



*Sustentabilidade: integrando*  
***cadeia de suprimentos e***  
***ecologia industrial***

*Waltson Gomes Neto de Limad*  
*Maria Lúcia Pereira da Silva*

*São Paulo*  
*Centro Paula Souza*  
*2016*

Copyright © 2016

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza

É proibida a reprodução total ou parcial desta publicação, por quaisquer meios, sem autorização prévia, por escrito, da editora.

*Coordenação*

Helena Gemignani Peterossi

*Conselho editorial*

Alexandre Formigoni, Antonio Cesar Galhardi, Eliane Antonio Simões, Elisabeth Pelosi Teixeira, Getulio Kazue Akabane, Humber Furlan, José Manoel Souza das Neves, Luciana Reyes Pires Kassab, Napoleão Verardi Galegale

*Edição*

Durval Cordas

*Projeto gráfico, diagramação e capa*

SeePix Comunicação

*Impressão e acabamento*

Graphium Gráfica e Editora

**Ficha elaborada pela Biblioteca Nelson Alves Viana — Fatec-SP/Ceeteps (Bibliotecária Iris de Lima Muniz)**

---

Limad, Waltson Gomes Neto de

L732s      Sustentabilidade: integrando cadeia de suprimentos e ecologia industrial / Waltson Gomes Neto de Limad, Maria Lúcia Pereira da Silva. – São Paulo : Centro Paula Souza, 2016.  
88 p. -- (Coleção Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos; v. 5)

ISBN 978-85-99697-71-9

1. Sustentabilidade. 2. Ecologia industrial. 3. Produção mais limpa. 4. Logística. I. Silva, Maria Lúcia Pereira da. II. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza. III. Título.

CDU 502.131.1

---

Unidade de Pós-Graduação, Extensão e Pesquisa do  
Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Rua dos Bandeirantes, 169, Bom Retiro  
São Paulo (SP), 01124-010  
Tel.: (11) 3327-3109

# SUMÁRIO

Apresentação.....	5
Prefácio.....	6
Introdução.....	7
Capítulo 1	
Conceitos.....	9
1. Conceitos e evolução da sustentabilidade.....	9
2. Ecossistema e graus de sustentabilidade.....	12
3. De prevenção de poluição a ecologia industrial.....	16
3.1. Prevenção da poluição (P2 e EP3).....	16
3.2. Produção mais limpa: P+L.....	19
3.3. Produção verde e produção limpa.....	20
4. Ecologia industrial.....	23
4.1. Ecossistema industrial.....	24
4.2. Metabolismo industrial.....	25
4.3. Avaliação do ciclo de vida e sua relação com a ISO 14000.....	26
5. Logística.....	28
6. Estoques.....	32
7. Planejamento da programação e do controle da produção (PPCP).....	35
8. A logística e a ecologia industrial.....	37
9. Ferramentas da qualidade.....	41
Capítulo 2	
Estudo de caso.....	44
1. Avaliação do empreendimento.....	52

2. Sustentabilidade e aplicação de ferramentas.....	60
2.1. Avaliação da empresa com foco na P+L .....	61
2.2. Avaliação da empresa com foco na ecologia industrial.....	64
Considerações finais.....	76
Referências.....	78



# APRESENTAÇÃO

O Programa de Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos, oferecido pelo Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, ao mesmo tempo em que complementa a natureza da ação educacional da instituição voltada à educação profissional em seus vários níveis, assume o desafio de irradiar para o setor produtivo a cultura da pesquisa e da inovação tecnológica por meio da formação acadêmica pós-graduada.

Nesse sentido, tem como diferencial linhas de pesquisa, em Gestão de Sistemas Produtivos e em Desenvolvimento Tecnológico, que oferecem ao aluno a construção de conhecimentos que o habilitem a procurar soluções para problemas práticos de base tecnológica e que impulsionem a pesquisa aplicada em sua área de atuação profissional. O Programa tem buscado cumprir esses objetivos por meio da formação de profissionais com posicionamento crítico, habilidades e competências técnicas e gerenciais que os tornem promotores da eficiência coletiva, aplicada ao desenvolvimento, à implantação e à gestão de sistemas produtivos eficazes, baseados em métodos científicos e focados nas premissas da sustentabilidade.

A coleção *Gestão e Tecnologia em Sistemas Produtivos* traz a público alguns dos resultados desse desafio. Os estudos e trabalhos de professores e alunos convertidos em volumes da presente coleção oferecem uma amostra da excelência buscada na formação dos profissionais empenhados nesse programa de pós-graduação e em experiências afins vividas em outras instituições.

Assim, a coleção está permanentemente aberta a contribuições de pesquisadores de todas as áreas e vinculações que comunguem da preocupação por formar e qualificar visando o aprimoramento do setor produtivo brasileiro, na perspectiva da inovação.

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Helena Gemignani Peterossi  
coordenadora

# PREFÁCIO

**A**s rápidas mudanças tecnológicas e seus efeitos colaterais nos sistemas econômicos, sociais e ambientais trouxeram à tona a necessidade de estudos e pesquisas sobre a subsistência da espécie humana e do planeta. Bases conceituais sobre a sustentabilidade e novas formas de abordagem da produção e do desenvolvimento são focos de pesquisas em todo o mundo, na busca de soluções que permitam a evolução tecnológica sem causar danos aos sistemas ambientais e sociais.

Fruto de uma pesquisa no Programa de Mestrado da Unidade de Pós-Graduação do Centro Paula Souza, este livro traz uma importante contribuição para os pesquisadores e empreendedores da área produtiva. Contendo uma ampla revisão bibliográfica na área de sustentabilidade e produção limpa, além de um estudo de caso de uma empresa do setor eletroeletrônico, o livro destaca a evolução conceitual e exemplifica como os conceitos podem ser explorados pelas empresas.

Pode-se perceber com clareza o que e como fazer nas empresas para a promoção da sustentabilidade desde o nível estratégico até o operacional, mostrando ser possível a adoção de práticas que conduzam à interação entre a sustentabilidade e a estratégia de negócios da empresa.

Os autores destacam a importância da conscientização dos colaboradores, somada à normatização dos procedimentos e à melhoria de processos. E inferem que a normatização traz indicadores de controle que auxiliam os gestores no planejamento do uso dos recursos de modo mais sustentável.

A redação clara e concisa permite uma compreensão de todos os aspectos aqui colocados. É uma leitura prazerosa e enriquecedora sobre assuntos tão necessários à sociedade atual.

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Eliane Antonio Simões



# INTRODUÇÃO

**E**sta obra tem como objetivo apresentar, e exemplificar com um empreendimento do setor secundário da economia, as vantagens do uso dos conceitos e das ferramentas de logística, produção limpa e ecologia industrial para a melhoria da sustentabilidade.

Sustentabilidade é vista aqui como a aplicação do conceito de desenvolvimento sustentável, ou seja, sua práxis, nos processos humanos. Assim, utiliza-se a visão de Poudel (2002, p. 8), que descreveu a sustentabilidade como “a eficácia na forma de gestão que está sendo aplicada para obtenção de objetivos definidos”, o que exige “definir corretamente os critérios para avaliar os objetivos, as metas e os atores envolvidos na questão”, além de “métodos para determinar critérios e indicadores”, o que “resulta em ferramentas significativas de avaliação”.

Muito embora vários conceitos ligeiramente discordantes possam ter sido usados para definir a sustentabilidade nas últimas quatro décadas, como observa Adeodato (2005), é consistente em todas as abordagens para definição do termo a procura da “persistência por longo período, de certas características necessárias e desejáveis de um sistema sócio-político e seu ambiente natural, não infinitamente durável, mas que seja capaz de transformar a sociedade” (Robinson et al., 1990 apud Adeodato, 2005, p. 11). Portanto, além de objetivos, metas e indicadores, a questão temporal deve ser também avaliada (Arbúcias, 2008).

No setor secundário, um conceito bastante relevante é o de ecologia industrial, que estabelece que todos os rejeitos/resíduos/materiais devem ser continuamente reciclados dentro do sistema e somente a energia solar ilimitada deveria ser utilizada de forma dissipativa (Gianetti; Almeida, 2006). Assim, ocorre uma analogia entre os sistemas industriais e os ecossistemas naturais, o que favorece a avaliação do aspecto temporal, na medida em que há uma preocupação com o fluxo de materiais, não só entre empresas — onde deve ocorrer de modo sinérgico —, mas também na sua interação com o ambiente.

As operações de uma empresa que são relevantes para estabelecer como se dá o fluxo de materiais são também alvo de análise pela

área da logística, e podem ser de grande valia para a compreensão dos processos de melhoria da sustentabilidade. A logística, dentro do processo industrial, coordena substancialmente todo o fluxo produtivo, pois atua como um gerenciador das informações; assim, decodifica as entradas (*inputs*), participa do processo de transformação (processamento), e fecha o ciclo, propiciando que tais informações e dados sejam dirigidos ao sistema para que seja dado o controle financeiro do processo. A maior ênfase no estudo da logística pelo aspecto ambiental — quer seja pelo foco da possibilidade de melhoria do ambiente, quer seja pelo da influência exercida neste — recai sobre as cadeias de suprimentos (Seuring et al., 2008); ou seja, não se utiliza o conceito de sustentabilidade como fator integrante de gestão estratégica, avaliando os resultados por meio de ferramentas que meçam seus impactos no processo produtivo. Porém, uma abordagem das possíveis interações entre dois conceitos — logística e ecologia industrial — pode ser de grande valor para a melhoria ambiental. Além disso, a produção limpa, ao manter o foco principalmente no processo e no controle de suas perdas, permite um ganho substancial na operação. Portanto, esta obra tenta mostrar com um exemplo como usar tais conceitos na melhoria da sustentabilidade do negócio.



# **CAPÍTULO 1**

## *Conceitos*

**E**sse capítulo contém os principais conceitos utilizados para a compreensão da sustentabilidade: logística, projeto, ecologia industrial, produção limpa, etc.

### *1. Conceitos e evolução da sustentabilidade*

As discussões sobre sustentabilidade foram preliminarmente consolidadas a partir de 1992, por intermédio do documento conhecido como Agenda 21 (Arbúcias, 2008). Esse documento trouxe o conceito de sustentabilidade como sendo a correlação entre o processo de gestão e sua aplicabilidade aos recursos obtidos e manipulados pelas empresas, e os impactos que eles geram no ambiente e na sociedade (Abreu, 2001).

Com a Agenda 21 foram propostas ações, metodologias e outras orientações, envolvendo todas as partes interessadas na questão ambiental. As empresas tiveram que pensar suas atividades como algo mais complexo, bem como as questões relacionadas com a sustentabilidade passaram a fazer parte do processo de tomada de decisão (Arbúcias, 2008).

Até então, a preocupação das empresas era a de ter lucratividade e utilizar, o máximo possível, os recursos naturais disponíveis. Não existia uma preocupação com o fim desses recursos, como água, madeira, minério, terra e outros muito utilizados nos processos industriais; contudo, percebeu-se ao longo dos séculos que os processos industriais tornaram os recursos escassos e prejudicaram o processo natural de

sobrevivência dos ecossistemas. Portanto, os processos de criação de novos produtos passaram a levar em conta quais as melhores práticas e que materiais são mais factíveis de serem repostos, enquanto velhos processos eram igualmente revisados (Abreu, 2001).

A partir dessa reunião e das discussões ocorridas, o setor industrial começou a gerar ferramentas e indicadores para seus empreendimentos, além de criar organizações para facilitar todo o processo, tal como o World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). No entanto, muitos conceitos na área ambiental são novos e, portanto, ainda podem ser compreendidos de modos distintos por diferentes atores<sup>1</sup> envolvidos na questão, como é o caso do termo sustentabilidade.

É importante enfatizar que há quatro décadas o termo sustentabilidade vem sendo abordado de modos distintos por diferentes autores, sem que uma definição única lhe seja atribuída. Todavia, o conceito bastante genérico foi enunciado por Robinson et al. (1990 apud Adeodato, 2005), que definiram a sustentabilidade como a procura da persistência por longo período de certas características necessárias e desejáveis de um sistema sociopolítico e seu ambiente natural, não infinitamente durável, mas que seja capaz de transformar a sociedade. Assim, uma simplificação possível é aceitar que a sustentabilidade corresponde à práxis do conceito de desenvolvimento sustentável nos processos humanos e, como foi definida por Roberts (2004), a eficácia na forma de gestão aplicada para obtenção de objetivos bem definidos, o que exige estabelecer corretamente os critérios que os avaliem, além das metas, dos atores envolvidos na questão e dos métodos para determinar critérios e indicadores, os quais resultam em ferramentas significativas de avaliação.

Dessa forma, o conceito de sustentabilidade a ser utilizado leva em conta que para haver um crescimento é necessário que exista uma

---

<sup>1</sup> O conceito de "atores ambientais" também é conhecido como de partes interessadas, ou stakeholders.

preocupação da gestão quanto ao uso do material, fazendo com que seja possível utilizá-lo na produção, e, a partir disso, obter lucro e manter as condições futuras de crescimento. Ademais, a sustentabilidade se define já no projeto, uma vez que as tecnologias selecionadas têm repercussões nos processos e nos materiais e impactam direta ou indiretamente as pessoas.

Sustentabilidade muitas vezes é confundida com conceitos igualmente importantes, como os de produção limpa, desenvolvimento sustentável e ecologia industrial.

Desenvolvimento sustentável, como estabelecido em relatório da Organização das Nações Unidas (ONU), é o “atendimento das necessidades da geração presente sem comprometer a capacidade de as gerações futuras atenderem também às suas” (WCED, 1987, p. 7),

Já a produção mais limpa (P+L) foi definida pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente como “aplicação contínua de uma estratégia integrada de prevenção ambiental a processos, produtos e serviços, a fim de aumentar a eficiência de produção e reduzir os riscos para o ser humano e o ambiente” (Giannetti; Almeida, 2006, p. 21).

Por fim, a ecologia industrial estabelece que todos os resíduos/materiais devem ser continuamente reciclados dentro do sistema, e somente a energia solar ilimitada seria utilizada de forma dissipativa (Giannetti; Almeida, 2006). Assim, ecologia industrial é a “avaliação baseada em engenharia e similaridades com a ecologia, integrando desenho, produção, uso, consumo, término de produtos e serviços com pouco impacto ambiental e otimizando o uso de recursos” (Manahan, 1999, p. 23).

Portanto, faz-se uma analogia entre os sistemas industriais e os ecossistemas naturais e, ao preocupar-se com o fluxo de materiais e sua interação como o meio ambiente, oferece-se grande ênfase à formação de *ecossistemas industriais*, com empresas funcionando de modo sinérgico.

Neste caso, deve-se propor que as organizações como um todo passem a empregar ativos de produção dedicados a famílias de produ-

tos, ou seja, a relação entre localização dos materiais, seu uso e seu fluxo estabelecem mais um fator à produção limpa: a agilidade, proposta pelo Sistema *Lean*<sup>2</sup> (Invernizzi, 2006).

Portanto, a tomada de decisão nas empresas deve ter uma preocupação com o acompanhamento da forma como os produtos são idealizados, fabricados e vendidos. Não é possível pensar em controle de processo ou desperdícios sem uma preocupação com indicadores que mostrem a influência dessas ações na sociedade, na produtividade, na estabilidade e na recuperação dos recursos em longo prazo. Para tanto, a partir dessa questão, foi gerado o conceito de grau de sustentabilidade.

## ***2. Ecosystema e graus de sustentabilidade***

O conceito de sustentabilidade caminhou, então, para outro conceito, conhecido como grau de sustentabilidade. Ele possibilitou uma análise mais profunda de todo o processo de gestão e viabilizou a definição de níveis de análise. Os níveis ou graus de sustentabilidade vão desde o estratégico até o operacional (Arbúcias, 2008).

Os graus de sustentabilidade auxiliam as empresas a melhorar a divisão de seus controles e redistribuir as responsabilidades das diversas áreas da organização em relação ao processo de fabricação.

Os níveis de sustentabilidade sugeridos por Roberts (2004) para a área industrial são:

- a) **1º Nível:** trata-se do nível estratégico da organização, em que a análise se dá sobre o sistema no qual a empresa está inserida. É importante ressaltar que a sustentabilidade é fundamentada

---

<sup>2</sup> Lean Manufacturing System: *sistema produtivo no qual se busca atender às necessidades do cliente, dispondo do menor lead time possível e de produtos e serviços com alta qualidade e baixo custo em seus processos* (Invernizzi, 2006).

em três pilares<sup>3</sup>: econômico, social e ecológico (ambiental). Esse filtro auxilia a empresa a analisar seu sistema de parceria com uma visão de sustentabilidade.

