

GESTÃO AMBIENTAL DE EMPRESAS

30

Aldo Roberto Ometto / Américo Guelere Filho Renata Bovo
Peres / Camila Dos Santos Ferreira

p0010 *Este capítulo, que apresenta os conceitos e as principais práticas de gestão Ambiental Empresarial, é estruturado em três partes. Inicialmente, discute-se a evolução da gestão ambiental de empresas com base em seus principais conceitos, aplicações e motivadores. Em seguida, apresentam-se as normas da série ISO 14.000, de gestão ambiental, com foco na ISO 14.001. A terceira parte aborda duas aplicações da gestão ambiental empresarial: uma ao processo de produção, com destaque para os procedimentos do programa de Produção Mais Limpa, e outra à gestão do ciclo de vida, com destaque para o ecodesign e a avaliação do ciclo de vida.*

st0010 30.1 INTRODUÇÃO

p0015 As ações das empresas em prol da sustentabilidade estão na pauta dos meios de divulgação, relatórios empresariais e trabalhos acadêmicos. Muitos desses trabalhos trazem expressões como “boas práticas empresariais”, “sustentabilidade corporativa”, “empresas socialmente responsáveis”, entre outros termos que surgem no meio acadêmico e na mídia. Sem dúvida, este é o momento da história, nacional e internacional, em que o setor empresarial mais procura desenvolver e divulgar ações que apresentem uma mudança de postura com vistas a prevenir e minimizar os danos causados ao meio ambiente. Isso advém, principalmente, de medidas de punição (advindas das legislações e de órgãos fiscalizadores) ou de prêmios, obtidos por ganhos em produtividade, imagem, melhor relação com os clientes, fornecedores e demais partes interessadas (*stakeholders*).

p0020 Nesse sentido, ao mesmo tempo em que surgiram exigências e obrigações ao setor empresarial, começaram a ser estudadas novas técnicas, procedimentos e estratégias de gestão ambiental que pudessem auxiliar as empresas a compreender o que realmente significa desenvolver ações visando à melhoria ambiental da empresa (“intramuros”), considerando as escalas local, regional e mesmo global (“extramuros”).

p0025 Essas práticas procuraram, também, mostrar que melhorias ambientais podem trazer, como consequências, economia de recursos e ganhos econômicos à empresa. Assim, o desafio em incorporar um **Sistema de Gestão Ambiental Empresarial** começou a se tornar ainda mais interessante para um setor que tem o lucro como seu principal objetivo. Desse modo, na visão empresarial, a inclusão da questão ambiental no negócio deve ser vista como uma oportunidade competitiva e um diferencial estratégico, podendo se tornar um fator determinante para o sucesso ou o fracasso das organizações, a fim de buscar não apenas a satisfação imediata do cliente, mas sim da sociedade atual e das gerações futuras (Pereira & Tocchetto, 2004).

p0030 Para isso, a gestão ambiental empresarial deve ser organizada de modo a incluir as questões ambientais nas principais decisões estratégicas e operacionais de responsabilidade da empresa, de acordo com as premissas da sustentabilidade. Dependendo da estrutura organizacional da empresa, a gestão ambiental pode proporcionar soluções integradas às diversas áreas funcionais (produção, comercial, recursos humanos, financeira, contábilística e marketing) ou junto aos principais processos de negócios (planejamento estratégico, desenvolvimento de tecnologia, desenvolvimento de produto, entrega do produto, entre outros), com o objetivo de evitar que impactos ambientais ocorram.

p0035 Portanto, para que a gestão ambiental empresarial seja efetiva, ela não pode ser realizada de modo paralelo às principais áreas funcionais da empresa e aos seus principais processos de negócios operacionais e estratégicos, ou se organizar somente para reparar os danos ambientais cometidos por decisões técnicas e gerenciais que não contemplaram essa área do conhecimento (a área ambiental). Pelo seu **caráter preventivo**, ela precisa ser estruturada de modo a participar efetivamente nas principais decisões dessas áreas ou processos.

p0040 Os ganhos corporativos com a inclusão da gestão ambiental de modo eficaz incluem a otimização dos processos de produção, a inovação baseada em melhorias ambientais, a melhoria da imagem institucional, um ambiente de trabalho com menor risco, entre outros. Essas e outras conquistas não são atingidas por ações isoladas e nem pelo chamado *greenwashing*, quando a empresa se declara sustentável, mas não aplica atitudes sustentáveis em suas operações e negócios.

