



INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

"KEY ELEMENTS FOR A SUSTAINABLE WORLD: ENERGY, WATER AND CLIMATE CHANGE"

Aplicação do Conceito de Ecologia Industrial ao Sistema de Gestão Integrada: Vantagens e Melhorias Ambientais Associadas

J. Gameiro^a, M. L. P. Silva^b

a. Siemens Energy Service Division/Oil & Gas Industrial Applications – janaina.gameiro@siemens.com

b. Universidade de São Paulo, Brasil, malu@lsi.usp.br

Resumo

No setor produtivo, é nítida a necessidade de que os sistemas humanos devam ser considerados como parte dos sistemas naturais e se aproximar ao máximo das características destes. Essa concepção de sistemas industriais similares aos ecossistemas naturais, onde pouquíssimas perdas são verificadas, é a base do conceito de Ecologia Industrial. Contudo, não é comum a preocupação de adicionar tal conceito aos sistemas de gestão e, em especial, ao Sistema de Gestão Integrada. Dessa forma, foi objetivo deste trabalho aplicar tal conceito ao sistema de gestão de uma empresa e avaliar o impacto para a sustentabilidade.

A metodologia adotada foi a escolha de uma empresa para estudo de caso e o setor escolhido o eletroeletrônico. As condições de contorno consideraram toda a cadeia de produção do setor e, para tanto, estudou-se uma empresa de grande porte. Assim, a empresa teste apresenta toda a cadeia do setor eletrônico, isto é, microeletrônica, dispositivos em superfície (SMD), placas de circuito impresso (PCI) e montagem e distribuição. Além disso, as seguintes premissas foram estabelecidas para integração Ecologia Industrial e Sistema Integrado de Gestão: o estudo do fluxo de materiais, com provável estabelecimento de metabolismos industriais, a medição de desempenho através dos graus de sustentabilidade, e o amplo acesso à informação.

Foi possível concluir que as ferramentas da Ecologia Industrial adotadas para melhorar a sustentabilidade empresarial propiciam maior eficiência a partir da adoção de métricas, atingem, em geral, a maioria dos envolvidos e operações, permitem melhor formatação e padronização de processos, favorecem a visão sistêmica da organização, tornando a tomada de decisão um processo factual e por fim, permite a implantação de métodos e/ou procedimentos para mudança estratégica, incluindo a mudança cultural, fator essencial para o desenvolvimento. Foi possível observar a importância da avaliação do fluxo de materiais, o que, em geral, promoveu uma melhora ambiental, econômica e social. Estas ferramentas podem ser rapidamente aplicadas, seguindo-se a metodologia proposta, em qualquer empreendimento, independente de seu porte ou processo de produção.

Palavras-Chave: Sustentabilidade. Ecologia Industrial. Metabolismos Industriais. Sistemas de Gestão. Balanced Scorecard. Indicadores de Desempenho.

1 Introdução

O conceito de Ecologia Industrial é baseado em paradigmas como desenvolvimento sustentável, avaliação econômica do ciclo de vida, visão holística, gerenciamento ambiental integrado, simbiose industrial, entre outros. (AYRES, 2003; EHRENFELD, 2004; KORHONEN, 2004, KABONGO, 2006).

Sucintamente a filosofia da Ecologia Industrial sugere a modelação de sistemas industriais como os ecológicos, onde muito pouco é descartado ou perdido, o que a torna um potencial guia para a melhoria da sustentabilidade. Assim sendo, representa um conjunto de princípios de projetos e operações padronizados de acordo com os próprios mecanismos naturais em que matéria-prima e rejeitos têm a mesma função para diferentes organismos, propiciando a minimização do desperdício e a eficiência ambiental. (SEAGER, 2002, SILVA. 2004)

A Ecologia Industrial dá espaço para a inovação considerando as principais demandas físicas e biológicas dos sistemas produtivos e ecossistemas, fomenta continuamente a criatividade e, se aplicada como um sistema integrado interno e externamente, pode contribuir para a melhoria dos sistemas gerenciais e operacionais.

Com o objetivo de auxiliar no controle dos processos, desenham-se sistemas de gestão que facilitam a integração de todos os processos de maneira eficaz e produtiva. Quando implantados de forma a atender as necessidades da organização, enfatiza a adoção de atividades em termos de valor agregado, considera os resultados de desempenho e eficácia de processo e propicia, a partir de ferramentas estruturadas como o Plan, Do, Check and Act, a melhoria contínua de todas as interfaces e processos da empresa (TIBOR, FELDMAN, 1996; GAMEIRO, 2007).