- b) **2º Nível:** este nível traça as metas para o futuro; a empresa define onde deseja chegar e como usar o processo para alcançar o objetivo de forma sustentável. A empresa precisa definir metas plausíveis que possam garantir sua sobrevivência, mas com uma visão sustentável. Este nível já trata da aplicação dos conceitos relatados na Agenda 21 ou decorrentes desta.
- c) **3º Nível:** este nível consolida o que a empresa é e o que ela espera ser no futuro, ou seja, as definições da missão e visão passam a fazer parte da organização como algo concreto que deve ser internalizado (incorporado). Neste nível, é possível estabelecer metas que cumpram o nível anterior. Esses primeiros níveis são estratégicos, mas implicam uma avaliação completa da organização e uma remodelagem de práticas e metas.
- d) **4º Nível:** este é o nível gerencial, em que a empresa busca estabelecer metas táticas para que o negócio possa se desenvolver. Este é um dos níveis mais importantes no processo de sustentabilidade, pois a empresa passa a internalizá-la na prática da gestão. Algumas questões relacionadas com problemas de inconsistência das metas ocorrem nesta fase. Existe uma preocupação em manter a visão da gerência alinhada com os níveis anteriores. São estabelecidos indicadores para controle dos processos.
- e) **5º Nível:** para conseguir resultados práticos é importante o acompanhamento dos processos, e a auditoria auxilia na manutenção das metas estabelecidas nos níveis anteriores. Alguns dos

---

<sup>3</sup> *O tripé da sustentabilidade, ou triple bottom line, pode ser compreendido como uma combinação de prosperidade econômica, consciência ambiental e responsabilidade social. Essa abordagem pode facilitar a definição das políticas e procedimentos da empresa em suas operações diárias (Rowley; McMurtrey, 2016).*

indicadores utilizados são descritos na ISO 14031 e, por conseguinte, o desempenho de cada um desses processos é avaliado.

Um modo de normalizar processo e/ou avaliá-los pelo aspecto ambiental são as normas da série ISO 14000. Essa série de normas dirigida à gestão ambiental define, por meio da ISO 14001, os critérios e processos necessários para que uma empresa possa implantar um sistema adequado de gerenciamento do uso de materiais e geração de coprodutos.

Além de ter como função padronizar a visão segundo a qual são construídos os processos, ela permite que o desempenho ambiental seja medido e avaliado dentro de um processo sistêmico de melhoria; ademais, a norma propicia que as boas práticas sejam registradas e possam ser comunicadas indiscriminadamente no mercado. A norma registra os processos e auxilia os gestores a acompanharem os resultados obtidos. Sem a norma, fica difícil explicar à sociedade como a empresa está crescendo e se desenvolvendo, sem causar problemas futuros a essa sociedade. Por meio da implantação da ISO 14001, a empresa garante seus processos e uma certificação periódica, já que o sistema sofre auditorias frequentes para garantir a manutenção desse processo.

Os benefícios imediatos que a empresa obtém com a certificação, além do citado acima, são a melhoria na confiança dos clientes, dos investidores e, por conseguinte, da sociedade como um todo, e a melhoria no controle de custos, por meio da administração mais adequada dos materiais e recursos em geral.

Para atingir a eficiência aplicada aos processos e ao mesmo tempo proteger o ambiente, a série ISO 14000 foi elaborada a partir de vários temas, como:

- a) sistemas de gerenciamento ambiental;
- b) rotulagem ambiental (selo verde);
- c) auditoria ambiental;
- d) análise do ciclo de vida;



- e) avaliação do desempenho ambiental;
- f) termos e definições (Santos, 2002; Teixeira; Souza, 2016).

O sistema de gestão ambiental (SGA) na série ISO 14000 consiste em definir a forma de a estrutura organizacional planejar, desenvolver atividades, desenvolver projetos, estabelecer responsabilidades, definir práticas e procedimentos, utilizar recursos voltados para políticas de uso adequadas às políticas ambientais (Silva Filho, 2003).

O SGA se assemelha a algumas fases utilizadas pela produção mais limpa, portanto é importante quando se trabalha com melhorias contínuas na área ambiental. Segundo Silva Filho (2003), essas fases podem ser as descritas a seguir.

A primeira é aquela que envolve a alta administração, que precisa entender que o passo que está sendo dado não pode ser modificado ao longo do tempo e que precisará auxiliar a empresa a ter um procedimento coerente com os princípios que definiu como corretos. A alta administração também é responsável pela definição de metas, cobrança e busca de lucratividade. Se não houver esse comprometimento, fica difícil cumprir as metas de melhoria das questões ambientais.

Estando comprometida, a alta direção define a política ambiental a ser seguida pela empresa. Entende-se por política ambiental o comprometimento da alta direção com a aplicação dos procedimentos e práticas sustentáveis.

Nesta fase é feito o planejamento da empresa com uma abordagem na gestão ambiental, são definidas metas a serem perseguidas pela empresa e é estabelecido o programa de gestão ambiental que auxiliará a empresa a cumprir suas metas.

A fase seguinte é chamada de implantação e operação. Nela são especificados todos os processos, responsáveis, necessidade e recursos necessários para que o SGA possa ser estruturado e mantido.

Depois ocorre a fase de acompanhamento do processo que foi implantado e dos registros que foram gerados. Todos os documentos

precisam ser verificados (auditoria), para garantir a forma mais adequada de rastrear possíveis problemas e corrigi-los.

A última fase é conhecida como análise crítica e ajuda a empresa a fazer correções dos processos que não estiverem em conformidade com o que foi definido na política ambiental e nos procedimentos-padrão estabelecidos.

Com o SGA implantado é possível fazer mudanças e melhorar todas as atividades referentes a atitudes, procedimentos e melhorias sem perdas para a política ambiental. A série ISO 14000 traz detalhes de cada uma dessas etapas, bem como os documentos e procedimentos necessários para que a empresa ganhe a certificação. Entre essas normas está a ISO 14031, que tem por finalidade auxiliar todo o processo de avaliação dos procedimentos implantados na empresa por meio da obtenção de indicadores (Silva Filho, 2003). Assim, a norma 14031 declara que uma organização deve adotar critérios, elaborar procedimentos e criar indicadores ambientais que possam ser implantados nos diversos processos, em todos os níveis estruturais (estratégico, de implantação e execução), permitindo que se possa de fato avaliar o desempenho ambiental das organizações.

### *3. De prevenção de poluição a ecologia industrial*

Os conceitos ambientais foram-se desenvolvendo de forma gradativa, mas complementar. Portanto, é necessário conhecê-los para que se faça uma inter-relação sólida. Serão apresentados, assim, os principais conceitos, que se iniciam na prevenção de poluição e chegam até a ecologia industrial.

#### *3.1. Prevenção da poluição (P2 e EP3)*

Em seu início, a prevenção à poluição (P2) foi um programa promovido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (Environ-

mental Protection Agency, EPA). Esse programa destinou-se à redução da poluição por meio da integração governo-mercado, com base no fluxo de informações e na oferta de incentivos (Giannetti; Almeida, 2006).

A principal função desse programa é a mitigação dos impactos ambientais gerados pelos presentes processos. Segundo Santos (2002), prevenção à poluição é uma prática do gerenciamento ambiental que tem por objetivo controlar a poluição por meio de método alternativo, reduzindo a quantidade e a periculosidade do lançamento de coprodutos<sup>4</sup> no ambiente. É importante ressaltar que a prevenção à poluição visa eliminar as causas fundamentais da poluição, em vez de agir reativamente após o seu surgimento; ademais, os coprodutos são tidos como ineficiências dos processos e propiciam, no seu tratamento, ganho de produtividade, redução de custos operacionais, elevação de eficiência nos processos e melhoria quanto à preservação ambiental.

De acordo com o EPA, um programa de prevenção à poluição é formado pelas seguintes premissas:

- a) redução ou total eliminação de materiais tóxicos por meio da gestão de materiais no processo produtivo, projeto do produto e/ou modificação de equipamentos nesse mesmo processo;
- b) aplicação de ciclos fechados de reciclagem: da matéria-prima ao descarte, passando pelo processo produtivo, proporciona-se que o coproduto gerado seja reutilizado no próprio processo;
- c) desenvolvimento de tecnologias que previnam a formação de poluição (Giannetti; Almeida, 2006).

Para se implantar um programa de prevenção da poluição é necessário entender o sistema de operação e o empreendimento no qual esse processo está inserido. Para tanto, como benefício, são tra-

---

<sup>4</sup> O termo coproduto é bastante utilizado no País pelo setor secundário para definir aquele material produzido involuntariamente, mas que possa ser reutilizado internamente, na produção, ou em processo externo (Souza, 2001).

çadas estratégias que atuam principalmente na melhoria dos processos, concomitantemente ao cuidado com a imagem da organização no mercado.

Segundo Castro (2005), para a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb), um programa de prevenção da poluição segue os seguintes passos:

- a) comprometimento da alta direção;
- b) definição da equipe de prevenção à poluição (PP);
- c) elaboração da declaração de intenções;
- d) estabelecimento de prioridades, objetivos e metas;
- e) elaboração do cronograma de atividades;
- f) disseminação de informações de PP;
- g) levantamento de dados;
- h) definição de indicadores de desempenho;
- i) identificação de oportunidades de PP;
- j) levantamento de tecnologias;
- k) avaliação econômica;
- l) seleção de oportunidades de PP;
- m) avaliação dos resultados;
- n) manutenção do programa.

O Projeto Ambiental de Prevenção à Poluição (*Environmental Prevention Pollution Project*, EP3) é um projeto, assistido pelo EPA, cujo principal objetivo é promover entre os países a aplicação de técnicas e informações que propiciem a redução da poluição. Essas técnicas são desenvolvidas por meio de métodos quantitativos, os quais permitem o monitoramento dos índices envolvidos.

A base desse projeto é similar à dos programas de prevenção à poluição, mas os resultados são contabilizados e desdobrados mediante levantamentos socioeconômicos na região ou grupo de regiões onde estes são aplicados.

### *3.2. Produção mais limpa: P+L*

A produção mais limpa (P+L) tem por definição a aplicação contínua de uma estratégia integrada de prevenção ambiental em processo, produto ou serviço, com vistas a aumentar a eficiência operacional nos processos e reduzir os riscos para o ser humano e o ambiente (Giannetti; Almeida, 2006).

A P+L, além de elevar a eficiência em termos de produtividade, proporciona às organizações aumento de lucratividade e competitividade pela oferta de produtos oriundos de processos mais bem elaborados e com menor custo e/ou melhor aproveitamento e geração mitigada de coprodutos; ademais, enquanto se trabalha no processo, concomitantemente se fornece proteção ao ambiente de forma preventiva, ao consumidor e ao trabalhador, considerando os aspectos de saúde e preservação.

O termo P+L foi criado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (United Nations of Environment Programme, Unep) em 1989, e teve como base a aplicação de uma estratégia ambiental, de caráter preventivo, com gestão integrada em processos, produtos e serviços.

Entre os benefícios desse conceito, destacam-se:

- a) tornar o processo produtivo menos agressivo ao homem e ao ambiente;
- b) reduzir significativamente a formação dos coprodutos e, conseqüentemente, os custos;
- c) elevar a produtividade dos processos, utilizando melhor os recursos de matéria-prima e energia;
- d) propiciar retorno econômico para as organizações.

Esses benefícios podem ser conseguidos se o conceito for aplicado ao longo do ciclo de vida do produto. Por isso, o emprego da P+L permite antecipar e prever os impactos socioeconômico-ambientais nos processos em que está inserida.

Na prática, isso pode acontecer sob algumas condições, como as exemplificadas a seguir (Giannetti; Almeida, 2006):

- a) substituição de materiais por outros de fontes renováveis;
- b) levantamento da real necessidade de insumos, trabalhando melhor o fluxo de materiais;
- c) medição da reciclabilidade e reutilização de coprodutos gerados;
- d) dentro do fluxo logístico, expansão do processo produtivo até a embalagem e distribuição;
- e) classificação do produto final como intermediário, prevendo como será seu descarte.

Ao considerar os recursos de entrada, principalmente energia e matéria-prima, pois esses são os geradores dos possíveis coprodutos, o processo principal é analisado enquanto gerador não apenas do produto acabado, mas também do coproduto, e, uma vez que os produtos acabados, após o uso, poderão ser reciclados ou reutilizados em outro processo ou não, observam-se similaridades com a ecologia industrial, em que o fechamento do ciclo produtivo é o objetivo último. Por outro lado, os resíduos, para a P+L, uma vez gerados, são tratados e descartados adequadamente conforme suas características físico-químicas, enquanto a ecologia industrial pressupõe seu uso em outros ciclos produtivos. Há, portanto, também similaridades com a cadeia de suprimentos, que busca endereçar adequadamente todos os componentes de um processo produtivo, evitando ao máximo as perdas nessas operações.

### ***3.3. Produção verde e produção limpa***

A produção verde, que na última década foi mais bem descrita como produção sustentável, demanda uma série de critérios para sua aplicação. Em um estudo de caso sobre certificação de fornecedores em indústrias de alta tecnologia, foi proposta uma lista para produto e produção verde, que é apresentada no Quadro 1 (Lee et al., 2009).



**Quadro 1 – Lista para certificação de produto e produção verde.**

<b>Produto verde</b>	<b>Produção verde</b>
O nível de reciclagem dos produtos	O uso de materiais nos componentes que possuem o mais baixo impacto sobre os recursos naturais
O nível de materiais verdes utilizados em embalagens	A habilidade do fornecedor em alterar processos e projeto do produto para reduzir o impacto sobre os recursos naturais
O custo de processamento do fim da vida dos produtos (o custo é reduzido pelo crescimento da reciclagem)	A responsabilidade social autônoma do fornecedor para a proteção do ambiente
	A relação de clientes que exigem produtos verdes para o total de clientes do fornecedor

**Fonte:** Adaptado de Lee et al. (2009).

Produção sustentável é a criação de bens e serviços usando processos e sistemas que são não poluentes, com conservação de energia e de recursos naturais, que sejam economicamente eficientes, seguros e saudáveis para os trabalhadores, comunidades e consumidores, e socialmente gratificantes para todos trabalhadores (Ron, 1998).

Em 2002, no World Summit for Sustainable Development, em Johannesburgo, a Unep chamou a atenção para a importância do termo e, entre outras providências, sugeriu uma maior ênfase na avaliação de ciclo de vida, explicada adiante (Hertwich, 2005). Além disso, um grande esforço vem sendo feito, também pela Unep, na outra ponta da cadeia, isto é, na obtenção de consumo sustentável (Garrett, 2007).

A produção verde é também um conceito de produção que está muito associado a outros dois: química verde e engenharia verde.

A International Union of Pure and Applied Chemistry (Iupac) tem como função apresentar globalmente os aspectos/conceitos das ciências químicas e contribuir para que a química esteja a serviço do ser humano. Assim, o termo química verde foi adotado pela Iupac

pela razão de correlacionar desenvolvimento sustentável com a evolução da química.

A química verde pode ser definida como projeto, desenvolvimento e implementação de produtos químicos ou processos para minimizar ou zerar a formação de substâncias nocivas ao ambiente e ao ser humano. Aplicando esse conceito na indústria, define-se a tecnologia limpa. A ideia principal é que se possam instituir processos alternativos menos poluentes ou não poluentes.

Os processos da química verde podem ser divididos em três grupos, a saber:

- a) o uso de fontes renováveis ou recicladas de matéria-prima;
- b) aumento da eficiência de energia ou seu uso ótimo;
- c) anulação do uso de substâncias tóxicas e bioacumulativas.

Adicionalmente, para as engenharias os doze princípios da engenharia química verde são:

- 1) prevenção: reduzir ou eliminar a formação do coproduto é melhor que tratá-lo após gerado;
- 2) economia de átomos: projetar metodologias sintéticas que permitam maximizar a incorporação de todos os materiais de partida no produto acabado;
- 3) síntese de produtos menos perigosos: uma vez que seja possível, a síntese de um produto químico deve produzir substâncias que possuam pouca ou nenhuma toxicidade ao meio ambiente e ao ser humano;
- 4) projeto de produtos seguros: assegurar que os produtos químicos sejam projetados de tal forma que atendam às especificações técnicas e não sejam tóxicos;
- 5) solventes e auxiliares mais seguros: quando possível, evitar o uso de substâncias auxiliares (tais como solventes, agentes de separação, secantes) ou, quando utilizadas, que estas sejam inócuas;

- 6) busca pela eficiência de energia: otimizar a utilização de energia pelos processos químicos de modo tal a respeitar os critérios ambientais e econômicos; neste caso, recomenda-se a utilização sob condições normais de temperatura e pressão;
- 7) uso de fontes renováveis de matéria-prima: buscar viabilizar o uso de fontes de matéria-prima renováveis;
- 8) evitar a formação de derivados: minimizar ou anular a derivatização (uso de bloqueadores, proteção/desproteção, modificação temporária por processos físicos e químicos), propiciando a não formação de coprodutos;
- 9) catálise: preferir reagentes catalíticos aos estequiométricos;
- 10) projeto para degradação: projetar produtos químicos que se componham de produtos de degradação inócuos e não permaneçam no ambiente quando descartados;
- 11) análise em tempo real para a prevenção da poluição: aplicar monitoramento e controle dentro dos processos, avaliando a formação de substâncias nocivas a partir de abordagens analíticas;
- 12) química intrinsecamente segura para a prevenção de acidentes: escolher substâncias que minimizem o potencial de acidentes químicos, vazamentos, explosões e incêndios.

## *4. Ecologia industrial*

O conceito de ecologia industrial sugere que o sistema industrial não apenas interage com o ambiente, mas faz parte e possui uma interdependência com ele (Giannetti; Almeida, 2012); ou seja, os sistemas industriais funcionam e são regulados a partir das interações com a natureza e do conhecimento disponível sobre o ambiente (Manahan, 1999; Clift; Druckman, 2016).

O termo ecologia industrial implica a relação da indústria com a ecologia. Nesse contexto, define-se ecologia como uma abordagem da ciência

que se ocupa do estudo das relações entre organismos e seu ambiente em toda a linha do tempo, resgatando seu histórico e formando o futuro.

Para melhor entender a ecologia industrial, serão apresentados dois outros conceitos que compõem sua definição: ecossistema e metabolismo industrial (Ayres; Ayres, 1996; Ayres; Simonis, 1994).