p0045 Percebe-se, portanto, que há ganhos econômicos, ambientais e sociais com a adoção da gestão ambiental empresarial, não como uma área ou processo isolado, mas por meio de uma **gestão integrada** com as decisões empresariais. Isso pode gerar possibilidades de melhorias da sustentabilidade na empresa, incluindo o produto, com benefícios para a sociedade em geral. Para isso, uma forma de gestão ambiental mais aberta, com a participação de outras partes interessadas, como a Academia e as ONGs, pode auxiliar essa conquista.

p0050 Entretanto, esse tema ainda sustenta muitas dúvidas e indagações: Por onde começar a gestão ambiental empresarial? Quais são as práticas mais modernas e eficazes? Quais são as etapas? Como conduzi-las? Como medir e avaliar o progresso obtido? Este capítulo procura responder a algumas dessas indagações, mostrando a evolução da gestão ambiental empresarial, a série de normas internacionais ISO 14.000 e as aplicações da gestão ambiental ao processo de produção e ao ciclo de vida do produto, que inclui desde a extração da matéria-prima até o seu retorno.

st0015 **30.2 EVOLUÇÃO DAS PRÁTICAS DE GESTÃO AMBIENTAL EMPRESARIAL**

p0055 Este tópico aborda o desenvolvimento histórico das práticas de gestão ambiental de empresas, incluindo seus principais motivadores, limitações e benefícios.

p0060 Antes do surgimento de leis ambientais, o meio físico (ar, água e solo) era encarado como sendo livremente disponível para receber os resíduos advindos das atividades antrópicas, o que para a época não era tão problemático quanto hoje, uma vez que a população era esparsa e havia bem menos produtos industrializados em comparação com os dias atuais (Bulchholz, 1998). Nesse contexto, o comportamento das empresas associava-se a uma **estratégia passiva**, uma vez que elas se limitavam a diluir e dispersar os poluentes gerados.

p0065 Segundo Sánchez (2001), as primeiras leis que visavam a enfrentar a temática da poluição surgiram em países industrializados a partir de meados do século XX e focavam, primordialmente, no controle de emissões de poluentes, sendo, dessa forma, de **caráter notadamente corretivo**. Nos Estados Unidos, por exemplo, a Lei do Ar Puro e da Água Pura somente foi estabelecida na década de 1960 (Callenbach et al., 1993).

p0070 Como forma de se adequar aos **instrumentos legais de comando e controle**, as empresas passaram a adotar, a partir da década de 1960 e 1970 as soluções tecnológicas conhecidas como **“fim de tubo”**, ou seja, buscavam controlar e tratar suas emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos sólidos por meio de sistemas de tratamento, sem alterar os processos de produção ou os produtos. As ações eram focadas, por exemplo, no tratamento e disposição de resíduos, na instalação de filtros em chaminés e na construção de estações de tratamento de efluentes líquidos. Além disso, algumas ações de remediação, como de solo contaminado, também complementavam as ações à época.

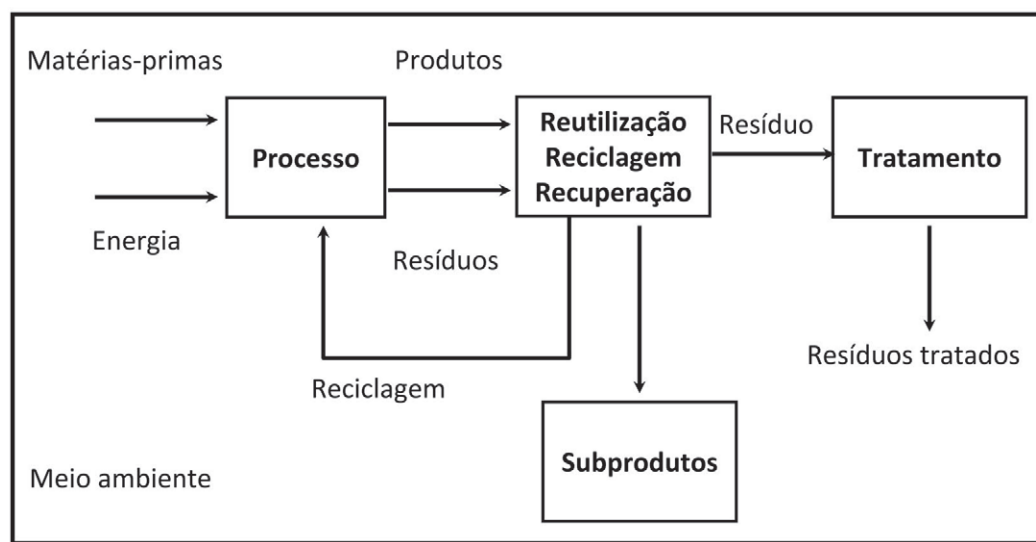
p0075 Essas **ações reativas** não traziam retorno econômico à empresa, somente custos, pois o gasto era relacionado com os resíduos, emissões e efluentes, e não se caracterizava como um investimento no processo produtivo ou no produto. A empresa somente realizava tais ações porque era obrigada pela legislação.

