocas de energia e água, como observado mais adiante, inexistem no parque industrial em Manaus.

O intercâmbio observado nas empresas da amostra configura, sim, a redução do impacto ambiental, porém não vai além. O que é possível afirmar é a preocupação com o reúso de materiais que seriam descartados no meio ambiente, inserindo-os em ciclos de reciclagem. Ou seja, o que se percebe é uma das etapas de um programa de Prevenção à Poluição (PP), o uso sustentável de recursos, o que representa o passo seguinte ao processo de final de tubo<sup>9</sup>. De qualquer forma, apesar de iniciativa válida para o alcance de uma indústria mais limpa, ainda se apresenta distante da complexidade dos modelos eco-industriais.

Ainda assim, é importante mencionar que a preocupação das indústrias com produção mais limpa, prevenção da poluição e reciclagem também se configura como característica presente em um PIE. De acordo com as fases que as empresas passam até atingirem a prática total da Simbiose Industrial, segundo Martin et. al. (1996), as indústrias do PIM apresentam práticas tanto de *fim de tubo* quanto de *prevenção à poluição*, mas sem a presença de relações simbióticas.

### 3.2 Fluxo de energia e água entre empresas

Como enfatizado, a simbiose entre empresas ocorre não somente por meio da troca de resíduos de materiais, mas pelo intercâmbio de excedentes de energia e água gerados por uma empresa. Apurou-se no decorrer da pesquisa que a infraestrutura do Polo industrial não permite a realização desse tipo de troca.

---

<sup>8</sup> Segundo a própria empresa, mais de 80% de toda produção de peças de alumínio é proveniente da reciclagem interna de subprodutos de outras empresas de Manaus, particularmente da indústria de motocicletas.

<sup>9</sup> A tecnologia *end-of-pipe* é uma das formas de controle da poluição, juntamente com a tecnologia de remediação. Ambas se caracterizam pelo estabelecimento de práticas para impedir os efeitos decorrentes da poluição gerada por um dado processo produtivo. Porém, enquanto a primeira objetiva o tratamento da poluição antes que ela seja lançada ao meio ambiente, a segunda busca a solução de um problema já ocorrido (BARBIERI, 2007, p. 118).



No exemplo do Parque Industrial Ecológico dinamarquês de Kalundborg<sup>10</sup>, as empresas são interligadas por uma estrutura de tubos subterrâneos, fornecida pela municipalidade, que transportam vapor para geração de energia. A realidade é distante da observada no Brasil, porém, não impede que novas técnicas de compartilhamento de recursos como água e energia elétrica sejam criadas e adaptadas à realidade local.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A literatura alerta para a distinção entre relações de trocas de recursos e a complexidade exigida pelas relações simbióticas. Como resultado, a pesquisa não verificou quaisquer relações entre as empresas pesquisadas que atendam plenamente ao conceito de Simbiose Industrial (SI). A validade dessa proposta exige que a relação ocorra entre, pelo menos, três empresas, trocando, ao menos, dois recursos distintos. De fato, das relações de troca observadas, nenhuma atende a esse critério. Ao todo, foram observadas poucas relações de aproveitamento de resíduos e nenhuma envolvendo a troca de água e energia.

Conclui-se que mesmo os poucos exemplos de ciclos fechados de resíduos não podem ser considerados como equivalentes aos observados em relações simbióticas, mas etapas anteriores que podem colaborar para o alcance do ideal proposto pela ideia de SI. Mais distante ainda, as demais empresas pesquisadas demonstraram possuir fluxos em sentido único, de modo que resíduos gerados por outras empresas não são reutilizados para fins produtivos, mas descartados.

A baixa conectividade entre empresas no PIM deve-se, possivelmente, a alguns fatores. O primeiro deles é a idade do PIM: elaborado ainda na década de 1960, à época pouco se discutia sobre o impacto que o sistema industrial exercia no meio ambiente. As iniciativas de mudança dos sistemas lineares para outros fechados, por sua vez, surgem somente na década de 1980 e, ainda hoje, apresentam-se em processo de formação e aperfeiçoamento.

Um segundo ponto capaz de justificar a baixa inter-relação entre membros do PIM é a própria natureza das empresas participantes. Ou seja, é possível que o mix de indústrias em Manaus não favoreça a troca de subprodutos e energia entre si. Quando marcados pela presença de empresas fabricantes de produtos similares, os resíduos gerados, quando não são os mesmos, não causam interesse da outra parte.

Outra possível razão é a falta de conhecimento dos resíduos atualmente gerados no Polo. Ao disponibilizar essa informação, estimula-se a criação de novos negócios, até então desconhecidos, capazes de aproveitar o que antes seria descartado para movimentar a economia local, ao mesmo tempo em que poupa os ecossistemas naturais. Nesse sentido, vale mencionar estudo da Suframa em parceria com a Agência Brasileira de Cooperação (ABC) e a Agência de Cooperação Internacional do Japão (JICA) iniciado neste ano de 2009. A iniciativa propõe mapear o fluxo de resíduos industriais em Manaus, visando melhorar o processo de gestão de resíduos na cidade elaborando plano diretor para o tratamento do resíduo. Caso disponibilizado publicamente, o estudo pode auxiliar não só na prevenção à poluição, mas no aproveitamento dos resíduos de acordo com os princípios ecoindustriais.