#### ***4.1. Ecossistema industrial***

A ideia de ecossistema industrial foi abordada, porém de modo ligeiro, por Renner já na década de 1940, tendo ressurgido mais fortemente na década de 1970 a partir da percepção do sistema industrial como parte da natureza, da qual demanda recursos e serviços (Zhang et al., 2015).

Segundo Frosch (1994), foi possível desenvolver métodos de produção menos danosos ao ambiente pela substituição de processos isolados por sistemas integrados; esses modificaram a lógica de produção isolada, aquela baseada apenas na utilização de matérias-primas formando produtos e coprodutos, substituindo-a por processos que possibilitaram o reaproveitamento no processo desses coprodutos, reduzindo as entradas e saídas externas — eficiência trazida pelos doze princípios da engenharia química verde.

Desse processamento interno forma-se a analogia com os sistemas ecológicos. Para que haja um bom funcionamento desses sistemas, é necessário, segundo Ashford (1997):

- a) existência de uma autoridade para a gestão de coprodutos no processo;
- b) projeto e construção de unidades que promovam o melhor uso de energia acompanhado da ótima utilização da água, escolha de fontes renováveis de energia e de matéria-prima, preocupação com o uso de materiais ambientalmente benignos e facilidade de desmontagem e reconstrução;
- c) bom fluxo de informação entre os *stakeholders* (partes interessadas);
- d) um patrocinador.

Para tanto, as bases previstas para a implementação dos ecossistemas industriais são:

- a) informação técnica para identificar e informar as possibilidades de integração, alternativas de mudanças de processo e procedimentos, compondo suas vantagens ambientais e econômicas;
- b) instrumentos econômicos para fomentar as mudanças e incentivar as ações que resultam nos ganhos ambientais;
- c) regulamentos para garantir que os procedimentos previstos na P+L sejam executados, impedindo ou dificultando a movimentação de produtos perigosos, por exemplo.

#### *4.2. Metabolismo industrial*

Segundo Zhang et al. (2015), já na década de 1940 Renner relacionou o uso de coprodutos de uma empresa como matéria-prima de outra com a ideia de simbiose, muito embora sem denominar tal prática simbiose industrial. Essa denominação ocorre posteriormente, em 1997, quando Valdemar Christensen descreve o parque industrial de Kalundborg, na Dinamarca. Antes disso, em 1988, Ayres propõe o termo metabolismo industrial para explicar o processo de conversão de matéria-prima, energia e trabalho em produtos e resíduos.

O metabolismo industrial é um processo de análise da relação entre as entradas dos recursos para a produção e os coprodutos e produtos gerados, e do melhor aproveitamento dos recursos energéticos e materiais, em toda a cadeia de produção. Esse conceito se relaciona com a definição da logística para o fluxo de materiais (Sousa, 2008).

O fluxo de materiais, nesse contexto, está disposto nos seguintes grupos, segundo Arbúcias (2008):

- a) entrada de materiais (matéria-prima, reciclados, itens industrializados e outros);

- b) processo produtivo (produto principal, produto em processo, coprodutos e reciclados e não reciclados);
- c) geração de resíduos (sólidos, líquidos, gasosos, perigosos e não perigosos);
- d) emissões (ruídos, radiações e outros).

A análise do fluxo de materiais pode ser complementada pelo balanço de massa, ou seja, o balanço entre as entradas nos sistemas produtivos e a correlação em termos de massa e valor, nas saídas desse processo (Sousa, 2008). Portanto, é oportuno afirmar que ecologia industrial, metabolismo e simbiose industrial, além de cadeia de suprimentos, encontram-se intimamente relacionados (Leigh; Li, 2015).

### ***4.3. Avaliação do ciclo de vida e sua relação com a ISO 14000***

Existe uma preocupação entre empresas, governos, sociedade e políticos do mundo todo com os recursos naturais. Eles estão em processo de esgotamento e algumas áreas do planeta estão passando por grandes mudanças, como é o caso da Antártida e da Amazônia.

Essas modificações poderão mudar os hábitos das futuras gerações. Com todas essas transformações, foi necessário o desenvolvimento de estudos e de normas para que as organizações possam elaborar seus produtos com um processo sustentável. Uma série dessas normas foi a ISO 14000.

A ISO 14000 é um conjunto de normas que auxilia a implantação de um sistema de gestão ambiental nos processos. Ela é composta por uma série de procedimentos que ajudam a empresa a melhorar continuamente as questões de sustentabilidade. Essa discussão foi ampliada com a edição da ECO 1992<sup>5</sup>, quando foi elaborado o documento denominado Agenda 21.

---

<sup>5</sup> *ECO 1992, Rio-92, Cúpula ou Cimeira da Terra são nomes pelos quais é mais conhecida a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), realizada entre 3 e 14 de junho de 1992 no Rio de Janeiro. O seu objetivo principal era buscar meios de conciliar o desenvolvimento socioeconômico com a conservação e a proteção dos ecossistemas da Terra.*



A ISO série 14000 inicialmente foi composta pelas ISO 14001, 14004, 14010, 14011 e 14012. Elas foram inicialmente publicadas em 1996 e trazem documentos que definem critérios e formas de realização de auditorias ambientais, objetivos, plano de auditoria e procedimentos para que as empresas vão mudando a forma de trabalhar suas questões de sustentabilidade (Guethi, 2004; Environmental Management, 2009). Atualmente já se considera estratégico integrar as normas das várias áreas do empreendimento, principalmente qualidade e saúde e segurança, pois facilita a implementação da produção enxuta e limpa (Rebelo; Santos; Silva, 2016).

Uma das normas da série ISO 14000 mais importantes para o processo de melhoria nas empresas, no que concerne ao produto, é a ISO 14040, que define a avaliação do ciclo de vida (ACV). A análise do ciclo de vida, também conhecida como ecobalço, estuda os possíveis problemas ambientais ligados a um produto, processo ou atividade, por meio da identificação dos recursos, das emissões e dos coprodutos produzidos ao longo de todo o processo de desenvolvimento e entrega do produto ao usuário final. De acordo com a ISO 14040, o estudo da ACV está dividido em quatro etapas:

- a) definição de objetivo e escopo;
- b) análise de inventário;
- c) avaliação de impacto;
- d) interpretação dos dados e resultados.

Essas etapas foram criadas para se atingir uma visão geral do processo, de modo tal que:

- a) a determinação do objetivo e do escopo insira o produto dentro do sistema global ao qual pertence;
- b) a análise do inventário estabeleça as categorias de dados logísticos, preparação, coleta e validação desses dados, dimensionando as necessidades de energia e matérias-primas, coprodutos

- (sólidos, líquidos e gasosos) e danos ou desperdícios durante a vida de um produto;
- c) a avaliação do impacto selecione e defina as categorias ambientais, incluindo classificação e caracterização dos impactos ambientais mensuráveis;
  - d) a interpretação identifique e avalie a integridade, a sensibilidade e a veracidade das informações.

Portanto, a avaliação do ciclo de vida, uma ferramenta gerencial da ISO 14000, consiste em identificar e avaliar os fluxos de entradas e saídas nos processos, e aplicar avaliações nos impactos gerados com o desenvolvimento de um produto e seu ciclo de vida, propriamente dito.

Essa análise é importante porque é possível pensar no produto desde a sua concepção até a entrega ao cliente, de uma forma que ele possa gerar menos problemas ao ambiente — como uma quantidade menor de coprodutos, redução de materiais desperdiçados, etc. — e possa utilizar materiais e matérias-primas mais sustentáveis. Assim sendo, quando o cuidado com o desenvolvimento sustentável se inicia na análise e concepção do produto fica mais fácil de prevenir processos que geram coprodutos ou problemas de desperdício (Librelotto, 2008; Mendes; Bueno; Ometto, 2016).

## **5. Logística**

Segundo Ballou (2001, p. 19),

logística é um processo de planejamento, implementação e controle do fluxo eficiente e economicamente eficaz de matérias-primas, estoque em processo, produtos acabados e informações relativas desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o propósito de atender às exigências dos clientes.

Contudo, esse conceito já vem sofrendo algumas transformações, principalmente no que tange à abordagem financeiro-estratégica. A logística cada vez mais é encarada como geradora de valor econômico; portanto, ela parte do planejamento, conforme Ballou (2001) indica, e gerencia a operação tanto de sistemas físicos como do conjunto de informações necessárias para que os insumos e produtos acabados alcancem os objetivos do projeto dentro da tridimensão espaço-tempo-custo (Fleury et al., 2007).

A logística é uma das áreas mais antigas, já utilizada por líderes militares para obter vantagens competitivas perante seus inimigos. Normalmente, as guerras eram longas e exigiam um planejamento de suprimento a longo prazo. Todos os suprimentos eram analisados e organizados de tal modo que o exército estivesse pronto a entrar em confronto ou, quando precisasse, a transferir tropas de um local para outro (Castiglioni, 2008).

Após a Segunda Guerra Mundial, a logística passou a ser utilizada pelas organizações americanas para ganhar vantagens competitivas, pois elas precisavam entregar seus produtos rapidamente e não ter problemas com a chegada dos produtos às fábricas e/ou sua movimentação dentro delas.

A logística passou a ser encarada como uma modalidade importante e que gerava possibilidades de crescimento nas organizações. Foram, então, desenvolvidas técnicas e ferramentas que favoreceram a melhor utilização dos recursos, bem como a percepção de que o uso adequado desses recursos poderia diminuir o custo para entrega do produto.

A partir da década de 1970 foi levantado que a logística não deveria ser utilizada e estudada somente no suprimento de materiais, mas em todos os processos que envolvessem sua movimentação e distribuição, tais como compra de matéria-prima ou mercadorias, entrega do produto, armazenagem, separação de materiais, produção, transporte e entrega na hora certa, no local certo e na quantidade planejada (Castiglioni, 2008).

Hoje a logística abrange atividades como gerenciamento de riscos, busca de alavancagem de recursos e, propriamente, a globalização das operações. Portanto, ela é caracterizada pela grande proliferação de produtos, pela redução nos ciclos de vida, por maiores exigências de serviços e, por fim, pela variada segmentação de clientes, canais e mercados. Sem os avanços da tecnologia de informação seria inviável a composição desses fatores como gestão de negócio (Fleury et al., 2007).

A logística implica a integração entre as diversas áreas por onde o produto precisa passar. Ela é considerada uma área estratégica, pois reúne decisões e ações que modificam a forma como o produto será percebido no mercado (Bowersox; Closs, 2001).

A logística poderá indiretamente agregar valor ao processo quando o estoque estiver segregado e endereçado corretamente, a fim de auxiliar e facilitar as vendas. Contudo, poderá causar muitos problemas quando esses produtos apresentarem custo oriundo de erros ou problemas durante o processo de entrega, ou da demora de saída dos produtos em estoque, ou mesmo da perda de recursos ao longo do processo de separação e distribuição (Bowersox; Closs, 2001; Vieira; Coutinho, 2016).

A logística implica todo o processo de planejar no que diz respeito à utilização dos materiais, tanto quanto a como e quando esses materiais deverão chegar à organização e permanecer estocados para serem utilizados sem a apresentação de avarias. Do ponto de origem até o ponto de destino, esse processo conterá todas as fases e tarefas pertinentes à logística, processando armazenagem e fluxo, com todos os cuidados e técnicas inerentes a essa operação. Todas essas preocupações precisam ser controladas e acompanhadas para que os resultados possam gerar a entrega do produto ao cliente com o custo necessário a satisfazer suas necessidades.

Portanto, a logística tem por objetivo satisfazer às necessidades e preferências do cliente e do consumidor final<sup>6</sup>. Ela é responsável por

---

<sup>6</sup> *Atualmente, na área da logística, aceita-se a definição de cliente como aquele que é impactado pelo produto ou serviço, mas não faz parte da empresa que realiza o produto ou serviço, enquanto o consumidor final é o usuário, beneficiário ou segunda parte interessada (Juran, 1992).*

encontrar soluções ótimas para que o produto necessário chegue ao cliente no momento preciso, sem avarias. A logística também é encontrada na distribuição de produtos no interior das empresas, auxiliando os processos de produção a não pararem, reduzindo custos na armazenagem de matéria-prima e trabalhando para reduzir o uso de materiais descartáveis, como embalagens e equipamentos ou acessórios de manuseio (Novaes, 2001; Ferreira, 2016).

Segundo Bowersox e Closs (2001) e Arbache (2015), a missão da logística é satisfazer às necessidades dos clientes, auxiliando as operações dos processos de produção e de *marketing*, além de equilibrar os custos operacionais existentes para que o planejado possa ser executado.

A logística pode ser avaliada por meio de indicadores referentes à disponibilidade, ao desempenho operacional e à confiabilidade de serviços. Esses indicadores proporcionam que o gestor tenha a possibilidade de controlar as atividades e atingir os objetivos definidos, para atender às necessidades dos clientes e satisfazer as metas financeiras definidas.

Esses indicadores possibilitam o acompanhamento da disponibilidade de produtos no momento necessário e na quantidade certa (projeto) de que o cliente precisa. Ademais, é necessário acompanhar a distribuição desses produtos, sua separação e armazenagem — tarefas que fazem parte do processo operacional da organização (Bowersox; Closs, 2001; Arbache, 2015).

As relações da logística se iniciam com o fornecedor e são finalizadas no consumidor final; desse modo, desenvolve-se uma cadeia de relacionamentos que precisa ser administrada e conhecida para que os resultados sejam atingidos.

A cadeia de suprimentos é definida por Novaes (2001, p. 41) como

a integração entre os processos industriais e comerciais, partindo do consumidor final e indo até os fornecedores iniciais, gerando produtos, serviços e informações que agregam valor ao cliente.

Segundo Ballou (2001, p. 21), “cadeia de suprimentos são todos os canais por onde os produtos e serviços devem passar para chegar até o consumidor final”.

A ideia da necessidade de se conhecer e modelar a cadeia de suprimentos foi estimulada e ganhou força a partir da década de 1980, quando o nível de competitividade das empresas aumentou e exigiu que elas buscassem reduzir ao máximo seus custos. Portanto, a cadeia de suprimentos abrange tanto a administração de materiais quanto a sua distribuição física; para que isso ocorra sistemicamente, é preciso atribuir-lhe várias competências, como sobre suprimentos, operações industriais e atendimento ao cliente (Soares, 2016).

## **6. Estoques**

As empresas trabalham em busca de lucratividade, e uma das formas de obter o atendimento ao cliente é manter uma quantidade de estoque ótima, que garanta as necessidades de demanda. Porém, o estoque pode ser um problema quando em quantidade muito alta, pois exige uma adequada manutenção e, por conseguinte, implica outros custos. Assim, o processo de gerenciamento dos estoques é importante em diversas situações.

A administração de estoque é a atividade da logística que tem por finalidade equilibrar a quantidade ótima de produtos estocados e a demanda de produtos solicitada. Algumas empresas não conseguem trabalhar sem estoques, por diversos fatores, tais como importação de produtos, atrasos no fornecimento e deficiências no processo de produção. Desta forma é necessário saber adequar as necessidades de demanda e o custo de manutenção do estoque (Dias, 1993; Almeida; Silva; Souza, 2015).

A atividade de administrar estoques leva à minimização do capital investido, mas deve manter a quantidade adequada de produtos que

possa suprir as necessidades do processo produtivo. De maneira geral, a administração de estoques aperfeiçoa o investimento em estoques, aumentando o uso dos materiais em processos internos, e evita que as necessidades de capital investido sejam inadequadamente elevadas (Dias, 1993; Almeida; Silva; Souza, 2015).

Existem diversos tipos de estoques: matéria-prima, materiais em processo e produtos acabados. Esses estoques são dimensionados de acordo com a política de estoques definida pela organização.

A política de estocagem depende do sistema de produção, que pode ser *jobbing*, *batch*, contínuo ou por projeto (Chase; Aquilano; Davis, 1999; Fernandes, 2015).

Vale notar que, para cada sistema de produção, a forma como os estoques devem ser administrados muda de critério e método, principalmente no que tange a planejamento e controle.

A produção *jobbing* ocorre quando há uma gama enorme de produtos em pequenos lotes de produção. Nesse sistema os produtos são utilizados como parte do processo, tal como numa produção têxtil, em que o tecido sofre vários cortes ao longo de sua fabricação, até que se torne produto acabado (Machado, 2008).

A produção de tipo *batch* é um sistema descontínuo de produção orientado à transformação de matérias-primas em produtos finais, por meio de uma sequência de operações que preveem interrupções no tempo. Neste caso, a elaboração dos lotes pode ou não ocorrer. Esse tipo de produção tem por característica operações com curta duração (Slack, 2002; Ribeiro, 2015).

Um sistema de produção contínuo tem como característica operar com volumes grandes e, de preferência, sem interrupções, a menos que ocorra um problema. A produção de energia elétrica ilustra bem esse processo (Slack, 2002).

A modalidade de produção por projeto tem características muito especiais, pois o projeto é o acionador do processo de produção. A partir das definições do cliente, é iniciada verificação das necessida-

des de fabricação e compras. A produção por projeto só mantém estoques dos materiais necessários para execução desse projeto específico, pois *a priori* não deveria existir compra de materiais para estocagem; ao final do projeto, os materiais deverão ter finalizado o seu consumo de acordo com o planejamento. Esse tipo de produção é caracterizado por ter um investimento inicial alto e por possuir uma variedade de produtos que podem ser fabricados de acordo com as especificidades da organização. Além disso, possui um tipo de *layout* pontual, em que os materiais e máquinas se movimentam e o produto é desenvolvido em local único (Slack, 2002; Rocha, 2015).