p0080 A década de 1980 foi o marco do aumento, em escala planetária, da consciência ambiental e, também, da mudança no comportamento das empresas no tocante à gestão ambiental. Essa mudança teve alguns motivadores que despertaram o **valor ambiental** nas pessoas, a partir da ocorrência de episódios de grandes impactos ambientais, como Seveso, Bhopal, Chernobyl e Basel.

p0085 Além disso, a postura empresarial com relação à área ambiental começou a mudar, visto que *“os gastos com proteção ambiental começaram a ser vistos pelas empresas líderes não primordialmente como custos, mas sim como investimentos no futuro e, paradoxalmente, como vantagem competitiva. A atitude passou de defensiva e reativa para ativa e criativa”* (Callenbach et al., 1993). Essa mudança de atitude, deveu-se, em grande parte, à constatação dos reais custos associados ao tradicional gerenciamento de resíduos, uma vez que, além dos custos contabilizados com o tratamento e disposição, havia outros custos relacionados e

que, usualmente, não eram contabilizados, por exemplo, perda de matérias-primas, gastos com água e energia, não conformidades legais e normativas e aqueles relacionados com a imagem da empresa (custos intangíveis). Sob esse viés econômico, segundo dados do *United Nations Environmental Program (Unep)*, de forma geral, para cada US\$ 1 contabilizado com tratamento ou disposição de resíduos, há outros US\$ 2-3 “escondidos” ou simplesmente ignorados, sendo essa constatação válida inclusive para empresas grandes e bem gerenciadas (UNEP, 2004).

p0090 Foi nesse contexto que algumas indústrias passaram a adotar estratégias que visavam a reduzir a quantidade de resíduos gerados por meio de técnicas de reutilização, reciclagem (interna ou externa ao processo) e recuperação de materiais, como ilustrado na Figura 30.1.



f0010

FIGURA 30.1 Reutilização, reciclagem, recuperação. Fonte: Bishop (2000).

p0095 Tanto a reutilização quanto a reciclagem e a recuperação, embora contribuam para a minimização da geração de resíduos, não se constituem em soluções definitivas, pois partem do pressuposto de que o resíduo existe, e também porque geram subprodutos e envolvem gastos de energia e outros custos operacionais.

p0100 Mediante essas constatações, a partir do final da década de 1980, as empresas passaram a tratar a questão da poluição causada pelos resíduos de seus processos de modo mais **sistêmico**, o que as levou a reverter suas estratégias de gerenciamento ambiental, passando de uma postura reativa para uma **proativa (preventiva)**, cujo princípio norteador foi a prevenção da geração ou, ao menos, a minimização dos aspectos ambientais na fonte. Consequentemente, foi possível controlar os impactos ambientais negativos, atuando na causa da geração antes de buscar as soluções técnicas que agiam nos efeitos (resíduos, efluentes e emissões), as quais podem ser complementares. Assim, a finalidade de reduzir os impactos ambientais estava aliada, principalmente, à busca da otimização dos processos produtivos e à redução dos custos. Isso foi implementado por programas conhecidos como Produção mais Limpa, Produção Limpa ou Produção Verde.

p0105 Na busca da causa da geração de determinados aspectos e impactos ambientais, as soluções passavam, muitas vezes, pela substituição da matéria-prima e de fornecedores, pela mudança na forma de uso do produto, pelo retorno do produto após o uso, ou seja, as soluções estavam em outras etapas, que não a de fabricação. Dessa maneira, verificou-se que as soluções se encontravam ao longo de todo o ciclo de vida do produto.

p0110 Assim, de modo a eliminar ou minimizar os aspectos e impactos ambientais não somente na produção, mas no ciclo de vida do produto (Figura 30.2), desde a extração e beneficiamento da matéria-prima, o transporte, a produção, a distribuição, o consumo, o pós-uso até a disposição final, a gestão ambiental empresarial, principalmente a partir do final da década de 1990, ampliou sua visão para o **ciclo de vida do produto**.