Sistemas de gestão integrada, adotados por organizações que almejam a melhoria de seus processos através da abordagem sistêmica, são alinhados aos pilares do desenvolvimento sustentável e contemplam as abordagens econômica, social e ambiental traduzidas nos requisitos das normas ISO 9001:2008, ISO 14001:2004 e OHSAS 18001:2007 respectivamente (ABNT NBR ISO 9001:2008, ABNT NBR ISO 14001:2004, OHSAS 18001:2007, STOBBE, 2001). O levantamento e controle de aspectos e impactos, objetivos e metas, legislação pertinente, atendimento a situações emergenciais, além das ferramentas para medição de desempenho, que compõem os requisitos obrigatórios do sistema de gestão integrado podem facilitar a implantação de Ecologia Industrial (GAMEIRO, 2007).

O *Balanced Scorecard* (BSC) é uma ferramenta de gestão que utiliza, de modo balanceado, indicadores financeiros e não-financeiros, através do estabelecimento de relações de causa e efeito entre tais indicadores descritas em mapas estratégicos. (KAPLAN, 2000; STORCH, 2004; CAMPOS, 1998, CASTELLI, 1999). Os principais objetivos do BSC são (KAPLAN, 2000; BATEMAN, 1998, ZINGALES 2003) esclarecer e traduzir a visão e a estratégia; comunicar e associar objetivos e medidas estratégicas; planejar, estabelecer metas e alinhar iniciativas estratégicas e melhorar o fluxo de informações e o aprendizado estratégico. Assim, o BSC visa traduzir a missão e a estratégia da organização em objetivos e medidas tangíveis, propiciando o equilíbrio entre indicadores externos voltados para todas as partes interessadas, e as medidas internas dos processos operacionais, de inovação, aprendizado e crescimento (KAPLAN e NORTON, 1997, 2000, 2001). A formulação inicial do BSC apresenta a estratégia da empresa distribuída em quatro perspectivas: financeira, clientes ou mercado, processos internos e aprendizado e crescimento, que são integradas por relações de causa e efeito. Portanto, considerando que uma das premissas básicas da Ecologia Industrial está relacionada à mensuração do desempenho alinhada às estratégias globais da empresa, incluir a vertente ambiental na estrutura do BSC pode trazer resultados positivos na gestão integrada.

Este trabalho teve como objetivo a aplicação do conceito de Ecologia Industrial ao sistema de gestão de uma empresa e posterior avaliação do impacto desta iniciativa para a melhoria da sustentabilidade.

2 Metodologia

Para verificar qual o impacto na sustentabilidade empresarial pela implantação do conceito de Ecologia Industrial em uma empresa, algumas condições de contorno foram inicialmente estabelecidas:

1) O uso de Sistema de Gestão Integrada para a implantação de conceito de Ecologia Industrial considera estudos de Olivier (2004, 2007), que sugerem a necessidade de uma abordagem sistêmica para a troca do conceito de resíduo para o de co-produto e o uso dos sistemas de certificação, como a ABNT NBR ISO 14001:2004, em um modelo não tradicional e com mais ferramentas, para efetuar essa troca. Outras vantagens relevantes de sistemas de gestão são: Apresentam métricas para avaliar a eficiência da implantação e manutenção; Atingem a maioria, se não a totalidade, dos envolvidos e operações; Favorecem a visão sistêmica da organização; Permitem implantação de métodos e/ou procedimentos para mudança estratégica. Faz-se uso principalmente do sistema de gestão ambiental, ABNT NBR ISO 14001:2004, em todas as suas etapas - desde a definição da política ambiental até treinamento e conscientização – o que facilita a inserção dos conceitos de metabolismo e ecossistemas industriais;

2) A ferramenta de implantação, dentro do sistema de gestão, dos conceitos de Ecologia Industrial foi o BSC (Balanced Scorecard). A inclusão dos indicadores ambientais ocorre nas perspectivas tradicionais do BSC porque, como alerta Kaplan e Norton (2001), há a preservação da estrutura compacta de seu modelo primário, uma vantagem significativa, além de que o esforço por melhorar a sustentabilidade não pode ser visto como uma formulação independente da empresa;

3) Definiram-se os graus de sustentabilidade, com graduação que pode variar de 1 a 4, de acordo com a avaliação do Prêmio Nacional da Qualidade (PNQ). Esta graduação aumenta de acordo com a tendência positiva da evolução dos enfoques econômico, ambiental e social. Junior (2001) avaliou tais indicadores e considerou-os extremamente positivo para a melhoria da gestão e uma medida indireta da melhoria da sustentabilidade; e

4) Os indicadores de desempenho usados para produzir as medidas do grau de sustentabilidade são os propostos na ABNT NBR ISO 14031:2004 e pelo World Business Council on Sustainable Development.