Esse tipo de produção leva a um estoque pequeno e a uma área de estocagem diminuída. Indica-se que todos os produtos sejam comprados em função do projeto a ser desenvolvido.

Para que o processo de tomada de decisão relacionada com os estoques possa ter resultados eficientes, é importante a observação de algumas funções principais. São elas, segundo Dias (1993) e Almeida, Silva e Souza (2015):

- a) determinar o que é necessário permanecer em estoque;
- b) determinar o período em que os produtos devem chegar à fábrica para serem utilizados;
- c) estabelecer uma relação de parceria com os fornecedores para facilitar o processo de entrega dos materiais;
- d) acionar o departamento de compras para que os itens possam ser adquiridos no prazo certo e na quantidade certa, com um preço adequado ao que foi contratado com o cliente;
- e) controlar os estoques por meio das quantidades, do valor e do posicionamento de estoque;
- f) realizar inventários periódicos para conferir os itens em estoque, evitando desperdícios;
- g) identificar e retirar do estoque os itens obsoletos e danificados.



## *7. Planejamento da programação e do controle da produção (PPCP)*

Quando mal utilizados, os recursos de um empresa podem trazer transtornos em diversas áreas, como controle de estoque, processo produtivo e atendimento ao cliente. Para evitar essas dificuldades, é necessário que exista uma área que se preocupe com as prioridades da empresa e planeje o que é necessário, acompanhando a utilização dos recursos na prática. Essa área é conhecida como planejamento da programação e do controle da produção (PPCP).

Trata-se de uma área de decisão da manufatura que tem por finalidade planejar e controlar os recursos do processo produtivo para gerar bens ou serviços (Martins; Laugeni, 2005; Dal Bosco et al., 2011).

Também pode ser definido como um sistema de informação, pois concatena áreas de estoques, vendas, linha de produtos, modo de produzir, capacidade produtiva, etc., e transforma essas entradas em ações, tais como ordens de produção. Assim, os objetivos são transformados em projetos que geram necessidades de materiais ou melhorias, originando compras e ordens de produção para que os produtos e serviços sejam desenvolvidos.

Segundo Martins e Laugeni (2005) e Dal Bosco et al. (2011), o PPCP orienta:

- a) decisões de longo prazo (o que produzir?);
- b) decisões de médio prazo (quando produzir?);
- c) decisões de curto prazo (com o que produzir? quanto produzir?).

De acordo com os tipos de produção são definidas as formas de programar a produção.

A estrutura do PPCP muda conforme o sistema utilizado, mas de uma maneira geral é formado por processos de longo, médio e curto prazo. O planejamento de processos é realizado pela análise do merca-

do e define o que deve ser produzido no futuro. A partir dessa definição, ocorre uma análise financeira, de capacidade de produção global e previsão de demanda, o que gera o plano agregado. Portanto, esse plano define de forma global como os produtos devem ser fabricados.

O plano agregado gera o plano mestre de produção. O plano mestre de produção tem por objetivo direcionar os recursos e meios produtivos. Esse plano servirá de base para equacionar os níveis de produção e compras, estoques, recursos humanos, máquinas e instalações e trabalha com as informações definidas no plano estratégico (Tubino, 2008).

O planejamento de recursos materiais (*material requirement planning*, MRP), entre várias atribuições, atua como um sistema de inventário que busca minimizar o investimento em estoque. O conceito de MRP é obter o material certo, no ponto certo, no momento certo.

Esse sistema tem funções de planejamento empresarial, previsão de vendas, planejamento dos recursos produtivos, planejamento da produção, planejamento das necessidades de produção, controle e acompanhamento da fabricação, compras e contabilização dos custos, planejamento da malha comercial, criação e manutenção da infraestrutura de informação industrial, entre outras.

A criação e manutenção da infraestrutura de informação industrial passa por cadastro de materiais, estrutura de informação industrial, estrutura do produto (lista de materiais), saldo de estoques, ordens em aberto, rotinas de processo, capacidade do centro de trabalho, entre outros elementos (Silva, 2001; Jacoski, 2016).

A administração de materiais deve procurar melhorar continuamente a rotatividade de estoque, o atendimento ao cliente, a produtividade da mão de obra, a utilização da capacidade, o custo de material, do transporte e do sistema, isto é, atender o cliente da melhor forma, com o menor investimento em estoque. O objetivo do MRP é superar esse desafio.

O planejamento de chão de fábrica é a ação de organizar as atividades do dia a dia das empresas. Tanto as empresas industriais como as

de serviços precisam utilizar o planejamento de atividades que devem ser desenvolvidas sem esperas ou atrasos.

## 8. A logística e a ecologia industrial

A logística é vista como uma ciência paradoxal (Bowersox; Closs, 2001; Vieira; Coutinho, 2016), pois, apesar de ter uma atuação bastante antiga, demorou a ser tida como uma área estratégica de negócios. Inicialmente, a logística era tratada somente como transporte e armazenagem de produtos. Porém, paulatinamente, começou a fazer parte da estratégia de competitividade e ser promotora da integração entre cadeia produtiva, desenvolvimento do produto e gestão moderna de processos (Novaes, 2001; Ferreira, 2016). Assim, o suporte logístico está presente em toda a cadeia de suprimentos, desde a concepção da ideia (produto) até a sua entrega ao cliente final. Portanto, a logística e o gerenciamento da cadeia de suprimentos, segundo Chopra e Meindl (2003), representam grande desafio e oportunidade para gerir o negócio em vários empreendimentos, seja qual for o segmento. Para tanto, o gerenciamento da cadeia de suprimentos abrange todos os processos ligados à produção e à entrega do produto, desde a gestão de fornecedores até o cliente ou consumidor final.

O Supply Chain Council (SCC) define a cadeia de suprimentos a partir de quatro processos básicos, a saber: planejar (*plan*), buscar recursos (*source*), fazer (*make*) e entregar (*delivery*).

Esses processos tratam de gerenciar os suprimentos para atender à demanda gerada, adquirir matéria-prima e outros insumos, fabricar, montar, armazenar e administrar os estoques, acompanhar os pedidos, gerenciar os canais de distribuição e entregar ao cliente ou consumidor final.

Outra definição da logística é trazida pelo Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP, [19--]), que a apresenta como parte do gerenciamento da cadeia de suprimentos, que engloba os processos de

planejar, implementar e controlar de modo eficiente e eficaz o fluxo de materiais e sua adequada armazenagem, bem como o fluxo de informações.

De um modo global e segundo o conceito de sustentabilidade, a logística aborda três aspectos (Gonçalves, 2006):

- a) sob o ponto de vista propriamente logístico, que o ciclo de vida de um produto não termina na etapa de entrega desse produto, pois os itens a ele relacionados devem ser descartados adequadamente, voltando ao seu ponto de origem ou sendo destinados a locais que estejam de acordo com a sua natureza e uso;
- b) sob o ponto de vista financeiro, que a gestão de compras, no que diz respeito à alimentação para a produção e a todo o processo de movimentação do material adquirido, deve ser convenientemente administrada, de modo a não incorrer em custos não planejados;
- c) sob o ponto de vista ambiental, que os impactos do produto sobre o ambiente, durante toda a sua existência, devem ser considerados, avaliados e geridos.

A reunião desses aspectos constrói uma visão de gestão sistêmica que resulta em um planejamento da cadeia de suprimentos de acordo com as estratégias definidas na organização.

Essas estratégias devem estar alinhadas a todo o fluxo produtivo, pois é nesse ambiente que de fato ocorre a transformação e a geração de parte de todos os custos envolvidos (custos de processo, de energia e do uso de recursos em geral).

Esse alinhamento exige a busca pela perfeita interação entre a logística e a sustentabilidade, pois as relações de política e operações ambientais, estratégia, viabilidade econômico-financeira, projeto do produto para o meio ambiente (PMA), de fornecimento e pós-vendas direcionada a visão integrada, e a conseqüente intersecção entre sustentabilidade, gestão ambiental e cadeia de suprimentos (Linton, 2007).

Ao trazer novas metodologias e ferramentas que apontam para que a cadeia de suprimentos tenha uma perspectiva sustentável, a correlação entre os conceitos de sustentabilidade e cadeia de suprimentos cria uma nova leitura sobre as operações da gestão ambiental aplicadas na indústria. Por outro lado, a interligação desses temas com a ecologia industrial torna evidente a vasta variedade de desafios e impactos a serem incorporados nos processos industriais.

A conceituação do desenvolvimento sustentável, definido como o melhor uso dos recursos hoje, de modo a não comprometer a habilidade de as futuras gerações continuarem a obtê-los (WCED, 1987), dita o modo como será possível introduzir o tema da ecologia industrial no mercado.

Esse passo exige os seguintes questionamentos (Linton, 2007):

- a) De que recursos as futuras gerações necessitarão?
- b) Que nível de poluição pode ser liberado sem que haja um efeito negativo sobre as futuras gerações?
- c) Em que medida as novas fontes de recursos esgotáveis devem ser identificadas para o futuro?
- d) Em que nível recursos renováveis podem ser explorados, de modo a garantir que permaneçam renováveis?
- e) Até que ponto a tecnologia pode resolver de forma sustentável a utilização dos recursos com o aumento contínuo de consumo e elevação da riqueza?
- f) Em que medida as forças do mercado podem comprometer a sustentabilidade de seus negócios?
- g) Será necessário mudar os estilos de vida e, se sim, de que forma?
- h) Que tipos de políticas são necessárias para a promoção e o alcance da sustentabilidade?

As respostas a essas questões se encontram em construção. Contudo, é claro que já existe uma atuação permanente para obtenção da sustentabilidade, a qual eleva o valor da pesquisa sobre as operações,

principalmente no que tange ao ambiente industrial e, consequentemente, à logística como um todo.

O reflexo dessa simbiose é a crescente discussão para considerar produtos mais ecologicamente corretos, a partir da concepção de seu projeto, com a aplicação de novas tecnologias (tecnologias limpas) e o aumento da vida dos produtos, além da implantação de sistemas de gestão ambiental (Linton, 2007).

Portanto, no começo do século XXI, com todas essas questões em voga, a pesquisa sobre a ecologia industrial ganha força, pois houve o início de uma abordagem que considera os processos industriais a partir da perspectiva dos ecossistemas biológicos (Allenby, 2000; Trevisan et al., 2016).

As noções da ecologia industrial oferecem informações bastante úteis sobre como produzir otimizando os recursos, utilizar os coprodutos gerados, ou mesmo mitigar seu surgimento, no decorrer de toda a cadeia produtiva e de abastecimento.

Historicamente, assim, se observa uma inter-relação entre todos esses conceitos. Durante as últimas décadas, com a elevação da competitividade no mercado, indício de escassez de recursos e elevação do consumo, o foco passou a ser como aperfeiçoar as operações nos processos; para tanto, deu-se grande importância às questões logísticas. Nesse contexto, a redução dos custos funcionou como fator motivador para a implantação de logística como estratégia.

No entanto, com a questão da sustentabilidade adentrando os negócios e necessitando estar presente no chão de fábrica, foi necessário estendê-la e integrá-la para além do fluxo produtivo, ou seja, conceber todo o processo formado por projeto do produto, fabricação de subprodutos, geração de coprodutos, dimensionamento da vida do produto acabado, recuperação e descarte adequado.

Assim, a cadeia de suprimentos passou a considerar na sua gestão a redução e a eliminação de coprodutos por meio de tecnologias mais limpas de processo (Kemp, 1994), e da aplicação da qualidade como

parte integrante do fluxo produtivo, ou seja, a qualidade assegurada em conformidade à cultura da melhoria contínua (Juran, 2005).

Os conceitos da ecologia industrial passaram a serem vistos como uma metodologia de trabalho que promove a sustentabilidade do negócio a partir de seus aspectos eco-socioeconômicos.

Segundo Frosch (1994) a ecologia industrial e a logística são promovidas substancialmente pelo uso eficiente dos materiais. A logística atua, de um lado, na compra dos componentes e, de outro, em seu abastecimento enquanto processo produtivo. Sob a ótica da sustentabilidade, essa operação deve necessariamente reduzir os desperdícios ao longo de todos os estágios do material — extração/obtenção, processamento, fabricação, uso, descarte, chegando até a gestão de desperdícios (Trevisan et al., 2016).

## *9. Ferramentas da qualidade*

Um produto ou serviço que se utiliza dos fundamentos da qualidade é aquele que atende perfeitamente, de modo confiável, acessível, seguro e no tempo adequado, às necessidades do cliente (Mizuno, 1993; Siolari; Costa, 2015). São atributos desse conceito:

- a) projeto bem elaborado, considerando o máximo de fatores e reduzindo o volume de incertezas recorrentes;
- b) nível nulo de defeitos ou tendendo a zero;
- c) custo baixo ou adequado aos requisitos envolvidos;
- d) segurança no processo produto;
- e) entrega no prazo e local programados, de acordo com as especificações técnicas.

Portanto, há uma clara correlação entre a qualidade e os processos da logística e da ecologia industrial.

Para que se atinjam tais atributos, são usadas as ferramentas da qualidade, técnicas úteis para definir, mensurar, monitorar, controlar, analisar e propor soluções aos problemas que oneram o desempenho dos processos do empreendimento.

Entre as ferramentas existentes, destacam-se o ciclo *plan-do-check-act* (PDCA), o Método de Análise e Solução de Problemas (MASP) e, por consequência deste último, técnicas como *brainstorming* e diagramas de Pareto e Ishikawa.

O ciclo PDCA, também conhecido como ciclo de Deming, é uma ferramenta de planejamento e controle da qualidade (Caldeira Filho, 2004). Ele é dividido em quatro etapas. A primeira se refere ao planejamento (*plan*), ou seja, entendimento dos objetivos estratégicos/táticos, estabelecimento dos métodos e metas para a sua obtenção, de acordo com os requisitos do cliente e a política de qualidade da organização. A segunda se refere à execução (*do*), ou seja, realizar e implementar o plano; nesta fase é necessário educar e treinar para que a tarefa seja executada de acordo com o estabelecido. A terceira se refere à verificação (*check*), ou seja, verificar se os resultados estão de acordo com o plano estabelecido; portanto, monitorar e medir os processos de acordo com a política, os objetivos e os requisitos, e relatar os resultados. Fechando o ciclo, temos a ação (*act*), que significa atuar corretivamente no processo, aplicando ajustes, se necessário, e por fim padronizando-o.

O *brainstorming* é uma técnica de reunião em grupo bastante eficaz tanto para a escolha do problema como também para o seu entendimento e proposição de soluções. Ela é baseada no princípio da suspensão do julgamento e na teoria de que quantidade origina qualidade, isto é, quanto maior o número de ideias, maior será a possibilidade de resolução dos problemas.

O Diagrama de Pareto permite uma visão clara da relação entre ação e benefício, ou seja, prioriza a ação que trará o resultado esperado. Ele consiste de um gráfico de barras que ordena as frequências de modo decrescente e permite localizar os problemas de maior in-



fluência no processo, a partir de critérios estabelecidos previamente, visando a eliminação dos desperdícios (Campos, 1996; Costa; Silva; Trevisani, 2015).

O Diagrama de Ishikawa, também conhecido como de causa e efeito, foi idealizado pelo professor Kaoru Ishikawa e tem como principal objetivo identificar as causas de um problema em estudo. Ele é constituído do registro das possíveis causas de um problema, a partir da análise e da classificação das prováveis origens dessas causas. Essa classificação, originalmente, foi construída a partir do que se denomina 4M, isto é, método, mão de obra, material e máquina. Posteriormente, esse conceito foi estendido para 5M, adicionando-se o grupo de meio ambiente para auxiliar a classificação das causas (Caldeira Filho, 2004; Costa; Silva; Trevisani, 2015). A execução dessa técnica é caracterizada por duas atividades diversas: o levantamento da maior quantidade possível de causas e seu arranjo de forma sistemática.

Por fim, o Método de Análise e Solução de Problemas (MASP) é um gerenciador de soluções, que se constitui do levantamento de medidas concretas, da aplicação e da avaliação dos resultados gerados. Assim, o MASP reúne as principais ferramentas indicadas anteriormente, *a priori* na combinação sequencial: *brainstorming*, Diagrama de Pareto, Diagrama de Ishikawa e fundamentalmente, aplicação do PDCA. O MASP, portanto, gera o plano de ação propriamente dito.





## ***CAPÍTULO 2***

### *Estudo de caso*

**U**m modo eficiente de melhor compreender os conceitos aqui abordados é “seguir” sua implantação por meio de um exemplo. Na engenharia da produção, o uso de um exemplo para nortear as decisões, compreender modelos teóricos, avaliar ações, etc., é denominado estudo de caso (Yin, 2015).

Para construir o modelo ou o estudo de caso, vários elementos precisam ser considerados, entre eles a questão da pesquisa que originou este volume: como obter a melhoria na sustentabilidade pelo uso dos conceitos e ferramentas da logística e ecologia industrial?

Como a sustentabilidade requer a avaliação do aspecto temporal, é necessário definir quais ferramentas atendem a essa premissa. O aspecto temporal pode ser considerado por meio do estudo do fluxo de materiais, usando os conceitos de P+L e ecologia industrial pelo aspecto ambiental, e de fluxo de processos pelo aspecto da logística. Quanto às metas a serem atingidas, considerando que nenhum sistema é completamente sustentável, faz-se necessário utilizar critérios realistas. Assim, pode-se optar por utilizar a análise dos graus de sustentabilidade de acordo com o tipo de organização (Roberts, 2004) e estabelecer uma condição a ser atingida. No presente estudo, foram empregados os graus 4 e 5, que dizem respeito à análise dos níveis gerenciais e de seu processo de decisão na aquisição de materiais, controle e destinação dos rejeitos gerados.