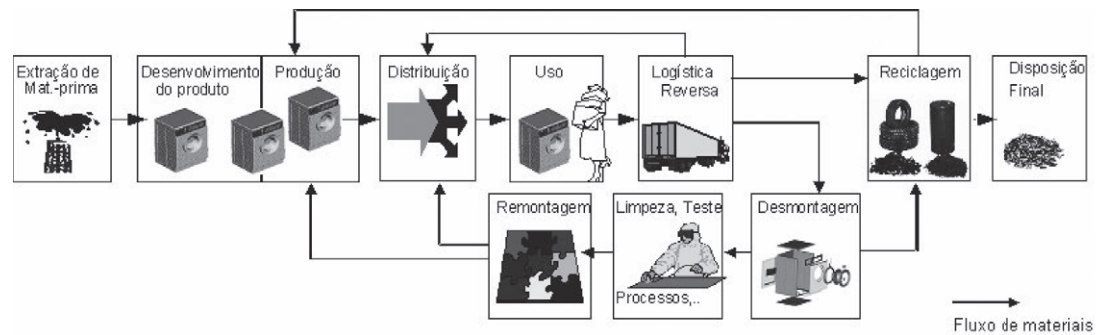


FIGURA 30.2 Ciclo de vida do produto. Fonte: Franke (2004).

Essa visão sistêmica do ciclo de vida proporciona uma gestão mais integrada entre as causas e as consequências de todas as etapas da vida física do produto, proporcionando soluções ambientais mais eficazes. Neste contexto, uma montadora não irá terceirizar uma etapa de um processo por ter grandes impactos ambientais, pois seus fornecedores também serão avaliados. As soluções são para a melhoria de todo o ciclo de vida do produto, não somente de um processo ou etapa.

Esta forma de gestão foi colocada em prática inicialmente para os produtos comercializados nos países europeus, por meio da Política Integrada aos Produtos, que estabelece as diretrizes para a sustentabilidade empresarial na Europa com base no ciclo de vida do produto. Contudo, em um mercado global, essas diretrizes influenciaram as principais empresas mundiais. Uma dessas diretivas europeias é a Diretiva sobre os Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (2002/96/EC), a qual é baseada na responsabilidade estendida do produtor, incluindo a fase pós-uso do produto e determinando cotas de reciclagem para diversas categorias de produtos eletroeletrônicos.

Conforme visto no Capítulo 22, o Brasil possui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010), que busca o gerenciamento integrado dos resíduos, incorporando a visão de ciclo de vida e com base em uma responsabilidade compartilhada entre os atores do ciclo de vida. Isso pode trazer dificuldades para colocar as ações em prática, além de gerar uma necessidade de se terem mais informações relacionadas com os produtos, uma vez que o consumidor também será responsabilizado pela sua destinação correta.

De qualquer modo, a gestão baseada no ciclo de vida do produto, complementada pelas demais, destaca-se como a mais sistêmica em termos de soluções ambientais. Além disso, as empresas que se antecipam no atendimento dessas novas demandas podem conseguir inovações em seus processos, produtos e modelos de negócios, assim como uma gestão mais compartilhada entre fornecedores e clientes.

Esse breve panorama que foi apresentado a respeito da evolução histórica da gestão ambiental empresarial representa as práticas de como as empresas adotavam e adotam suas ações na área ambiental. No entanto, isso não significa que, atualmente, todas as empresas adotem a gestão do ciclo de vida.

30.3 A SÉRIE ISO 14.000 – GESTÃO AMBIENTAL

A ISO é uma organização internacional de padronização, com membros de 162 institutos de países de todas as regiões do mundo. Há mais de 18 mil normas da ISO para as três dimensões da sustentabilidade (ambiental, social e econômica), publicadas a partir de padrões internacionais. O Brasil está representado na ISO pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que também é membro fundador dessa organização internacional.

A série ISO relacionada com a gestão ambiental é a ISO 14.000, que pode ser implantada em qualquer tipo de organização, tanto privada quanto pública, de empresas à administração pública. As normas relacionadas com o sistema de gestão ambiental incluem os requisitos com orientações para uso (ISO 14.001:2015; ABNT NBR ISO 14.001:2015), com diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio para implementação (ISO 14.004:2016; NBR ISO 14.004:2005), incluindo o uso da avaliação do desempenho ambiental (ISO 14.005:2010) e indicações para a incorporação do ecodesign (ISO 14.006:2011). A única norma certificável da série ISO 14.000 é a ISO 14.001:2015/NBR ISO 14.001:2015, a qual é apresentada, no item a seguir deste capítulo, com mais detalhes.