As etapas seguidas para a implantação do conceito de Ecologia Industrial foram:

A) *Caracterização prévia da empresa*: o objetivo dessa fase é dimensionar o porte, escopo de atuação e abrangência dos processos da empresa estudo de caso. B) *Caracterização dos processos*: para verificar que processos podem ser melhorados independentemente da existência ou não de troca de co-produtos que favoreça a diminuição de resíduos. C) *Caracterização da gestão, principalmente a ambiental*: principalmente para caracterizar todos os aspectos ambientais do empreendimento. D) *Caracterização de co-produtos*: feita através dos fluxogramas de processo para identificação de entradas e saídas; Revisão das planilhas de aspectos e impactos ambientais no que tange a co-produtos; e Listagem dos co-produtos e respectiva destinação. E) *Levantamento de possíveis metabolismos/ecossistemas internos e externos existentes*. F) *Desenvolvimento de metabolismo/ecossistemas internos e externos*. G) *Integração dos conceitos de Ecologia Industrial no SGI*: através do BSC modificado e, em seguida, um conjunto de ferramentas é implantado para viabilizar o sistema de gestão modificado. H) *Estabelecimento de indicadores de desempenho coerentes com a mensuração do grau de Sustentabilidade*.

A fim de propiciar, entender e mensurar a sustentabilidade da empresa em estudo, optou-se pela inclusão dos indicadores ambientais nas perspectivas tradicionais do BSC para preservar a estrutura compacta do modelo e principalmente pelo fato de que o esforço por melhorar a sustentabilidade da empresa não deve ser visto como uma formulação independente da empresa. Ao contrário, ele deve estar arraigado em todas as atividades executadas.

3 Resultados e Discussão

Este item apresenta as principais etapas do processo de adequação do sistema de gestão ao conceito de Ecologia Industrial, seguido pelas considerações de melhoria ambiental angariadas com o processo.

3.1 Caracterização Prévia da Empresa

A empresa estudo de caso corresponde a uma transnacional do setor eletroeletrônico, apresenta plantas de produção em diversos países sendo considerada de grande porte no que tange aos dados econômicos e número de colaboradores, apresenta os segmentos da cadeia de eletroeletrônicos (Microeletrônica, PCI – placas de circuito impresso, SMT, *surface mounting technology* e Fabricação de Equipamentos), possui alta escala na geração de co-produtos, o que pode facilitar a existência de simbiose industrial tanto interna como externamente. Todas as plantas de produção da empresa são ambientalmente relevantes, isto é, possuem processos fabris que apresentam a geração de co-produtos e também são certificadas segundo a ABNT NBR ISO 14000:2004.

3.2 Caracterização dos processos e de co-produtos

A caracterização dos processos utilizou os procedimentos de auditoria para prevenção de poluição (CETESB, 1998). A avaliação de uso dos resíduos, na forma de co-produtos, foi feita considerando-se aspectos tecnológicos, ambientais e sociais. A minimização da formação de resíduo não é o tema central deste trabalho e, portanto, apenas as principais conclusões para cada setor da empresa são sumariadas a seguir.

Para microeletrônica (planta que se situa fora do país): Nestes processos o resíduo em maior volume é a água deionizada (DI), que é descartada ainda com bom grau de pureza, o que justifica seu reuso e/ou reciclagem, além das legislações européias que apresentam grandes restrições ao consumo de água industrial e impõem diversas regras para minimização de consumo e descarte devido a pouca disponibilidade. Assim, sendo água o co-produto mais relevante, estimou-se a quantidade de água que seria economizada com a reciclagem nos processos. Como a água é de alta qualidade, o valor corresponde a uma economia anual de até EUR 130.000,00. a reciclagem corresponde ao acúmulo desta água em locais específicos e reuso no início do processo.