Outro ponto a considerar é o monitoramento do uso dos recursos baseado nos parâmetros da ISO 14031, uma vez que é interessante avaliar empreendimentos que possuam sistemas de gestão normaliza-

dos. A vantagem de se trabalhar com sistemas normalizados é a facilidade de implantação dos conceitos e procedimentos da logística.

Quanto ao empreendimento a ser avaliado, no estudo aqui relatado optou-se pelo setor eletroeletrônico, por sua posição estratégica em termos de desenvolvimento econômico e por possuir processos de produção por projeto, o que facilita a abordagem da produção mais limpa e a identificação dos ciclos do produto, favorecendo uma análise completa de todas as suas etapas, desde a concepção até a entrega ao cliente, o que é relevante tanto para a ecologia industrial quanto para a logística. Dentro desse setor, foi escolhida uma unidade de produção com grande variedade de materiais utilizados em seus processos produtivos e não produtivos.

Inicialmente, foi avaliado como a empresa compreende o conceito de sustentabilidade e sua relação com conceitos interdependentes, a fim de entender a dimensão organizacional da empresa. Compreendidas as condições de trabalho da empresa, procedimentos foram estabelecidos para minimizar o consumo e a formação de resíduo com foco na P+L; após essa análise, então, pela avaliação do fluxo de materiais, novos procedimentos foram propostos, implementados e testados para garantir melhor grau de sustentabilidade, ou seja, com foco na ecologia industrial.

A empresa onde os estudos foram realizados é uma multinacional que atua nas áreas de energia, saúde, produtos industriais de alta tecnologia e bens de consumo ligados à tecnologia da informação.

A unidade escolhida para o estudo foi a de alta tensão, pertencente à área de energia. Essa unidade tem como principais produtos disjuntores e seccionadores, largamente utilizados em subestações elétricas. Seus processos são bastante simples, compondo-se de centros de montagem dos equipamentos e fabricação de parte de seus componentes. Por se caracterizar como um modo de produção *on demand*, isto é, por projeto, suas linhas produtivas são descentralizadas, seguindo, contudo, uma ordem lógica de fluxo operativo.

O estudo da unidade de alta tensão apresenta como vantagens tratar-se de unidade de negócio com alta variedade de materiais utilizados em seus processos produtivos e não produtivos.

A empresa possui uma série de medidas relacionadas às questões ambientais, que implicaram, por exemplo, a implantação de coleta seletiva, informativos sobre economia no uso de energia e água, além das questões gerais relacionadas aos coprodutos, tais como sucata e água. Porém, as ferramentas de ecologia industrial, que vão além de ações como as citadas, não foram evidenciadas.

A unidade de negócio em estudo possuía três linhas de produtos: disjuntores, seccionadores e revenda (para-raios, transformadores de potência e de corrente).

Eles são desenvolvidos de acordo com a necessidade dos clientes. Seu processo de criação se dá a partir de projetos existentes de substituições, onde são analisados topografia, tensão, dificuldade de transmissão, demanda de energia e outros fatores técnicos.

Dessa forma, o processo de fabricação dos produtos está orientado a projetos, ou seja, processos *make to order* (por pedido)<sup>7</sup>. Esse sistema é caracterizado pelo desenvolvimento de projetos singulares, com prazo de processamento alto e níveis de especialização de seus colaboradores elevados; é utilizada uma variedade de materiais alta e, por consequência disso, a exigência de controle em função das restrições custo-qualidade-tempo é grande. Desse modo, um indicador relevante é o tempo de estoque do material.

Na unidade em estudo, terminada a etapa de negociação, o processo passa a ser coordenado pela administração de contratos. Outra área se responsabiliza pela estruturação operacional do projeto, bem como pelo estabelecimento de prazos, regras e necessidades a serem utilizadas pelas áreas subsequentes, fornecendo informações técnicas

---

<sup>7</sup> Contudo, uma das primeiras não conformidades encontradas quando da caracterização da logística da unidade foi que esta opera o sistema de materiais por meio do critério *make to stock* (estoque livre).

para a área de engenharia, responsável pela aplicação e desenvolvimento dos projetos. Por sua vez, esta última fornece informações para a área de logística, responsável por todo o fluxo de materiais do projeto desenvolvido. Dentro dessa área, a área de compras realiza dois tipos de atividades: compras estratégicas e operacionais. As compras estratégicas são aquelas relacionadas com a licitação dos fornecedores, bem como a negociação de preço e critérios de aquisição. Essas informações são transmitidas via sistema para as atividades operacionais. Nesse contexto, compras operacionais é responsável pela aquisição física do material.

Obtidos os materiais, as informações são passadas à controladoria e à produção. A primeira é responsável pela apuração de todos os custos, bem como pela análise financeira dos processos envolvidos. Já a produção é responsável pela execução do projeto propriamente dito. Terminadas essas etapas, os projetos são faturados pela área comercial, que é uma das subáreas da controladoria.

Uma vez entregue o projeto, a área de pós-vendas passa a administrar os serviços, como subárea da administração de contratos.

Como citado, a unidade fabrica disjuntores, seccionadores e itens para revenda. Cada um desses produtos tem um processo específico de produção, desenvolvidos paralela ou sequencialmente, de acordo com o tipo de projeto.

Entre os produtos fabricados, a linha de disjuntores é a mais rentável da unidade e, por consequência, administra o maior valor do estoque. A maior parte do processo de aquisição dos materiais dessa linha é por compra direta.

O nível de negociação com os fornecedores é bastante relevante, porque é intenso e constante. Portanto, é necessário um monitoramento rigoroso do prazo das entregas, evitando o surgimento de atraso nos projetos.

Os disjuntores estão presentes em quase todos os projetos negociados pela unidade. São equipamentos utilizados na transformação

de energia de alta tensão e operam em subestações de diversos tipos, como empresas e concessionárias.

Um disjuntor é formado pelos seguintes subconjuntos:

- a) polos, compostos por isoladores, fundidos, elementos de fixação e acessórios;
- b) painéis de comando eletromecânicos, compostos por materiais elétricos, acessórios importados, painéis e comandos;
- c) bases, compostas por tubos de ferro e aço, elementos de fixação e elementos de zinco e cobre;
- d) ferragens, compostas por tubos de ferro e aço, elementos de fixação e elementos de zinco e cobre;
- e) elementos de suporte, também compostos por tubos de ferro e aço, elementos de fixação e elementos de zinco e cobre.

Nesses subconjuntos, é possível identificar formação de coprodutos somente em alguns, aqueles que apresentam em seus processos a manipulação de elementos de ferro e aço, zinco e cobre, os quais pertencem ao processo de fabricação e montagem das bases, ferragens e elementos de suporte. Os outros elementos são comprados e agregados nas montagens.

Por sua vez, os elementos comprados utilizam-se de embalagens para os respectivos transportes e armazenagem, gerando, por conseguinte, descartes de madeira, plástico e papelão. Esse é um dos aspectos que restringe o sistema ao grau de sustentabilidade nível 4, citado por Roberts (2004), que trata dos processos de tomada de decisão voltados para evitar geração de desperdícios, coprodutos e, por consequência, descartes não definidos. Nesse aspecto, pode ser criada uma parceria com os fornecedores para desenvolver embalagens reutilizáveis, externa e/ou internamente ao processo de fabricação, atendendo a dois requisitos distintos: formação de simbiose industrial e aplicação do método de trabalho denominado logística reversa.

De forma sistêmica, pode-se observar que no fluxo de materiais para fabricação dos disjuntores entram diversos tipos de materiais, como tubos de ferro e aço, isoladores e fundidos; estes são processados ou agrupados, formando os subconjuntos (polos, painéis de comando eletromecânico e bases e ferragens), os quais, no processo de montagem final, são as novas entradas para a elaboração do produto acabado.

São diversos os setores da unidade que participam desse processo sistêmico, gerando informações, controles e serviços na relação cliente-fornecedor interno.

O fluxo de fabricação dos disjuntores ocorre em processos em que uma parte dos componentes é comprada e adicionada às partes fabricadas. As informações geradas resultam, sobretudo, no fluxo de informações para as tomadas de decisão existentes na unidade.

A área de engenharia estabelece as necessidades técnicas e gera as informações para a logística, que elabora as ordens de produção (OP), bem como as necessidades de compras. Essas necessidades são compostas em forma de requisição no sistema de informação utilizado pela unidade de negócio. Os materiais são planejados e analisados segundo a gestão dos estoques. A gestão de estoque é auxiliada pelo MRP, que ajusta as necessidades advindas dos projetos em relação ao existente. Os materiais não são agrupados por ordem de projetos, e sim pelo critério *make to stock* (gestão por estoque livre), ou seja, substituição de componentes faltantes. A não existência desse material gera a compra. O processo de aquisição é monitorado por um *follow up*, que trata de garantir a entrada dos componentes no processo. Uma vez comprados e agrupados, esses materiais são entregues à produção, já avaliados pela área de qualidade, que verifica as especificações técnicas dos componentes. A fabricação é composta por várias fases: fabricação das ferragens (estrutura), montagem das partes vivas (acionamento mecânico/elétrico), montagem de painéis elétricos, pintura de componentes e, por fim, montagem dos conjuntos construídos (estrutura, partes vivas, acionamentos elétrico-mecânicos e painéis). Terminada essa fase, o projeto é expedido pela logística e faturado pela área comercial.

A logística recebe as listas técnicas e passa a operar de modo a estabelecer prazos e limites de recebimento de materiais com o intuito de que o projeto seja executado dentro do contrato estabelecido com o cliente externo.

Essa fase utiliza um módulo do sistema de informações gerenciais que auxilia no planejamento, pois define detalhadamente quais tipos e quantidades de materiais são necessários para cada um dos elementos a serem fabricados e montados.

Esses itens são enviados aos fornecedores, previamente selecionados e definidos em um processo de parceria de médio e longo prazo. Essa negociação reduz substancialmente os custos de pedidos e recursos utilizados na operação. Além disso, o modo como a informação e/ou o produto trafegam no sistema é semelhante ao descrito para a definição de metabolismo industrial, segundo os conceitos dos ecossistemas industriais, citado por Ayres e Simonis (1994).

O processo de planejamento dos fornecedores se dá por meio de uma previsão de entrada de pedidos já negociados estrategicamente. Dessa forma, evita-se a compra desnecessária de materiais, bem como o armazenamento do excedente, tanto nos fornecedores quanto na unidade, fazendo com que a área de armazenagem seja reduzida.

Neste ínterim, pode ocorrer uma desistência por parte do cliente final do projeto. A consequência disso são desperdícios para a unidade, pois materiais negociados não são passíveis de cancelamento, em razão dos contratos comerciais firmados. Portanto, nesse contexto tem-se o excesso de material sem utilização no estoque. Esse material não poderá ser empregado conforme a programação do projeto, e por consequência, de imediato, não poderá ser aproveitado em outros projetos. Logo, um indicador importante é a relação causa-efeito para o aumento de estoque de determinado componente. Essa situação é passível de melhoria pelo conceito de grau de sustentabilidade nível 4.

Caso não ocorra desistência do cliente e não haja problemas de fornecimento, os componentes dão entrada na fábrica e passam a ser



administrados pela logística *in house*, que é o setor operacional de armazenagem e distribuição dos itens. Nesse setor, a principal preocupação é o correto endereçamento, físico e sistêmico, desses componentes, bem como a alimentação da fábrica, respeitando os devidos prazos e definições de quantidades.

Para a precisa entrega desses componentes à produção, a logística *in house* recebe as ordens de fabricação e realiza a separação dos itens conforme os projetos. Essa etapa é bastante importante e dependente da anterior, pois, se os itens não forem endereçados e registrados corretamente, causa-se desperdício de tempo, sobre-estoque de materiais ou falta de itens e elevação dos custos operacionais da área, atrasando o processo produtivo e a entrega do projeto ao cliente final.

Separados os itens e componentes, identificados os projetos, conferidas as ordens, eles são enviados ao processo produtivo.

Assim como os disjuntores, outro produto fabricado e montado na unidade são os seccionadores. Estes possuem um fluxo operacional semelhante ao apresentado para o disjuntor, permitindo que seu entendimento parta de mesma base.

O departamento de logística é um dos que dão suporte aos processos de produção, relacionando-se de modo direto com as áreas de vendas, controladoria, engenharia e administração de contratos.

A logística é composta por equipes de logística *in house*, planejamento, programação e controle da produção (PPCP), compras operacionais e processos de importação.

A logística *in house* abrange atividades como recebimento, identificação, registro e endereçamento, armazenagem, sistema de *picking* (separação de materiais), alimentação à produção por meio das ordens de fabricação e, após a transformação em produto acabado, embalagem e expedição.

O PPCP é a área que desenvolve todo o fluxo de materiais de acordo com os projetos em elaboração, utilizando um sistema de informações gerenciais, a partir das listas técnicas de cada projeto definidas pela engenharia. Esse sistema segue as diretrizes dos MRPs e aplica

as devidas análises de necessidades de materiais. Após essa etapa, são criadas, concomitantemente, as requisições de compras e geradas as ordens de fabricação; todo o planejamento é realizado por essa área, de acordo com a projeção de projetos, por meio do cotejo dos itens existentes com aqueles sugeridos pelo sistema.

A área de compras operacionais e processos de importação é responsável pela aquisição dos materiais, a partir das requisições criadas pelo PPCP, respeitando e monitorando as quantidades e os prazos. No processo de compras nacionais são utilizados os fluxos de operação de compras, dos quais são controlados os prazos de entrega, *lead time* de fabricação dos itens e programação de entrega na fábrica; dentro disso, são verificados os preços dos materiais negociados, a partir do que são emitidos os pedidos de compras propriamente ditos; já no processo de compras internacionais são levantados todos os modais de acordo com os prazos estabelecidos pelo PPCP.

## *1. Avaliação do empreendimento*

Na empresa em estudo, a alta direção avalia e define estrategicamente quais são os objetivos e metas a serem atingidos. As ideias são trabalhadas pelo nível gerencial com base no sistema de gestão integrado e desdobradas em métodos de trabalho, a partir dos quais se formarão os procedimentos e as instruções para a garantia de sua exequibilidade. Uma vez que esses processos estejam desenhados, segue-se o sistema com a elaboração das tarefas e definição das responsabilidades; por conseguinte, é realizada a checagem desses passos em conformidade com os objetivos estabelecidos.

No nível operacional, as tarefas são executadas e, uma vez validadas, serão acompanhadas por meio do gerenciamento da rotina do trabalho do dia a dia, ferramenta de monitoramento cotidiano de gestão. Esse fluxo está de acordo com o proposto por Nahuz (1995) para sistemas de gestão ambiental.

Todo o sistema de gestão integrada é periodicamente checado pelo ciclo PDCA, estando de acordo com o exigido na norma ambiental ISO 14001. Essa atividade é de responsabilidade do nível estratégico e tático do empreendimento. O desenvolvimento e a aplicação dessa ferramenta estabelecem as políticas e diretrizes para operacionalizar toda a cadeia produtiva, desde a concepção do projeto até sua entrega.

Como a ISO 14001 considera fundamental a avaliação crítica da direção, pois define a forma como a empresa pensa e para onde deve caminhar, no estudo aqui relatado foi dada uma especial atenção à forma de interpretação dos conceitos ambientais pela alta direção. Desse modo, não só a documentação foi avaliada, mas também entrevistas foram efetuadas com diretores para entender seu pensamento sobre os conceitos relacionados. Essa análise é importante, pois a empresa possui certificação na área ambiental pela ISO 14001. A manutenção dessa certificação depende da melhoria contínua da empresa e de sua visão de longo prazo.

Realizou-se também um levantamento de dados por meio de questionário, respondido pelo pessoal ligado aos níveis de implantação e operacional, com o objetivo de medir a percepção da sustentabilidade em seus processos, verificando o quão eficaz foi a transmissão dos conceitos pela alta direção.

Após uma etapa de validação, o questionário desenvolvido para a pesquisa foi respondido nos três níveis da organização, estratégico (alta direção), tático (gerência) e operacional (operadores de fábrica e colaboradores do administrativo), o que permitiu algumas observações importantes, como as apresentadas a seguir<sup>8</sup>.

Na alta direção, o questionário foi usado apenas como guia, uma vez que a análise de documentação e a investigação por meio de entrevistas e acesso à empresa indicou que o conceito de desenvolvimento sustentável é tido como um dos pilares do planejamento estratégico na empresa.

As entrevistas ocorreram com todos os gestores desse nível. Ao serem questionados sobre a relação entre o desenvolvimento sustentável e sustentabilidade, mostraram uma ligeira confusão, não vendo, em sua maioria, diferença entre os conceitos. Esses gestores, ainda, reconhecem o valor de aplicar a produção mais limpa nos processos e consideram a implantação da prevenção à poluição, mesmo que não sejam observadas concretamente ações nesse campo; portanto, a prevenção à poluição é considerada de modo bastante genérico, não sendo vista como uma ferramenta importante na melhoria dos processos.