Ainda que as relações de troca almejadas pelo conceito de SI não tenham sido observadas no PIM, os benefícios a serem angariados com essa prática são desejados por qualquer empresa que almeja a sustentabilidade. Por outro lado, os desafios, diversos e em grandes proporções, não devem esmorecer os desejosos pela construção de um modelo industrial sustentável, mas compreendidos como obstáculos que, se superados, garantirão a

---

<sup>10</sup> Kalundborg é considerada o principal exemplo de SI e responsável por trazer à realidade esse conceito (HARRIS, 2007) e é uma das mais comentadas da literatura (EHRENFELD e CHERTOW, 2002; BARBIERI, 2007; HEERES et al, 2004; ESTY e WINSTON, 2008; ROBERTS, 2004). O parque industrial na cidade dinamarquesa é marcado por uma rede de cooperação entre uma usina hidrelétrica, uma refinaria, uma indústria farmacêutica, uma fábrica de placas de gesso e uma indústria de produtos químicos para o solo. Todas se uniram, com o apoio da municipalidade, para comercializar entre si vapor, água quente e outros materiais, reduzindo o impacto ambiental e otimizando a utilização de recursos.

redução dos impactos ambientais, com reflexos tanto no fornecimento de vantagens competitivas para as empresas envolvidas, quanto na melhoria das condições socioambientais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYRES, Robert U. **A handbook of industrial ecology**. Cornwall, UK: MPG Books Ltd, 2002.
- BARBIERI, José Carlos. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. São Paulo: Editora Saraiva, 2007.
- CAPRA, Fritjof. **As conexões ocultas: ciência para uma vida sustentável**. São Paulo: Editora Cultrix, 2005.
- CHERTOW, Marian R. **“Unconverging” industrial symbiosis**. *Journal of Industrial Ecology*, New Haven, 2007, v. 1, n. 1, p. 11-30, 2007.
- CHERTOW, Marian R. **Industrial symbiosis: literature and taxonomy**. *Annual Review of Energy and the Environment*, 2000, v. 1, n. 25, p. 313-3337, 2000. Disponível em: <<http://pubs.acs.org>>. Acesso em: 1º dez. 2008.
- EHRENFELD, John R.; CHERTOW, Marian R. Industrial symbiosis: the legacy of Kalundborg. In: AYRES, Robert U. **A handbook of industrial ecology**. Cornwall, UK: MPG Books Ltd, 2002.
- ESTY, Daniel C.; WINSTON, Andrew S. **O verde que vale ouro: como as empresas inteligentes usam a estratégia ambiental para inovar, criar valor e construir uma vantagem competitiva**. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2008.
- GARNER, Andy; KEOLEIAN, Gregory A. 1995. **Industrial ecology: an introduction**. Disponível em: <<http://www.umich.edu/~nppcpub/resources/compendia/INDEpdfs/INDEintro.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2008.
- GERTLER, Nicholas. **Industrial Ecosystems: Developing Sustainable Industrial Structures**. Massachusetts Institute of Technology, 1995.
- GIANNETTI, Biagio F.; ALMEIDA, Cecília M. **Ecologia industrial: conceitos, ferramentas e aplicações**. São Paulo: Editora Blücher, 2006.
- GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Editora Atlas, 2007.
- GRAEDEL, Thomas. Industrial ecology: definition and implementation. In: SOCOLOW, R.; ANDREWS, C.; BERKHOUT, F.; THOMAS, V. (Orgs.). **Industrial ecology and global change**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1994.
- HARRIS, Steve. The potential role of Industrial Symbiosis in Combating Global Warming. In: *International Conference On Climate Change. 2007. Hong Kong*. Anais. Hong Kong: 2007. Disponível em: <http://c4cs.curtin.edu.au/resources/publications/2007/isglobalwarming.pdf>. Acesso em: 5 mai. 2008.
- HEERES, R. R.; VERMEULEN, W. J. V. ; WALLE, F.B.. **Eco-industrial park initiatives in the USA and the Netherlands: first lessons**. *Journal of Cleaner Production*, Great Britain, 2004, n. 12, p. 985-995, 2004.
- MARTIN, Sheila A. **Eco-industrial parks: a case study and analysis os economic, environmental, technical, and regulatory issues**. 1996.
- NEHM, Inger B.; ULHØI, John P. **Industrial symbiosis in a extended perspective**. 2002. Disponível em: <[http://130.226.203.32/fbspretrieve/354/wp2000\\_6.pdf](http://130.226.203.32/fbspretrieve/354/wp2000_6.pdf)>. Acesso em: 03 dez. 2008.
- OLIVEIRA, Maria Marly. **Como fazer pesquisa qualitativa**. Recife: Editora Bagaço, 2005.
- RIVAS, Alexandre; MOTA, José; MACHADO, José. **Impacto virtuoso do Pólo Industrial de Manaus sobre a proteção da floresta amazônica: discurso ou fato**. Manaus: Instituto I-Piatam, 2008.

ROBERTS, Brian H. **The application of industrial ecology principles and planning guidelines for the development of eco-industrial parks:** an Australian case study. *Journal of Cleaner Production*, Great Britain, 2004, n. 12, p. 997-1010, 2004.

SANTOS, Izequias Estevam dos. **Manual de métodos e técnicas de pesquisa científica.** Niterói, RJ: Impetus, 2005.

SUFRAMA. **Indicadores de desempenho do Polo Industrial de Manaus:** (2004 a 2009). 2009. Disponível em: <<http://www.suframa.gov.br/>>. Acesso em: 14 abr. 2009.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração.** São Paulo: Editora Atlas, 2003.