Para circuito impresso: corresponde a processos que em geral consomem grande quantidade de água, o principal efluente. Outros rejeitos são principalmente soluções aquosas, onde podem estar presentes íons de metais pesados. A Fig. 1 representa em diagrama genérico a destinação comum a tais rejeitos. A situação pode ser otimizada, por exemplo, pela recuperação de metais, pela venda de soluções descartadas e a Tabela 1 apresenta um resumo dessa situação. Porém, muito embora a destinação para reciclagem de todos os rejeitos seja possível, na empresa o uso dos processos de produção é intermitente e altamente dependente da fabricação de equipamentos – que ocorre em outra planta - o que dificulta a logística. Portanto, a terceirização torna-se um caminho para a minimização da formação de resíduos, por permitir que exista escala de produção. Neste caso o principal impacto decorre da emissão de CO₂, devido a traslado de produtos.

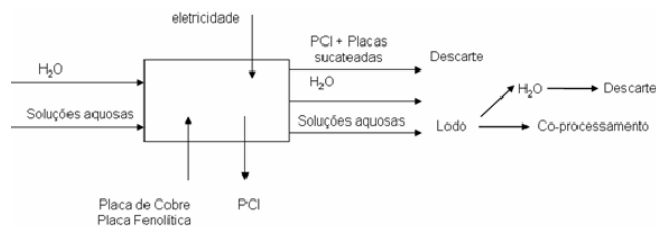


Fig. 1. representação genérica dos principais rejeitos, a serem analisados como co-produtos, da produção de circuitos impressos

Tabela 1. Principais impactos pela produção de circuitos impressos

Situação atual otimizada: impactos
<i>econômico:</i> co-processamento lodo – custo de R\$ 2,00/kg de (R\$800/mês) venda da solução – benefício R\$ 0,15/litro produtos químicos e manutenção da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) – custo - R\$ 1,00/kg de solução (R\$400/mês)
<i>ambiental:</i> emissão de CO ₂ por transporte de lodo por caminhão (MATTOS, 2001) - 7.10 ⁷ gCO ₂ . água – é possível a reciclagem, com a instalação de estação nova (R\$20.000)
<i>social</i> 20 trabalhadores envolvidos diretamente

Para SMT: Nessa área de produção há grande formação de resíduo sólido, em geral contaminado por metais pesados. Testes demonstraram que mudanças no procedimento de operação – especialmente no que se refere ao operador, já que esse processo na empresa tende a ser manual - permite minimização em no mínimo 50%, no consumo de pasta de solda, um dos principais insumos, e, consequentemente minimização na formação de resíduos sólidos. Quanto ao fluxo de materiais, tem-se para o setor de SMT possível destinação de co-produtos em duas áreas: metalurgia e, provavelmente, produção de cimento.

Para a produção de equipamentos: de modo geral, os principais resíduos são partes e peças de equipamentos, além de placas, de circuito impresso/SMT, já abordadas. Assim, a geração de resíduos, que serão avaliados para a produção de co-produtos e sua respectiva destinação, após a minimização da produção destes, é sumariada na Tabela 2.

Tabela 2: Principais resíduos sólidos e atual destinação

Co-produto	Destinação Antes da implantação de Ecologia Industrial
PCI e Componentes Eletrônicos	Incineração
Pasta de solda	Incineração
Madeiras	Incineração
Óleos e graxas	Co-processamento
Sucata metálica com traço de óleo	Incineração
Sucata metálica sem traço de óleo	Incineração
Silício	Venda
Fios e Cabos	Reciclagem
Sucata de aço – FeSi	Reciclagem– fundição
Lodo químico (ETEs industriais)	Co-processamento
Resíduos Diversos Contaminados	Incineração

3.3 Caracterização da Gestão

Uma vez compreendidos os processo de produção da empresa, e as possibilidades para utilização de co-produtos, foram feitas correlações entre estruturas de Sistemas de Gestão, Conceitos, Ferramentas e Metodologias para a empresa estudo de caso, que são apresentadas na Tabela 3. A partir da avaliação do sistema e da definição de metodologias e ferramentas, uma nova estratégia de Gestão Integrada, alinhada aos princípios corporativos (política ambiental, de qualidade, saúde e segurança operacional, etc.) foi estabelecida com os objetivos principais de assegurar o efetivo planejamento ambiental, considerando as partes interessadas. O modelo da nova estratégia estabelecida e o mapa estratégico ambiental encontram-se esquematizados na Fig. 2A e 2B respectivamente.