Por outro lado, esses mesmos gestores criaram medidas concretas como resultado da dinâmica da gestão que, a partir da decisão pelo desenvolvimento sustentável, elaborou um planejamento estratégico vinculado a vários desdobramentos, desde a definição dos objetivos até a medição das metas. O resultado desse processo foi a elaboração do mapeamento dos riscos e impactos ambientais nas áreas internas da empresa. Não foram encontradas ferramentas da ecologia industrial sendo utilizadas por esse grupo de pessoas. Por fim, o conceito de desenvolvimento sustentável foi tratado por elas como:

- a) implantação de sistemas de gestão ambiental e de qualidade;
- b) existência de programas e ações de proteção ambiental;
- c) análise do impacto que os produtos causam no ambiente;
- d) desenvolvimento de tecnologias que minimizam os impactos ambientais;
- e) existência de políticas de desenvolvimento sustentável de acordo com os valores e a missão da empresa;
- f) posse de certificações das normas ISO;
- g) coleta seletiva;
- h) consciência do papel de um mundo melhor no futuro.

Em relação à questão da existência da P+L na empresa, as respostas indicaram a presença dos seguintes procedimentos:

- a) reciclagem de materiais e reutilização nos processos preexistentes;
- b) tratamento de resíduos;
- c) reutilização de ferramentas;
- d) lavagem de uniformes em empresas certificadas;
- e) análise de todo o processo;
- f) identificação dos impactos dos processos no ambiente;
- g) divulgação dos resultados para os colaboradores;
- h) definição dos objetivos e das metas ambientais;
- i) política de descarte dos materiais;
- j) práticas de melhor aproveitamento de insumos.

Os gestores do nível tático da organização são responsáveis por traduzir aos níveis operacionais os objetivos em metas estratégicas. Isso pressupõe que entendam e apliquem os conceitos desenvolvidos pela alta direção.

Nesse nível hierárquico foram obtidas sete respostas, dadas por duas mulheres e cinco homens, com idade entre 30 e 50 anos, nível superior completo e pós-graduações.

Nesse nível, existe um alto grau de aderência nas respostas, o que pode advir da boa formação educacional dos membros do grupo. É relevante observar que, apesar de existir uma alta percentagem de acerto em relação à sustentabilidade, o maior valor ainda corresponde aos conceitos de P+L. Assim, aparentemente, esse grupo encontra-se mais preocupado com definições práticas ou necessárias para a implantação das medidas do que por conceitos mais gerais. Porém, o fato de mais de 50% dos gestores entender o conceito de sustentabilidade é muito significativo para as metas definidas pela empresa, pois mostra um alinhamento dos dois níveis da organização.

Os gestores entendem o que é desenvolvimento sustentável, mas confundem tal conceito com preservação ambiental, de modo semelhante ao ocorrido com a alta direção. É possível alinhar e corrigir esse erro conceitual se houver um trabalho com a área de gestão ambiental por meio deste nível hierárquico.

Outra questão relevante é novamente uma grande ênfase em preservação, sem compreender de forma completa o tripé de sustentabilidade. Dessa forma, é possível entender alguns erros que ocorrem no processo de gestão e de planejamento dentro das diversas áreas, abordados mais adiante.

Quanto ao delineamento da percepção de produção mais limpa, a boa compreensão do conceito provavelmente se deve à existência de algumas atividades de P+L dentro da organização; porém, esse grupo não faz correlação direta entre P+L e ganho econômico.

No nível operacional, foram obtidas 16 respostas na área administrativa, de um total de 30 profissionais, e 27 na área operacional, de um total de 48.

Na área produtiva, obtiveram-se respostas de 23 homens e 4 mulheres, na faixa etária de 20 a 45 anos, com média de 10 anos como funcionários na empresa, nos setores de produção, montagem, serralheria, logística e embalagem, sendo 6 operadores, 16 montadores e 5 técnicos; 21 pessoas completaram o ensino médio e 6, o fundamental.

Nesse nível, há um comportamento similar àquele observado no gerencial, o que é interessante, considerando-se que não há contato direto entre esses grupos.

A boa interação entre os grupos é fundamental tanto para a ISO 14000 como para a ecologia industrial. Para a ISO 14000, o envolvimento do nível operacional dá-se por meio da conscientização e do treinamento, que ajudam a atingir metas estratégicas da organização, pois, se o nível operacional não consegue entender os conceitos e ações que estão sendo utilizados para o desenvolvimento de algumas operações, torna-se difícil obter melhoria de processos. Para a ecologia industrial a forma como a informação flui no empreendimento ou, no caso de ecossistemas industriais, empreendimentos, é tão relevante quanto o fluxo de materiais.

Quanto aos conceitos de desenvolvimento sustentável, sustentabilidade e P+L, o nível produtivo percebe-os como sinônimos, muito

embora dê maior valor para a P+L, o que é simples de entender, pois esse nível valoriza ações concretas, não procedimentos, como foi possível averiguar em entrevistas diretas. Esse grupo também não faz uma correlação direta entre ganho econômico e P+L, além de um grupo significativo não considerar que exista P+L no empreendimento. Essa situação denota que o tripé da sustentabilidade não é bem compreendido e também indica que as informações talvez não fluam facilmente; além disso, dificulta ações preventivas e/ou de levantamento de indicadores ambientais.

A partir do que foi constatado no estudo que aqui se relata, providenciaram-se algumas ações de treinamento para promover uma conscientização maior sobre os conceitos e sobre indicadores, de acordo com a ISO 14031.

O entendimento do conceito de tripé de sustentabilidade, por sua vez, envolve a conscientização do uso de recursos sem desperdícios, e isso pode auxiliar as gerências a terem um processo mais eficiente. Sem esse conceito, ter desperdício é uma questão que diz respeito à empresa, mas não aos funcionários, o que vai contra as metas estratégicas que a organização desenvolveu e, conseqüentemente, pode comprometê-las.

Entre as respostas obtidas, o conceito de desenvolvimento sustentável foi tratado como:

- a) meio de informações para que os colaboradores não causem danos ao ambiente;
- b) reciclagem;
- c) controle de óleo, tintas, solventes, os quais devem ser devidamente descartados;
- d) manutenção de boas condições de trabalho;
- e) *5 S — housekeeping*;
- f) comunicação ambiental: treinamentos, palestras de conscientização;

- g) desenvolvimento de novos produtos;
- h) melhoria contínua nos processos;
- i) preocupação com o futuro;
- j) visão do todo;
- k) coleta seletiva.

Em relação à questão da existência da P+L na empresa, foram compiladas as seguintes respostas:

- a) todo o material descartado é separado;
- b) processo organizado;
- c) P+L igual ao 5 S;
- d) reciclagem;
- e) processos de prevenção ambiental;
- f) coleta seletiva;
- g) preocupação com os solos;
- h) limpeza diária no setor;
- i) segregação de material descartado;
- j) organização;
- k) reciclagem de materiais;
- l) prevenção à poluição nos processos;
- m) coleta seletiva;
- n) preocupação com os contaminantes.

Portanto, há uma relação direta entre ferramentas, ações, metodologias e o conceito propriamente dito de P+L, o que é coerente com a alta porcentagem de respostas aderentes no item. Por outro lado, não há variação significativa entre desenvolvimento sustentável e P+L.

Na área administrativa, formada por 30 pessoas, responderam ao questionário 3 mulheres e 13 homens, com idades entre 23 e 50 anos e média de tempo de empresa de 8 anos; o grupo tem superior completo e pertence aos setores de engenharia, compras, planejamento, vendas e controladoria.



Muito embora a tendência a dar maior ênfase a P+L continue prevalecer, a avaliação das respostas relativas ao conceito de desenvolvimento sustentável mostra que o nível administrativo põe ênfase muito maior que a gerência na questão da preservação. Esse fato pode ser deletério tanto para a logística como para a ecologia industrial, pois estas dependem fortemente do fluxo de informações e de materiais, o que não é valorizado por esse grupo, que relaciona desenvolvimento sustentável com produtos e tecnologias verdes, que por sua vez são correlacionados à preservação. Nesse grupo, o conceito de desenvolvimento sustentável foi tratado como:

- a) escolha de produtos que não degradam o ambiente;
- b) aplicação de programa de qualidade;
- c) coleta seletiva;
- d) desenvolvimento de tecnologia verde;
- e) tratamento de resíduos;
- f) uso racional de matéria-prima, energia e água (recursos);
- g) minimização de desperdícios;
- h) prevenção à poluição na região;
- i) aplicação de normas e procedimentos para a prevenção do meio ambiente;
- j) descarte de resíduos.

Aqui, a resposta é menos pontual se comparada à do grupo anterior, isto é, o desenvolvimento sustentável é visto mais como processos de gestão que como ferramentas de implantação; portanto, uma análise mais macro da questão.

Quanto à sustentabilidade, observa-se que ocorrem dúvidas sobre sua definição, o que não ocorre em outros níveis. Em decorrência disso, o grupo tem dificuldade de ver o conceito de desenvolvimento sustentável como aplicado à empresa. Por outro lado, todos os níveis concordam que sustentabilidade está relacionada com melhorias competitivas. Já a existência da P+L na empresa e seu possível ganho

financeiro não são facilmente percebidos por esse grupo, de modo semelhante ao que ocorre com o grupo operacional. Neste caso, a P+L parece mais associada a controle de impacto ambiental.

Para este grupo, a P+L foi vista da seguinte maneira:

- a) área de depósitos de diversos tipos de resíduos;
- b) coleta seletiva;
- c) aplicação de normas e procedimentos;
- d) limpeza e organização da fábrica;
- e) política de qualificação dos recursos humanos;
- f) tratamento de efluentes;
- g) pista de vazamento de óleo, mantendo o ambiente seguro e limpo;
- h) reciclagem;
- i) reaproveitamento de papel.

A pesquisa evidenciou que desenvolvimento sustentável e sustentabilidade são vistos de modo cada vez mais macro e menos dependente de soluções individuais quanto mais alto for o nível hierárquico. Assim, o nível gerencial atenta mais para política ambiental, o nível administrativo, para normalização e processos de gestão, enquanto o nível operacional enfatiza ações práticas. De qualquer modo, há uma cultura generalizada de priorizar desenvolvimento sustentável e sustentabilidade. Além disso, a empresa tem um sistema de gestão normalizado, ou seja, possui as características mínimas para testar a premissa de que por meio das ferramentas da logística pode-se melhorar o grau de sustentabilidade de um empreendimento.

## ***2. Sustentabilidade e aplicação de ferramentas***

Uma das ferramentas mais importantes da ecologia industrial é a análise do ciclo de vida (ACV). Em uma ACV, mesmo que simplifica-

da, duas vertentes são possíveis: foco no produto — é a avaliação de impactos desde a matéria-prima até o produto acabado — ou ênfase no processo, com avaliação mais rigorosa sobre os parâmetros/impactos que acontecem em cada etapa da fabricação. Aqui, é utilizada em duas vertentes e numa matriz de decisão, pelos seguintes motivos:

- a) muito embora a logística tenha ênfase em processo, suas ferramentas são mais adequadas para controle de produtos, principalmente pela facilidade de avaliação do fluxo de materiais, premissa importante na ecologia industrial e, em decorrência, também na ACV;
- b) avaliação de processos é especialmente importante para controle de periféricos e infraestrutura, que não estão diretamente relacionados com logística, mas são o principal foco de estudo/controlado da P+L.

### ***2.1. Avaliação da empresa com foco na P+L***

Para avaliar a empresa em relação às recomendações da P+L utilizou-se o *Manual de avaliação na fábrica* (Furtado et al., 1998). Esse manual possui uma série de tabelas cujo objetivo final é permitir um balanço de massa e energia do empreendimento. Essas tabelas foram simplificadas para a análise aqui relatada, uma vez que o foco maior da pesquisa estava nos procedimentos controlados diretamente pela logística, a fim de averiguar se a empresa estava trabalhando em condições otimizadas de consumo de insumos e geração de resíduos. O resumo das principais informações obtidas é apresentado a seguir.

É importante observar que uma análise prévia da empresa demonstrou que não há fonte significativa de emissões de calor, material particulado ou ruídos.

Na área administrativa, os consumíveis de escritório, tais como papel e outros materiais descartáveis, encontram-se dentro do esperado.

A empresa trabalha com diversos tipos de produtos que geram problemas de resíduos e, em razão da certificação da ISO 14001, atende aos indicadores sugeridos na ISO 14031.

As principais ações observadas em relação à prevenção de formação de resíduo são quanto ao uso de água e de energia.

Observou-se que o maior consumo de água é de origem humana, o que impede o reúso de modo eficiente. A redução de consumo já havia sido implantada, mas o sistema — por depender principalmente da ação voluntária dos colaboradores — apresentava falhas, o que exigiu uma melhoria do sistema durante a semana interna de prevenção de acidentes de trabalho (Sipat).

O consumo de energia da empresa mostrou-se otimizado, mas, de modo semelhante ao que ocorre com o consumo de água, computadores pessoais em espera são a maior fonte de consumo não justificado, que pode atingir 2.500 W/hora.

A aplicação dos conceitos de P+L na empresa evidenciou que, pelo aspecto produtivo, não há ganhos na aplicação de programas ambientais de prevenção.

Para a área administrativa, por outro lado, análises de consumo, tanto de água nos vestiários, como de energia elétrica em computadores pessoais, mostram que é possível haver um ganho ambiental e financeiro em ações simples como monitoramento por meio de indicadores operacionais e conscientização dos colaboradores. Contudo, não é produtor controlado somente de forma global os indicadores, sem haver uma preocupação com os recursos tangíveis e intangíveis, pois eles não geram uma correlação com os resultados. Assim, além dos indicadores tradicionais das diversas áreas, é preciso considerar indicadores que demonstrem ações de sustentabilidade, os quais são definidos estrategicamente pela empresa.

Ainda de acordo com Furtado et al. (1998), é necessário efetuar um levantamento do fluxograma de processos da empresa (tarefa anteriormente concluída) e do estado atual de resíduos, não só os obti-

dos pelo processo de fabricação, mas também os estocados ao longo do tempo. Essa etapa fornece uma “radiografia” do empreendimento e permite elencar sugestões de melhorias (PDCA).

Deste modo, foi elaborado um levantamento e foram quantificados, a partir de seus processos industriais, ao longo de cinco anos, quanto a empresa gerou em termos de resíduos e quantos foram, ou podem ser, considerados coprodutos.

Foi verificada a existência de uma grande quantidade, tanto em volume como em massa, de material sólido estocado. Esses materiais tornaram-se obsoletos pelo não uso em razão da falta ou cancelamento de projetos, ou mesmo por não possuírem uma destinação predeterminada. Ademais, o alto valor desses materiais implica grande quantidade de ativos sem utilização. O montante formado, que abrange aproximadamente 30% de todo o estoque, é uma quantidade bastante considerável para as metas ambientais da empresa e também para as definições dos graus de sustentabilidade. Esse fato indicou uma inconsistência entre o que a empresa se propôs a fazer em termos de sustentabilidade e a sua prática. A grande diferença nos valores, de acordo com a linha de produção, deve-se ao volume de produção, ou seja, percentualmente esses valores não são díspares, porém as quantidades de material obsoleto encontradas implicam que a empresa adquiriu material em excesso em cerca de 30%.

Segundo os conceitos da produção mais limpa, que preconiza a prevenção, duas preocupações relevantes aparecem dessa análise: a primeira é a geração desses itens no estoque (obsoletos, ou seja, para os quais não ocorreu prevenção), e a outra, sua adequada destinação (geração de resíduos). A destinação correta, portanto, deve considerar os 3 R: reúso, reciclagem e redução. Uma análise prévia do material demonstrou que este se compõe essencialmente de materiais nobres, tais como cobre, alumínio, ferro e zinco, além de isoladores cerâmicos, materiais elétricos e madeirados. Portanto, para a maioria do material obsoleto, a reciclagem é possível. O reúso, por sua vez, implica mudan-

ça do *status* do material dentro do empreendimento, de “sem utilização” para “destinável” em até doze meses.

A avaliação ambiental apresentou uma situação de passivo ambiental e financeiro que não pode ser analisada apenas pela óptica da prevenção de poluição. Apesar do possível valor agregado do material que forma o passivo, durante muito tempo esses materiais se perderam dentro do estoque, pela falta de análise dos processos de aquisição e de controle de estoque na empresa. Assim, pôde-se constatar que, entre outros problemas, esse fato causou aumento do custo de estoque, ocupação de espaço desnecessário, aumento de custo de armazenagem e perda no fluxo de caixa do resultado operacional da empresa.

## *2.2. Avaliação da empresa com foco na ecologia industrial*

Como o maior impacto de produção de resíduo advém de material que não foi consumido, a avaliação da empresa com o foco da ecologia industrial pode ser útil, já que esta se preocupa intrinsecamente com o fluxo de materiais, sua destinação, ou seja, seu metabolismo industrial e, se possível, a formação de ciclos de produção, por meio de simbiose industrial — troca simples — ou ecossistemas industriais — trocas complexas, entre setores da empresa ou entre empreendimentos distintos. É importante observar que o fluxo de materiais pode ser mais facilmente rastreado utilizando-se as ferramentas de logística.

O fluxo de materiais foi analisado de dois modos distintos, considerando separadamente materiais obsoletos (R\$ 3,70 milhões em seccionadores; R\$ 3,40 milhões em disjuntores e R\$ 1,20 milhões em revenda) e materiais alocados no processo de produção, na forma de materiais de uso comum (R\$ 2,20 milhões) ou com destinação em até doze meses (R\$ 7,6 milhões).

Foi feita uma classificação dos materiais de acordo com os projetos utilizados na empresa, identificando-se aqueles que não possuíam

projeto-destinado e denominando-os “itens não empenhados”. Esses materiais foram, então, priorizados para serem adequados aos projetos a desenvolver. Para aqueles que não se encaixaram nessa proposta, foram avaliadas alternativas de venda externa ou destinação de acordo com a sua natureza. Portanto, obedeceu-se a uma escala de reúso, reciclagem (como coproduto) e descarte.