- p0150 As normas de auditoria indicam os procedimentos para a avaliação ambiental de locais e organizações (ISO 14.015:2001; NBR ISO 14.015:2003) e para auditoria dos sistemas de gestão ambiental integrados ao sistema da gestão da qualidade (ISO 19.011:2011; NBR ISO 19.011:2012).
- p0155 As normas referentes a rótulos e declarações ambientais se relacionam com os princípios gerais (ISO 14.020:2000; NBR ISO 14.020:2002) e os procedimentos e requisitos. Isso pode ocorrer a partir de uma autodeclaração ambiental, considerada a rotulagem do tipo II (ISO 14.021:2016; NBR ISO 14021:2017), ou de um programa de rotulagem tipo I (ISO 14.024:1999; NBR ISO 14.024:2004). Este último é um programa de terceira parte, de caráter voluntário, que concede uma licença de uso de rótulos ambientais em produtos ambientalmente preferíveis, com base no seu ciclo de vida. A rotulagem de tipo III (ISO 14.025:2006), por sua vez, é baseada em uma avaliação do ciclo de vida do produto e verificada por terceira parte independente.
- p0160 A norma de avaliação do desempenho ambiental (ISO 14.031:2013; NBR ISO 14.031:2015) pode ser aplicada dentro da organização, com indicadores operacionais e gerenciais e, além disso, considerar as características ambientais do local onde a atividade é realizada por meio de indicadores de condição ambiental. Vale destacar a importância destes últimos indicadores por considerarem a localização da atividade.
- p0165 As normas relacionadas com a avaliação do ciclo de vida indicam seus princípios e estrutura metodológica (ISO 14.040:2006; NBR ISO 14.040:2009), os requisitos e orientações (ISO 14.044:2006; NBR ISO 14.044:2009), alguns exemplos (ISO/TR 14.047:2012 e ISO/TR 14.049:2012) e formatação requerida para a documentação dos dados (ISO/TS 14.048:2002). Essa técnica será mais explorada no item relacionado com as aplicações da gestão ambiental no ciclo de vida do produto.
- p0170 As normas referentes aos gases de aquecimento global se relacionam as especificações com guia para a quantificação, monitoramento, validação, verificação e relatório das emissões e sequestros de carbono (ISO 14.064:2006; NBR ISO 14.064:2007, partes 1, 2 e 3), além dos requisitos da validação e verificação (ISO 14.065:2013) e das equipes (ISO 14.066:2011).
- p0175 Além dessas normas, as quais estão relacionadas com os subcomitês específicos da área de gestão ambiental da ISO, há outras normas, relatórios técnicos e guias informativos. Entre eles, há a norma de comunicação ambiental (ISO 14.063:2006; NBR ISO 14.063:2009), a qual pode ser usada para subsidiar o desenvolvimento de relatórios ambientais, pois apresenta diretrizes e exemplos.
- p0180 A integração dos aspectos ambientais no processo de desenvolvimento de produto é indicada por um relatório técnico (ISO/TR 14.062:2002; ABNT ISO/TR 14.062:2004) e nos padrões do produto por um guia (ISO *Guide* 64:2008; ABNT ISO GUIA 64:2010). Esse tema será mais explorado no item relacionado com as aplicações da gestão ambiental no ciclo de vida do produto.
- p0185 A contabilidade dos custos do fluxo de material é dada pela ISO 14.051:2011 e os termos e definições, ou seja, o vocabulário, pela ISO 14.050:2009/NBR ISO 14.050:2012.
- p0190 A série ISO 14.000 foi desenvolvida para ser implementada de acordo com o ciclo *Plan, Do, Check, Act* (PDCA). Uma norma que busca organizar um sistema de gestão baseado neste ciclo, em busca da melhoria contínua, é a ISO 14.001.