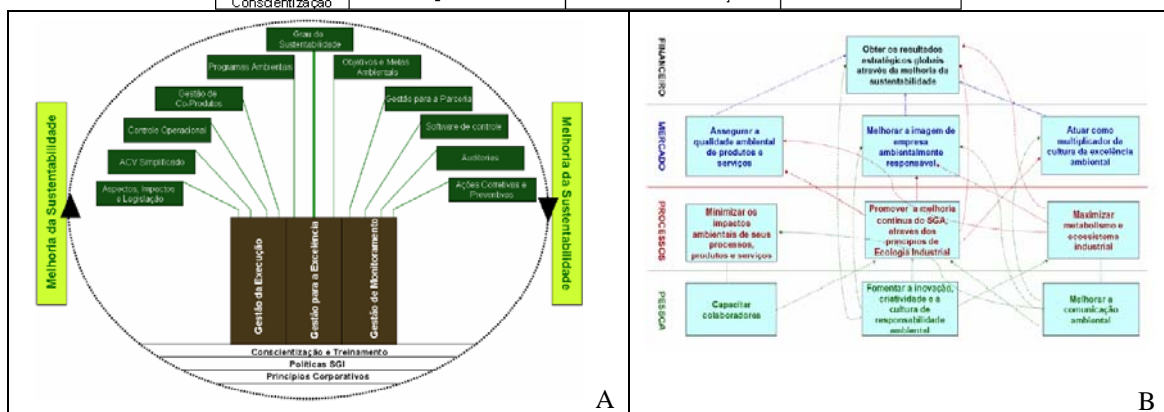
Para traduzir as estratégias em metas e ações tangíveis, propôs-se um *BSC modificado*, cujo objetivo principal foi propiciar e gerenciar a visão das inter-relações entre os pilares de sustentabilidade definidos na nova estratégia da empresa. O BSC auxiliou na maximização da sinergia, produtividade e abrangência considerando o cenário legal, social e econômico em que cada uma das plantas ambientalmente relevantes da empresa no Brasil está inserida. Como desdobramento desse objetivo principal foi possível perceber a minimização dos impactos ambientais provenientes das atividades, produtos e serviços bem como a consideração da melhoria contínua em todos os aspectos das atividades da empresa.

Um dos princípios da Ecologia Industrial, e do desdobramento do mapa estratégico baseado na metodologia do BSC, é a necessidade do estabelecimento de indicadores de desempenho, para controle e acompanhamento dos novos processos estabelecidos para melhoria da sustentabilidade. O levantamento de indicadores baseou-se no WBCDS e a ISO 14031:2004, conforme apresentados na tabela 4. Dentre os processos mais importantes estão o gerenciamento de aspectos e impactos ambientais, programas de melhoria, legislação, co-produtos e metabolismos industriais internos e externos, que consideram em essencialmente a idéia de co-produto, no lugar de resíduo, e permitem uma melhor avaliação do fluxo de materiais de maneira sistêmica.

A tabela 5 apresenta um exemplo de Programa de Melhoria, considerando os requisitos de Ecologia Industrial.

Tabela 3. Correspondência entre estruturas de Sistemas de Gestão, Conceitos, Ferramentas e Metodologias

Requisitos Principais da ISO	Conceito	Princípios e Tecnologias de suporte correlatos	Ferramentas e Metodologias
Política	Ecologia industrial	Princípio das Políticas de Desenvolvimento	Auditorias
Documentação	Ecologia Industrial	Medição de desempenho	BSC
Avaliação de aspectos	Produção mais Limpa/ Ecologia Industrial	Princípio da Prevenção, Integração e Balanceamento de entradas e saídas	P2/EP3
Objetivos e metas	Produção mais Limpa/ Ecologia Industrial	Princípio da Prevenção e minimização de entradas e saídas	P2/EP3/BSC/Eossistema Industrial
Comunicação	Ecologia Industrial	Sistemas de informação	P2/EP3
Melhoria contínua	Produção mais Limpa	Princípio da Responsabilidade Continuada	P2/EP3/BSC
Planejamento produto	Ecologia Industrial	Princípio da Eficiência de Processos	Auditorias/ACV/Aviação Ambiental
Planejamento processo	Ecologia Industrial	Princípio da Eficiência de Processos e Medição de Desempenho	Auditoria/ACV/Aviação Ambiental
Planejamento	Ecologia Industrial	Princípio da eficiência de processos	Auditoria/Aviação Ambiental
Cliente/fornecedor	Ecologia Industrial	Princípio dos Eossistemas Industriais	P2/EP3/BSC/Eossistema e Metabolismo Industrial
Medição	Produção mais Limpa/ Ecologia Industrial	Princípio da Eficiência de Processos, Integração e Medição de Desempenho	BSC/Auditorias
Comunicação	Ecologia Industrial	Sistemas de Informação	Programa de Educação/Software de Controle
Treinamento/Conscientização	Ecologia Industrial	Sistemas de Informação	P2/EP3/BSC