De todos os materiais avaliados, cerca de 30% pôde ser imediatamente classificado como de uso comum, ou seja, aproximadamente R\$ 2,3 milhões ou 50 toneladas de material foram realocados.

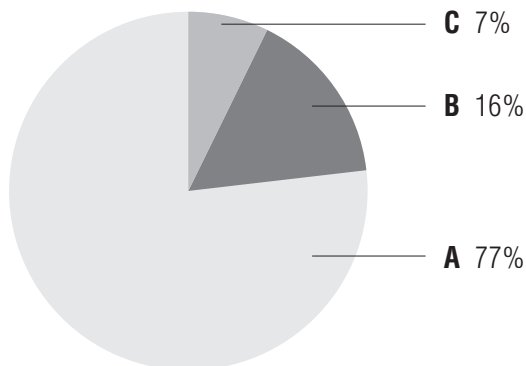
Para avaliação dos materiais restantes, ou seja, ainda listados como não empenhados, todos os coprodutos relevantes gerados em duas linhas de produção foram listados, por meio do sistema MRP, de duas formas distintas: pela importância de massa e pela importância do custo de aquisição.

Esses coprodutos, por sua vez, foram divididos por intermédio do Gráfico de Pareto, classificados como A, B e C, correspondendo a 5%, 15% e 80%, respectivamente. Os gráficos 1 e 2 apresentam a classificação dos materiais de acordo com a importância em massa (Gráfico 1) ou em custo de aquisição (Gráfico 2). É possível observar que tanto o custo quanto a massa dos 5% dos componentes mais importantes correspondem praticamente à mesma composição; ou seja, esses componentes se equivalem.

Para todos os materiais foi estudada uma destinação adequada, respeitando uma prioridade quanto ao critério A, B e C. É possível observar que todos os elementos que pertencem à classificação A são passíveis de venda imediata, sobretudo por se tratarem de metais; essa mesma análise pode ser expandida aos itens B. Isso significa que aproximadamente 55% do material originalmente considerado obsoleto pode ser destinado como coproduto, sendo, portanto, necessária apenas a destinação de aproximadamente 15% do material, como resíduo.

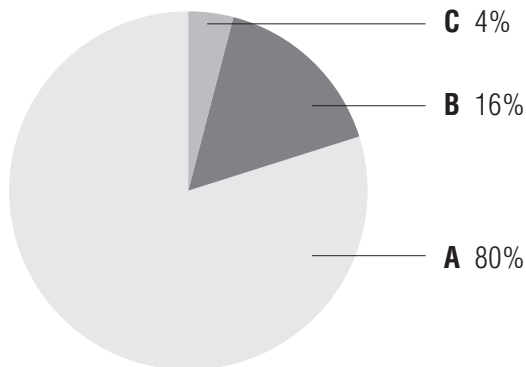
O resultado dessa ação foi analisado após seis meses da implantação. Para o material que foi realocado como de uso comum, 65% havia

**Gráfico 1 – Análise dos coprodutos por massa.**



**Fonte:** Os Autores, com base nos dados da pesquisa.

**Gráfico 2 – Análise dos coprodutos por custo.**



**Fonte:** Os Autores, com base nos dados da pesquisa.

sido consumido, o que significa uma economia de aproximadamente 30 toneladas, ou R\$ 1,5 milhões. Esse valor corresponde a uma economia de aproximadamente 10% do estoque mensal. Por outro lado, a destinação como coproduto não havia evoluído.



Para compreender os motivos que levaram à grande quantidade de material obsoleto, entre os pertencentes ou necessários ao processo de produção, aplicou-se o método de análise e solução de problemas.

Os principais problemas evidenciados num *brainstorming* podem ser agrupados em dois eixos:

- a) *excesso de estoque*, em decorrência de erros de estimativa de consumo dentro do processo produtivo em série (itens padrão) e principalmente do processo *on demand* (projetos especiais)<sup>9</sup>. Assim, os produtos *on demand* caracterizam-se pelos altos custos envolvidos, e, por conseguinte, pelo volume de massa atrelado a esses projetos específicos. Por causa dessa concepção, a logística obedecia ao critério *make to stock*, mas os projetos eram superestimados;
- b) *gerenciamento de estoque*, pois os procedimentos não estavam claramente estabelecidos, o que levou, conforme mencionado, a um passivo considerável.

As causas dos problemas acima descritos puderam ser entendidas utilizando-se o Diagrama de Ishikawa, e são apontadas a seguir:

- a) em relação ao *excesso de estoque*, que gera principalmente perda de material: não existência de procedimentos para verificação e análise de estoques; falta de informação influenciando na cadeia de comando; compra de empresa (produtos similares) e não análise do passivo/estoque;
- b) em relação ao *gerenciamento ineficiente de estoque*: não identificação das sobras; não reutilização das sobras; não existência de procedimentos para a verificação das sobras e/ou estoques; não uniformização dos itens no cadastro de materiais; cancelamento de projetos não gerenciável.

---

<sup>9</sup> *Materiais alocados em projetos on demand e não utilizados que não podem se tornar itens comuns.*

As maiores dificuldades inerentes a esses problemas são a perda de material, energia, tempo e recursos em geral; o acúmulo de material, energia (potencial) e demanda de trabalho — resultante de dificuldades no aspecto gerencial do fluxo de materiais.

Para sanar tais dificuldades, optou-se pela uniformização de cadastro de materiais e itens relacionados, pela implantação de mudança de cadastro, coordenada pelo escritório de projetos, e pelo acompanhamento de todos os processos por intermédio de um sistema computacional voltado à melhoria dos fluxos de materiais.

Os controles foram aplicados, sobretudo, no sistema de cadastro de itens e no fluxo de materiais, com o objetivo de atuar na origem dos processos estudados.

Uniformizou-se o cadastro, empregando principalmente este subconjunto de indicadores: estoques, materiais empenhados *versus* materiais não empenhados, fundo de ajuste (depreciação dos itens), estimativa de compras (importados e nacionais), acuracidade dos estoques, acuracidade dos projetos. A importância de cada indicador é descrita a seguir.

- a) Importação em andamento: controla os itens importados, com suas datas, valores, prazos e fornecedores; trata-se de um indicador importante porque a negociação internacional exige prazos e controles bastante rígidos, em razão das questões alfandegárias, além de aspectos como distância, transporte e impostos. Esse indicador é relevante, ainda, porque ajuda a evitar a obsolescência de produtos ou a chegada de produtos em momentos inadequados. Apesar do pequeno período de implantação e, portanto, do pequeno histórico de resultados, a sua importância foi evidenciada pela melhoria da programação com os fornecedores<sup>10</sup>, o que denota já uma mudança de cultura.

- b) **Matéria-prima:** trata-se de um indicador que abrange todos os materiais que deram entrada na fábrica e no sistema. Sem a consulta ao indicador de matéria-prima, não é possível identificar os itens a serem utilizados e suas quantidades reais. Esse indicador também exige a análise dos produtos não empenhados, como citado anteriormente, o que força os controladores da área a terem uma atenção mais detalhada ao controle dos materiais. Após a implantação desse indicador, foi possível observar uma mudança na tratativa de compras, bem como na sua programação<sup>11</sup>.
- c) **Trabalho em elaboração:** os processos de fabricação, ou seja, todos os materiais separados para a fabricação, são transferidos para esta conta; trata-se de um indicador importante, porque o produto está em processamento, não devendo ocorrer falta nem excesso de materiais, sob pena de geração de coprodutos; também é possível com este indicador identificar processos que foram cancelados ou interrompidos por problemas com o cliente. Dessa forma, é possível tomar providências para que esses materiais não se tornem obsoletos, gerando problemas como os observados nos levantamentos citados anteriormente. Esse indicador se adéqua aos conceitos da produção mais limpa e à definição de metabolismo industrial, só que com uma visão mais interna do sistema. Ele é acompanhado tanto pela logística quanto pela produção.
- d) **Produto acabado:** trata-se de um indicador que mostra os projetos realizados; é importante para controlar a área de armazenagem, bem como a entrega dos produtos aos clientes; dentro do fluxo logístico, este indicador atesta o uso dos materiais ora comprados, comprovando a eficácia do processo de compras e da logística.
- e) **Estimativa de compras:** traz uma visão da quantidade de itens que deverão entrar no estoque, segundo os projetos em anda-

mento ou futuros. Esse indicador evita compras desnecessárias e chegadas de materiais em momentos inadequados, consequentemente melhorando o fluxo de materiais e o custo de armazenagem, o que também está de acordo com os preceitos da ecologia industrial.

- f) Acuracidade dos estoques e acuracidade dos projetos, ambos definidos pela composição real dos itens em relação àqueles registrados no sistema e na carteira de projetos. Esses indicadores funcionam como auditores dos processos de contratos e estoques, fortalecendo o controle e mais uma vez identificando possibilidades de gastos desnecessários com materiais. Eles auxiliam a gerência na negociação de compras de materiais e no controle de projetos, tanto em relação aos prazos quanto aos custos de ambos os itens.

O parâmetro materiais não empenhados é obtido pela subtração de materiais empenhados dos materiais em estoque. Esse parâmetro controla a lista de itens obsoletos, confrontando-a com os projetos produzidos ou em processo, de modo a alertar quando a quantidade de itens não empenhados começa a ter um volume considerável. Assim, antes que esse parâmetro se torne um problema de custo e armazenagem, a gerência tem como acionar as diversas áreas, possibilitando-se um monitoramento quase contínuo.

Uma das atividades da logística é acompanhar o processo de movimentação de materiais, desde sua chegada até a finalização do produto. Essa atividade é importante porque possibilita a redução de paradas do processo e a utilização adequada dos materiais necessários em cada tipo de projeto a ser desenvolvido. O processo gerencial de controle de materiais da empresa em estudo foi realizado por meio da proposta de um escritório de projetos (*project management office*, PMO). No presente caso, a gerência da área o aciona quando existe a possibilidade de elevação dos custos por erros de projeto, indefinição dos itens pelo

cliente, atrasos de fornecedor, problemas de qualidade do fornecedor, erros de programação de materiais e erros de compras. Portanto, funciona como uma forma de controlar todo o processo de fabricação, evitando assim a geração de obsolescência ou perdas.

O acompanhamento pelo PMO é feito mensalmente, por intermédio de uma planilha composta por:

- a) denominação do projeto: relação dos projetos em elaboração durante o período;
- b) liberação da engenharia (parte mecânica): lista técnica que contém todos os itens de acordo com o projeto referente à parte mecânica do produto;
- c) liberação da engenharia (parte elétrica): lista técnica que contém todos os itens de acordo com o projeto referente à parte elétrica do produto;
- d) prazo de importação: data limite de solicitação de compras importadas;
- e) prazo de materiais fundidos: data limite de solicitação dos itens fundidos;
- f) prazo de materiais elétricos: data limite de solicitação dos materiais elétricos;
- g) prazo dos painéis: data limite de solicitação dos painéis;
- h) prazos das bases e ferragens: data limite de solicitação desses materiais;
- i) prazo dos acionamentos: data limite de solicitação dos acionamentos;
- j) data de montagem: início de fabricação do produto acabado; nesse momento deverão ter chegado todos os materiais solicitados anteriormente, exceto as bases e ferragens.
- k) data de inspeção: após o produto estar acabado, há o período em que o representante do cliente faz a inspeção; nesta etapa, as bases e ferragens devem ter chegado;

- l) data de liberação do produto acabado: equivale à data contratual de entrega do projeto, que é muito importante, também em razão da possibilidade de aplicação de multas.

Pela ação do PMO, é possível visualizar de forma sistêmica todos os processos pelos quais passarão os materiais. Isso auxilia na tomada de decisão, caso ocorra um atraso, erro ou outro problema que implique aumento de custo, parada de projeto, postergações/antecipações e multas. Também permite em curto espaço de tempo listar a formação de possíveis coprodutos e/ou resíduos.

Para verificar a importância de sua implantação, procedeu-se a entrevistas nos três níveis hierárquicos. De modo geral, a avaliação do nível estratégico foi que a partir da implantação do PMO foi possível acompanhar o processo e monitorar as variações junto às outras áreas, utilizando instrumentos complementares, como informações de alterações técnicas ou atrasos em geral. Além disso, é necessário haver um alinhamento entre os objetivos estratégicos da organização e das áreas participantes do processo produtivo, ou seja, engenharia, administração de contratos, produção e controladoria. O não alinhamento dessas metas estratégicas e dos respectivos setores provoca uma série de problemas, tais como: erro de prazo, falta de definição clara dos requisitos do cliente, definição errada dos componentes dos produtos, compra de materiais desnecessários, solicitação de importação fora de prazo.

Foi também possível perceber questionamentos entre as diversas áreas quando ocorre um erro no processo e isso resulta diretamente em aumento de custos e, conseqüentemente, em redução no faturamento, além de gerar conflitos entre os vários níveis profissionais das áreas envolvidas. Vale ressaltar que os problemas percebidos são fundamentalmente gerados no nível tático, denominado aqui como operacional-administrativo, em que se apresentaram também distorções no conceito e no entendimento sobre sustentabilidade e desenvolvimento sustentável. Isso sinaliza a importância do processo de

solidificação dos conceitos ambientais dentro dos processos e não no chamado “final de tubo”<sup>12</sup>.

A área de logística passou a ser o intermediário entre o planejamento estratégico e a execução do projeto, incorporando os conceitos da ecologia industrial ao processo de tomada de decisão, principalmente porque o PMO auxilia na coleta de dados sistêmica e, conseqüentemente, no controle do alinhamento das informações. O escritório de projetos apresentou numerosas vantagens, principalmente em relação a prazos, que, quando acompanhados corretamente, evitam a formação dos itens obsoletos. Essa é uma ação ligada à produção mais limpa, porque tem foco no processo e na prevenção da formação de coproduto/resíduo.

Essas ações de controle são parte de um processo de conscientização ambiental e de sustentabilidade gerado na área de logística a partir da gerência e envolvendo todos os setores da empresa.

O *warehouse management system* (WMS) (é um sistema informatizado de controle do fluxo de materiais que tem por finalidade auxiliar o processo de entrada, saída e movimentação de materiais dentro do armazém; portanto, é uma ferramenta de melhoria de processo no fluxo de materiais. Com esse sistema, a empresa é capaz de elevar o nível de acuracidade dos estoques, evitando erros de compras desnecessárias, duplicidade de itens, aumento de custos de estoques, e diminuindo os erros operacionais cometidos pela manipulação dos dados desses materiais no sistema.

O sistema foi implementado em um período de oito meses. Na etapa de treinamento, foi realizado um trabalho com os colaboradores para explicar os conceitos dessa nova ferramenta, bem como os motivos pelos quais se optou por essa solução. Entre os tópicos apresentados, falou-se sobre a necessidade de redução dos estoques, bem como de elevar seu nível de controle e acuracidade.

Pôde-se perceber que a receptividade e a aceitação desses conceitos facilitou a implantação. Ao longo do treinamento, foi observada

<sup>12</sup> *Final de tubo: meio tradicional de combate à poluição, em que o tratamento e o controle dos coprodutos se dão depois que estes são gerados (Giannetti; Almeida, 2006).*

uma sintonia entre os objetivos estratégicos da empresa e os operacionais, os quais seriam executados pelos colaboradores na linha de montagem. Ademais, foi possível notar um comprometimento da mão de obra operacional com esses processos de melhoria, ao se sentir parte do sucesso da empresa.

Essa relação é importante, pois mostra uma igualdade de propósitos desde a alta direção até o chão de fábrica, o que é um dos conceitos principais e mandatórios abordados pela P+L e pela ecologia industrial, bem como pela série ISO.

O fluxo logístico implantado é apresentado na Figura 1.

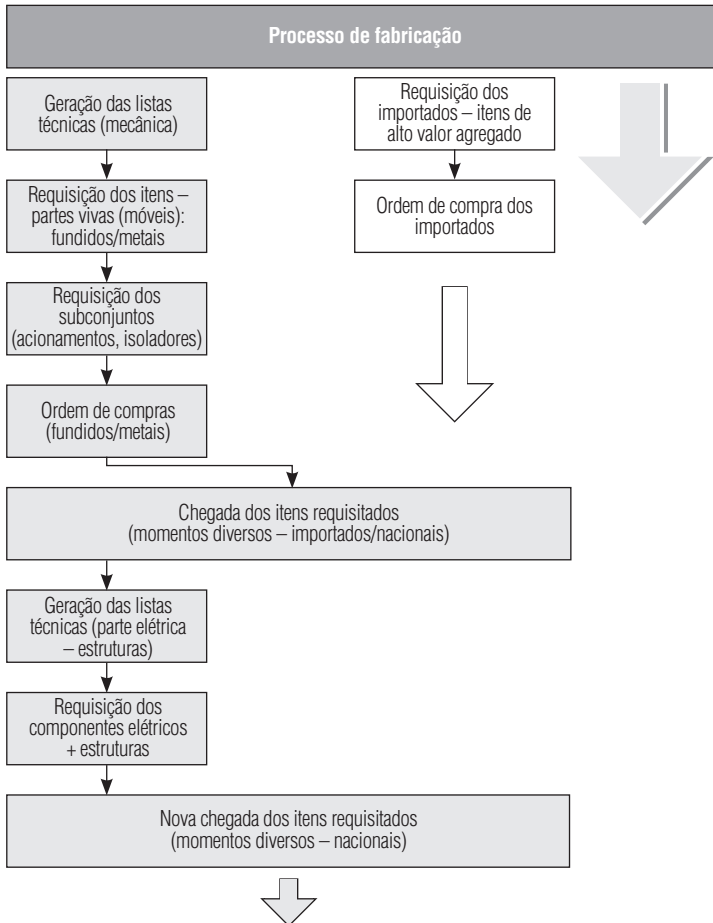
A geração de itens acompanha todo o processo, pois, pelo fato de se trabalhar com o critério compra por projeto, controla-se a quantidade de itens de acordo com o uso em cada projeto. A empresa em estudo revelou que o índice de refugo gerado em seus processos, praticamente formado por componentes comprados, é atualmente bastante baixo.

No exemplo aqui relatado, foi possível evidenciar as vantagens do uso da logística para implantação de conceitos de produção mais limpa e ecologia industrial. Assim, usando as ferramentas anteriormente descritas, foi possível definir como coprodutos aproximadamente 80% dos produtos considerados obsoletos. Além disso, um número significativo de componentes não foi adquirido e, muito embora não se possa precisar, é possível estimar que seu valor deva superar R\$ 2 milhões. Outra questão importante foi o ganho com a redução das multas e custos contratuais, já que a empresa trabalha com importação e exportação de produtos.

A preocupação com a questão da sustentabilidade, que é percebida por meio de ações relacionadas com melhoria de processos, bem como na conscientização dos colaboradores, somada à normalização dos procedimentos, já que a empresa possui sistema de gestão integrada, ISO 14000 e ISO 9000, favoreceu a implantação dos conceitos via logística. Com a normatização, indicadores de controle tornam-se comuns e auxiliam os gestores no planejamento do uso dos recursos de modo mais sustentável.



**Figura 1 – Resumo do processo de aquisição dos componentes na empresa em estudo.**



**Fonte:** Os Autores, com base nos dados da pesquisa.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

**M**esmo para empreendimentos em que a consciência ambiental esteja bem estabelecida, a próxima etapa, ou seja, a implantação de ações para a melhoria da sustentabilidade pode não ser tarefa simples. Assim, foi nosso objetivo apresentar as vantagens do uso de ferramentas/conceitos de logística para melhorar a sustentabilidade de um empreendimento.

Utilizando como parte da metodologia o estudo de caso, foi possível observar que a empresa sob estudo tem bom nível de conscientização ambiental, muito embora possam existir algumas inadequações na definição de alguns conceitos e/ou ferramentas importantes. Desse modo, a sustentabilidade é declarada como um valor bastante importante para a empresa desde a alta direção, e consta de toda a sua documentação o desejo de ser responsável social e ambientalmente.

Contudo, a sustentabilidade não está se revertendo em ações, tanto pelo aspecto individual como de processo. Assim, foi possível observar perdas desnecessárias, por exemplo, de água e energia, diretamente ligadas a comportamentos individuais. No processo, a falta de procedimentos bem estabelecidos e a serem seguidos por toda a cadeia permitiu a formação de grande estoque, além da transformação em refugo de grande quantidade de material sólido.

Nesse aspecto a utilização da abordagem *make to order* facilitou o estabelecimento de procedimentos que, por aumentar a possibilidade de controle externo, dificultam a formação de estoques desnecessários. A manutenção das vantagens obtidas, por sua vez, é facilitada pela logística, pois são inerentes ao seu sistema a facilidade de monitoramento contínuo e o controle *on line* e *in situ* de todo o sistema.

Foi também possível indicar uma série de vantagens do uso dos conceitos de produção mais limpa e ecologia industrial em conjunto com as ferramentas da logística. De modo geral, a logística associada à metodo-

logia de ACV foi útil para criar uma complementaridade entre ecologia industrial e P+L. Assim, por meio da metodologia aqui desenvolvida, foi possível comparar os conceitos/ferramentas da logística e da ecologia industrial e propor um uso mais amplo para as noções de fluxo de materiais, metabolismo industrial e ACV. Nesse particular aspecto, a existência de sistema de gestão integrada em toda a empresa corresponde a uma inegável vantagem para a implantação das mudanças aqui discutidas. Outro aspecto importante é que, utilizando o conceito de fluxo de materiais, a padronização e a reutilização de embalagens são pontos que podem evitar impacto econômico e ambiental significativo.

É bem aceito que a produção mais limpa seja implantada por programa (Furtado et al., 1998), e não por sistemas, mas mesmo com as decisões migrando para um conjunto de procedimentos inerentes a um sistema ainda foi possível implantar decisões de P+L, por exemplo, quando se instituiu como meta que a compra de material para cada projeto não podia exceder 15% do valor em massa dos componentes do sistema. Ademais, no presente caso, houve um agrupamento das duas abordagens: P+L e ecologia industrial. Assim, iniciaram-se com os conceitos de produção mais limpa, quanto à avaliação do processo, e, para garantir o bom andamento do fluxo de materiais, foram aplicados os conceitos da ecologia industrial, da análise desse fluxo e de ACV. O conjunto de ações significou melhoria significativa, tanto econômica quanto ambientalmente. Apenas pela implantação do controle de fluxo de materiais via sistemas obteve-se, como melhoria econômica, a redução dos estoques em 30%. Esse valor diminuiu de modo expressivo se os coprodutos são corretamente destinados, ou seja, alia-se a uma melhoria ambiental advinda não só pelo não consumo de insumos, mas também pela destinação adequada de vários outros componentes.

O trabalho efetuado também apresentou, mesmo que de uma maneira não sistemática, uma maior integração entre áreas pelo aspecto social, via interação entre funcionários.

## **REFERÊNCIAS**

ABREU, M. C. S. *Modelo de avaliação da estratégia ambiental: uma ferramenta para tomada de decisão*. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

ADEODATO, M. T. P. C. *Análise das estratégias do projeto para incorporação de princípios e indicadores de sustentabilidade em políticas públicas no município de Jaboticabal – SP*. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

ALLENBY, B. Industrial ecology, information and sustainability. *Emerald Publications*, v. 2, n. 2, p. 163-171, 2000.

ALMEIDA, D. S.; SILVA, J. D.; SOUZA, A. D. Análise da gestão de estoque de uma microempresa de autopeças de Campo Mourão-PR: uso da classificação ABC dos materiais. *Revista Foco*, v. 8, n. 1, 2015.

ARBACHE, F. S. *Gestão de logística, distribuição e trade marketing*. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2015.

ARBÚCIAS, J. G. *Melhoria da sustentabilidade pela aplicação do conceito de ecologia industrial: estudo de caso no setor eletroeletrônico*. Tese (Doutorado em Engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

ASHFORD, N. A. Industrial safety: the neglected issue in industrial ecology. *Journal of Cleaner Production*, v. 5, p. 115-121, 1997.

AYRES, R. U.; SIMONIS, U. E. *Industrial metabolism: restructuring for sustainable development*. Tokyo: United Nations University Press, 1994.

AYRES R. U.; AYRES L. W. *Industrial ecology: towards closing the materials cycle*. Cheltenham, UK; Brookfield, USA: Edward Elgar, 1996.

BALLOU, R. H. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos*. Porto Alegre: Bookman, 2001.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. *Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento*. São Paulo: Atlas, 2001.

CALDEIRA FILHO, O. *Uso de ferramentas da qualidade na melhoria dos processos de fabricação de tubos PVC extrudados*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2004.

CAMPOS, V. F. *TQC: controle da qualidade total*. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

CASTIGLIONI, J. A. M. *Logística operacional: guia prático*. São Paulo: Érica Editora, 2008.

CASTRO, M. A. S. *Prevenção da poluição aplicada às embalagens de uso industrial: um estudo de caso*. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola de Engenharia de São Carlos, USP. São Carlos, 2005.

CHASE, R.; AQUILANO, N. J.; DAVIS, M. M. *Fundamentos de administração da produção*. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 1999.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos*. São Paulo: Prentice-Hall, 2003.

CLIFT, R.; DRUCKMAN, A. (Editors) *Taking stock of industrial ecology*. New York: Springer, 2016.

CORREIA, H. C.; GIANESI, I. G. N. *Planejamento, programação e controle da produção*. São Paulo: Atlas, 2001.

COSTA, M. A. B.; SILVA, E. C.; TREVISANI, L. E. L. *Impacto da implantação de métodos e ferramentas de qualidade: estudo de caso em uma empresa do setor sucroalcooleiro*. Desafio Online, v. 1, n. 1, p. 109-125, 2015.

CSCMP, Council of Supply Chain Management Professionals. *CS-CMP Supply Chain Management definitions and glossary*. [19--]. Disponível em: <<https://cscmp.org/supply-chain-management-definitions>>. Acesso em: 1 nov. 2009.

DAL BOSCO, C. A. et al. PPCP: um estudo de caso em uma micro-empresa de alimentos. In: IV ENCONTRO CIENTÍFICO DE ADMINISTRAÇÃO, ECONOMIA E CONTABILIDADE *Anais...* Dourados, MS: Editora UEMS, 2011.

DIAS, M. A. P. *Administração de materiais: uma abordagem logística*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1993.

ENVIRONMENTAL MANAGEMENT: *The ISO 14000 family of International Standards*. Genève, Switzerland, ISO: 2009.

FERNANDES, J. P. O. *Proposta de metodologia para gestão de produção, visando redução no consumo de energia elétrica em uma unidade fabril do setor de bens de consumo*. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica), Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, SP, 2015.

FERREIRA, H. P. C. *Operações de logística: distribuição – AmBev CDD Natal*. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

FLEURY, P. et al. *Logística empresarial: a perspectiva brasileira*. 9. reimp. São Paulo: Atlas, 2007.

FROSCHE, R. A. Industrial ecology: minimizing the impact of industrial waste. *Physics Today*, v. 11, p. 63-68, 1994.

FURTADO, J. S. et al. *Manual de avaliação na fábrica: prevenção de resíduos na fonte e economia de água e energia*. São Paulo: Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica de São Paulo; Fundação Vanzolini, 1998.

GARRETT, C. Evolution of the global sustainable consumption and production policy and the United Nations Environment Programme's (UNEP) supporting activities. *Journal of Cleaner Production*, v. 15, n. 6, p. 492-498, 2007.

GIANNETTI, B. F. C.; ALMEIDA, M. V. B. *Ecologia industrial: conceitos, ferramentas e aplicações*. São Paulo: Edgard Bücher, 2006.

GONÇALVES, C. W. *A globalização da natureza e a natureza da globalização*. Rio de Janeiro: Editora Civilização Brasileira, 2006.

GUETHI, D. *Implantação de sistema de gestão ambiental em uma empresa metal-mecânica*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2004.

HERTWICH, E. Life cycle approaches to sustainable consumption: a critical review. *Environmental Science & Technology*, v. 39, n. 13, 2005.

INVERNIZZI, G. *O Sistema Lean de Manufatura aplicado em uma indústria de autopeças produtora de filtros automotivos*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2006.

JACOSKI, C. A. Proposição de um sistema de gerenciamento de estoque integrado considerando aspectos da mentalidade enxuta. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, v. 7, n. 4, p. 209-221, 2016.

JURAN, J. M. *A qualidade desde o projeto: os novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços*. São Paulo, Thomson Pioneira, 1992.

\_\_\_\_\_. *Quality, and a century of improvement*. Milwaukee, WI, ASQ Quality Press, 2005.

KEMP, D. D. *Global Environmental Issues: A Climatological Approach*. 2nd ed. London/New York: Routledge, 1994.

LEE, A. H. I. et al. A green supplier selection model for high-tech industry. *Expert Systems with Applications*, v. 36, n. 4, p. 7.917-7.927, 2009.

LEIGH, M.; LI, X. Industrial ecology, industrial symbiosis and supply chain environmental sustainability: a case study of a large UK distributor. *Journal of Cleaner Production*, v. 106, n. 1, p. 632-643, nov. 2015.

LIBRELOTTO, D. Aplicação de uma ferramenta de análise do ciclo de vida em edificações residenciais: estudo de caso. *Revista Engenharia Civil*, Universidade do Minho, n. 30, 2008.

LIMAD, W. G. N.; SILVA, M. L. P. A compreensão do conceito de sustentabilidade pelo setor produtivo: um estudo de caso. *Boletim Técnico da Faculdade de Tecnologia de São Paulo*, v. BT, p. 28-32, 2009.

LINTON, J. D. Sustainable supply chains: an introduction. *Journal of Operations Management*, v. 25, p. 1.075-1.082, 2007.

MACHADO, M. C. *Administração da produção II*. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2008.

MANAHAN, S. E. *Industrial ecology, environmental chemistry and hazardous waste*. Boca Raton, FL: Lewis Publishers, 1999.

MARTINS, P.; LAUGENI, F. P. *Administração da produção*. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

MENDES, N. C.; BUENO, C.; OMETTO, A. R. Avaliação de impacto do ciclo de vida: revisão dos principais métodos. *Prod.*, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 160-175, mar. 2016

MIZUNO, S. *Gerência para melhoria da qualidade: as sete novas ferramentas do controle de qualidade*. Rio de Janeiro: LTC, 1993.

NAHUZ, M. A. R. O sistema ISO 14000 e a certificação ambiental. *RAE*, São Paulo, v. 35, p. 56-66, nov./dez. 1995.

NOVAES, A. G. *Logística e gerenciamento da cadeia de suprimento*. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

POUDEL, M. P. *Assessment of sustainability of community forestry through combined analysis of field and remotely sensed indicators*. Enschede, Netherlands: International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, 2002.

REBELO, M. F.; SANTOS, G.; SILVA, R.. Integration of management systems: towards a sustained success and development of organizations. *Journal of Cleaner Production*, v. 127, p. 96-111, 20 Jul. 2016.

RIBEIRO, A. A. O. *Simulação de processos contínuo e descontínuo utilizando metanol e etanol para a produção de biodiesel*. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.



ROBERTS, B. H. The applications of industrial ecology principles and planning guidelines for the development of eco-industrial parks: an Australian case study. *Journal of Cleaner Production*, n. 17, p. 997-1.010, 2004.

ROBINSON, J.; FRANCIS, G.; LEGGE, R.; LERNER, S. Defining a sustainable society, values, principles and definitions. *Alternatives: Perspectives, Technology and Environment*, v. 17, n. 2, p. 36-46, Jul./Aug. 1990.

ROCHA, I. B. S. *Metodologias de planejamento e gestão da produção na indústria metalúrgica*. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial). Universidade de Aveiro, Portugal, 2015.

RON, J. Sustainable production: the ultimate result of a continuous improvement. *International Journal of Production Economics*, v. 56-57, n. 20, p. 99-110, Sept. 1998.

ROWLEY, B.; MCMURTREY, M. E. McDonald's and the triple bottom line: a case study of corporate sustainability. *Journal of Strategic Innovation and Sustainability*, v. 11, n. 1, p. 33, 2016.

SANTOS, M. J. *Produzir para viver: os caminhos da produção não capitalista*. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2002.

SEURING et al. From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, v. 16, n. 15, p. 1.699-1.710, 2008.

SILVA, M. C. M. *MRP e MRP II*. Aracaju, SE: Universidade Federal de Sergipe, 2001. Apostila.

SILVA FILHO, J. C. G. Produção mais limpa: uma ferramenta da gestão ambiental aplicada às empresas nacionais. In: XXIII ENEGEP. *Anais...* Rio de Janeiro, Abepro, 2003.

SIOLARI, M.; COSTA, C. Qualidade do projeto: indicadores técnicos vs expectativas e compreensões do consumidor. In: IV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. *Anais...* Viçosa, MG: UFV, 2015.

SLACK, N. *Administração da produção*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SOARES, L. Logística e gestão da cadeia de suprimentos: conceitos e diferenças. *Cadernos Unisuam de Pesquisa e Extensão*, v. 5, n. 4, p. 46-53, 2016.

SOUSA, S. R. *Normalização de critérios ambientais aplicados à avaliação do ciclo de vida*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

SOUZA, P. A. A dimensão ambiental no planejamento da mineração: um enfoque empresarial. *Bahia Análise & Dados*, Salvador-BA, v. 10, n. 4, p. 280-305, 2001.

TEIXEIRA, C. A.; SOUZA, J. P. Análise da Certificação ISO 14001 para a sustentabilidade e conformidade da legislação ambiental. *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade*, v. 10, n. 5, p. 82-104, 2016.

TREVISAN, M. et al. Ecologia industrial, simbiose industrial e ecoparque industrial: conhecer para aplicar. *Sistemas & Gestão*, v. 11, n. 2, p. 204-215, 2016.

TUBINO, D. F. *Planejamento e controle da produção: teoria e prática*. São Paulo: Atlas, 2008.

VIEIRA, L. C.; AMARAL, F. G.; Barriers and strategies applying Cleaner Production: a systematic review. *Journal of Cleaner Production*, v. 113, p. 5-16, Feb. 2016.

VIEIRA, J. G. V.; COUTINHO, D. P. Avaliação da colaboração logística entre uma distribuidora e seus fornecedores. *Revista Produção e Engenharia*, v. 1, n. 1, p. 53-68, 2016.


WCED, World Commission On Environment And Development. *Our common future*. New York: Oxford University Press, 1987.

WOMACK, J. P. *A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza*. 4. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

ZHANG, Y.; ZHENG, H.; CHEN, B.; SU, M.; LIU, G. A review of industrial symbiosis research: theory and methodology. *Front. Earth Sci.* v. 9, n. 1, p. 91-104, 2015.





*Sustentabilidade: integrando  
**cadeia de suprimentos e  
ecologia industrial***

*Waltson Gomes Neto de Limad  
Maria Lúcia Pereira da Silva*