KEY ELEMENTS FOR A SUSTAINABLE WORLD: ENERGY, WATER AND CLIMATE CHANGE

São Paulo – Brazil – May 20th-22nd - 2009

Fig. 2 A: Modelo da nova estratégia de gestão e 2 B: Mapa estratégico ambiental
Tabela 4: Indicadores de sustentabilidade

Gestão de Co-produtos	Utilização de Recursos Naturais
Co-produtos Reciclados	Energia (kWh)
Co-produtos coprocessados	Água (m ³)
Co-produtos Perigosos Aterrados	Papel (kg)
Co-produtos Perigosos Reciclados	Gestão Ambiental
Co-produtos Classe II B - não perigosos (inertes)	Aspectos Ambientais
Co-produtos Classe II A - não perigosos (não inertes)	Objetivos e Metas Ambientais
Receita	Conscientização Ambiental
Doação	Parceiros Ambientais Homologados
Despesa	Atendimento a Legislação Ambiental
Investimentos Ambientais	
Investimentos Ambientais	

Tabela 5: Programa de melhoria considerando os conceitos de Ecologia Industrial

No	Objetivo	Meta	Indicadores	Entrada	Saída	Metabolismo/ Eco sistema Industrial	Programa de Gestão Ambiental	Prazo Conclusão
1	Minimizar o consumo de água	Reduzir o consumo anual em 15% em 2 anos.	Gestão de recursos naturais	Água	Água residual	Metabolismo ETE/Sanitário	P2 e EP3	^^
2	Minimizar o consumo de energia	Reduzir o consumo anual em 5% em 2 anos.	Gestão de recursos naturais	Energia	Energia	P2 e EP3	P2 e EP3	^^
3	Minimizar o consumo de insumos	Reduzir o consumo anual em 5% em 2 anos.	Gestão de recursos naturais	Produto Químico	Produto Químico	Metabolismo Processos Industriais	P2 e EP3	^^
4	Minimizar a geração de resíduos	Reduzir a geração em 20% em 2 anos.	Gestão de recursos naturais	Insumo Recurso Natural	Resíduo Sólido	Ecossistema - Parceria	P2 e EP3	^^
5	Aumentar conscientização ambiental	Reduzir o consumo anual em 15% em 2 anos.	Gestão Ambiental	Participação Interessada	Melhoria em processos e imagem	Programa de Educação Ambiental	P2 e EP3	Contínuo
6	Assegurar a implantação e manutenção do SIC	Manter o SIC implantado conforme as normas de qualidade, meio ambiente e saúde e segurança ocupacional.	Gestão Ambiental	Recursos	Certificação	Revisão do Manual Corporativo considerando Ecologia Industrial	Revisão do Manual Corporativo considerando Ecologia Industrial	Contínuo

Após a implantação dos novos processos, os indicadores de sustentabilidade – pelo aspecto econômico, social e ambiental – foram monitorados continuamente e a Fig. 3. apresenta a medição do ganho financeiro (em reais) de uma planta com a venda de co-produtos e a medição dos indicadores de sustentabilidade, como definidos na metodologia.

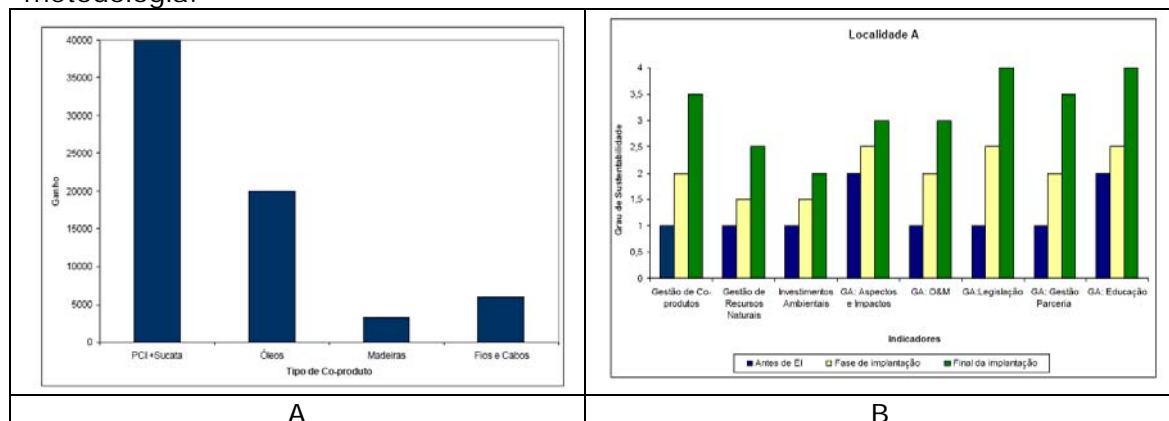


Fig. 3 Para uma planta: medição do ganho financeiro, em reais, com a venda de co-produtos (a) e medição dos indicadores de sustentabilidade ao longo da implantação do conceito de Ecologia Industrial, EI (b)

A Fig. 4 apresenta a evolução do grau de sustentabilidade para todas as localidades antes e depois da Implantação de Ecologia Industrial, demonstrando que, em geral, os processos que se apresentavam bastante incipientes antes do início dos

KEY ELEMENTS FOR A SUSTAINABLE WORLD: ENERGY, WATER AND CLIMATE CHANGE

trabalhos apresentaram expressiva melhoria a partir da implantação dos conceitos.

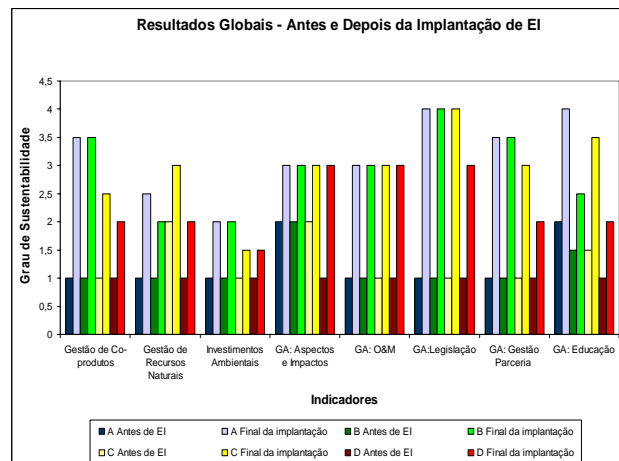


Fig. 4: Avaliação do grau de sustentabilidade para todas as localidades antes e depois da Implantação de Ecologia Industrial

Quanto aos indicadores, é importante destacar a condição dos resíduos, que após a implantação do conceito de Ecologia Industrial no sistema de gestão integrada são denominados co-produtos, e que são resumidos na Tabela 5. O significativo reaproveitamento fica evidente nessa tabela e é responsável pela melhoria dos indicadores de sustentabilidade.

Tabela 5. Nova destinação dos resíduos após a integração do conceito de Ecologia Industrial ao Sistema de Gestão Integrada

Co-produto	Destinação Antes da implantação de Ecologia Industrial	Destinação atual
PCI e Componentes Eletrônicos	Incineração	Reciclagem (Europa)
Pasta de solda	Incineração	Co-processamento
Madeiras	Incineração	Reciclagem
Óleos e graxas	Co-processamento	Rerrefino
Sucata metálica com traço de óleo	Incineração	Reciclagem
Sucata metálica sem traço de óleo	Incineração	Reciclagem
Silício	Venda	Venda
Fios e Cabos	Reciclagem	Reciclagem
Sucata de aço - FeSi	Reciclagem - fundição	Reciclagem - fundição
Lodo químico (ETEs industriais)	Co-processamento	Co-processamento
Resíduos Diversos Contaminados	Incineração	Incineração

4 Conclusões

Foi possível concluir que do ponto de vista de gestão integrada, as ferramentas disponíveis na empresa antes do início dos trabalhos apresentavam lacunas no que tange à questão da abrangência e efetividade, uma vez que o uso delas, por si só, não permitia a melhora contínua da sustentabilidade, já que não avaliava processos para diminuição de formação de resíduos, fluxo de massa, etc. Assim, a existência de um sistema de gestão integrada não é garantia de altos padrões e/ou facilitador da melhoria da sustentabilidade. Portanto, a implantação do conceito da Ecologia Industrial viabilizou a existência de outros conceitos, tais como co-produtos, metabolismo industrial, etc., que, por focar o processo, favoreceram a diminuição do consumo de insumos e aumento de produção em ciclo. Contudo, dentre as maiores resistências encontradas do ponto de vista da Ecologia Industrial, está a consideração do uso de resíduos como co-produtos, isto é, possíveis entradas para outros processos produtivos. Esse fato dificultou a criação de metabolismos industriais por parte da gestão da empresa em função do aspecto legal e de controle interno.

A aplicação do conceito de Ecologia Industrial, especialmente pela mudança da denominação de resíduos para co-produtos e pela análise do fluxo de materiais na empresa, melhora a sustentabilidade empresarial por propiciar maior eficiência a

KEY ELEMENTS FOR A SUSTAINABLE WORLD: ENERGY, WATER AND CLIMATE CHANGE

partir da adoção de métricas, atingem, em geral, a maioria dos envolvidos e operações, permitem melhor formatação e padronização de processos, favorecem a visão sistêmica da organização, tornando a tomada de decisão um processo factual e por fim, permite a implantação de métodos e/ou procedimentos para mudança estratégica, incluindo a mudança cultural, fator essencial para o desenvolvimento. Estas ferramentas podem ser rapidamente aplicadas, seguindo-se a metodologia proposta, em qualquer empreendimento, independente de seu porte ou processo de produção.

5 Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. NBR/ISO-14001:2004 Sistemas de Gestão Ambiental - especificação e diretrizes para uso, Rio de Janeiro, 48 p., 2004

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. NBR/ISO-14011: 2004 - diretrizes para auditoria ambiental - procedimentos de auditoria de sistemas de gestão ambiental, Rio de Janeiro, 79 p., 2004

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. NBR/ISO-14012: diretrizes para auditoria ambiental - critérios de qualificação para auditores ambientais. Rio de Janeiro, 55p., 2004

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. NBR/ISO-14031: diretrizes para monitoramento do desempenho ambiental. Rio de Janeiro, 6 p. 1996.

AYRES, R. U.; SIMONIS, U. E. 1994 Industrial Metabolism: Restructuring For Sustainable Development – Tokyo, New York, United Nations University Press, p.124

AYRES, R.U.; AYRES, L.U.2003 A Handbook of Industrial Ecology. Industrial input/output analysis: Implications of Industrial Ecology. Journal of Industrial Ecology, vol.7, no. 2, Nova Iorque, p.125-126

CATELLI, A. 1999 Controladoria: uma abordagem da gestão econômica. São Paulo: Editora Atlas, p.20-56

Campos, L. M. S. 2001 SGADA –Sistema de Gestão e Avaliação de Desempenho Ambiental: uma proposta de implementação 2001 220 p. Tese (Doutorado) Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Implementação de um Programa de Prevenção de Poluição. Disponível em <http://www.crq4.org.br/downloads/prevencao_poluicao.pdf> Acesso em 10 jul 2006

EHRENFELD, J. 2004 Industrial Ecology: a new field or only a metaphor? Journal of Cleaner Production 12, p.825-831

GAMEIRO, J. Melhoria da Sustentabilidade Pela Aplicação do Conceito de Ecologia Industrial: Estudo de Caso no Setor Eletro-eletrônico 2007, 163 p. Tese (Doutorado) Escola Politécnica de Engenharia Elétrica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007

JUNIOR, J.M.T. 2001 Metodologia para Avaliação do Sistema Integrado de Gestão: Ambiental, da Qualidade e da Saúde e Segurança Universidade Federal de Santa Catarina, Apostila do Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Produção Florianópolis

KABONGO, J. D. 2006 La Valorisation Résiduelle: Une Étude de cas Dans Douze Firmes Canadiennes Tese (Doutorado) Département de Management Faculté des Ciencias de L'Administration Université Laval Québec, 174 p.

KABONGO, J. 2006 Le Manegement des Savoirs au Service de l'écologie Industrielle. Revue Française Degestion, no. 149, vol. 2, p. 173-191

LEHNI, M. 2000 Eco-efficiency: Creating More Vallue with Less Impact. Genebra: World Business Council for Sustainable Development, 39 p.

SEAGER, T.P.; THEIS, T.L. 2002 An Uniform definition and quantitative basis for industrial ecology Journal of Cleaner Production 12, p.225-235

SILVA. Ecologia Industrial : O Que É, Para Que Serve E Quanto Custa? Revista Ipesi, p.18-20, 2004

STOBBE, I. et al. 2001 Meeting Data Requirements By Using The Izm/Ee-Toolbox For A Screening Assessment of The Environmental Impacts Of Electronic Products. European Conference On Electronics And The Environments, Greenpack-Project, Oslo/N, p..12-13

TIBOR, T.; FELDMAN, I. 1996 ISO 14000: um guia para as novas normas de gestão ambiental. São Paulo : Futura

ZINGALES, F.; WASSENHOVE, L. V. Balanced Scorecard & Sustainability. INSEAD, 2003, p. 23, 30/2003 (Technical Report - INSEAD/CMER)