st0025 30.3.1 Sistema de Gestão Ambiental – ISO 14.001

- p0195 Um sistema de gestão ambiental (SGA) mundialmente conhecido é o da ISO. Segundo a ISO (2018), a ISO 14001 está implementada em 300 mil organizações espalhadas por 171 países.
- p0200 De acordo com a ABNT (2015), um SGA é *“parte do sistema de gestão usado para gerenciar aspectos ambientais, cumprir requisitos legais e outros requisitos, e abordar riscos e oportunidade”* (página 2). Sendo assim, um sistema de gestão é *“um conjunto de elementos inter-relacionados ou interativo de uma organização, para estabelecer política, objetivos e processos para alcançar esses objetivos”* (página 1).
- p0205 Para efeito de certificação, a organização deve estabelecer, documentar, implementar, manter e continuamente melhorar um SGA em conformidade com os requisitos descritos nas cláusulas 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10.
- p0210 Na cláusula 4, a norma determina a necessidade de delimitar o contexto em que a organização está inserida. Além disso, identificar e considerar as necessidades e expectativas das partes interessadas e determinar o escopo do sistema de gestão ambiental.
- p0215 A cláusula 5 estabelece que a alta direção deve liderar e comprometer-se com a implementação e manutenção do sistema de gestão. A organização deve determinar sua política ambiental, determinar os papéis, responsabilidades e autoridades organizacionais competente a cada colaborador.

p0220 A cláusula 6 é referente à etapa de planejamento do SGA. Neste momento, a organização deve identificar todos os riscos e oportunidades envolvidos com o sistema de gestão, identificar os aspectos ambientais (elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização, que interage ou pode interagir com o meio ambiente), levantar os requisitos legais e outros requisitos que a organização considerar conveniente, além de definir os objetivos ambientais e planejar ações para alcançá-los.

p0225 Na cláusula 7, a norma estabelece que a organização deve determinar e prover recursos necessários para o estabelecimento, implementação, manutenção e melhoria contínua do sistema de gestão ambiental. Para isso, a organização deve determinar quais são as competências necessárias dos colaboradores que realizam trabalho sob seu controle ou terceiros, conscientiza-los da importância do sistema de gestão ambiental e de seu trabalho e comunicar internamente e externamente informações pertinentes para o sistema de gestão ambiental entre as diversas partes interessadas.

p0230 A cláusula 7 refere-se à necessidade de a organização possuir informação documentada, determinada pela organização como sendo necessária para a eficácia do sistema de gestão ambiental. Para isso, a organização deve criar, atualizar e controlar as informações que serão documentadas.

p0235 Na cláusula 8, a norma estabelece requisitos referente ao planejamento e controle operacional e preparação e resposta a emergência. A cláusula 9 refere-se à avaliação de desempenho, neste caso, a organização deve monitorar, medir, analisar e avaliar seu desempenho ambiental, através de auditorias internas e análise crítica pela direção. A cláusula 10 estabelece a necessidade de realização de melhorias através da identificação de não conformidade e ação corretiva para garantir a melhoria contínua.

p0240 O SGA pode ser implantado dentro do sistema de gestão integrado da empresa, em conjunto com o sistema de gestão da qualidade (SGQ), por meio da ABNT ISO 9.001, e o sistema de gestão de saúde e segurança do trabalho, por meio da ISO 45001:2018 ou OHSAS 18.001. Além disso, os aspectos de responsabilidade social estão sendo trazidos pela ISO 26.000 e o sistema de gestão da responsabilidade social, pela NBR 16.001.

p0245 Essa integração ratifica que a gestão ambiental empresarial não pode ser realizada de modo separado às demais áreas, processos ou sistemas de gestão da empresa. Ao analisar a correspondente norma do SGA relacionada com a qualidade, o sistema de gestão da qualidade já indica as áreas de aplicação da qualidade, como na produção, no desenvolvimento de produto, entre outros. Portanto, as normas do SGA precisam, também, incorporar esta visão integrada, o que já se iniciou com a ISO 14.006, lançada em 2011, que indica as diretrizes para a implementação do SGA incluindo o ecodesign.

p0250 O certificado é emitido com a aprovação da auditoria externa pelo organismo de certificação credenciado e é mantido com auditorias periódicas. A certificação ISO 14.001 não é referente à empresa, ao produto ou ao processo de produção, mas sim ao sistema de gestão ambiental implantado de acordo com a NBR ISO 14.001. Sendo assim, é uma certificação de conformidade, não de desempenho, pois não há uma meta de desempenho a ser atingida estabelecida pela norma. Para conseguir a certificação, a empresa precisa estar em conformidade com os requisitos da norma e atingir os objetivos e metas estabelecidos pela própria organização. Portanto, a certificação pode não garantir um bom desempenho ambiental da organização se os objetivos e metas ambientais não forem baseados nos aspectos e impactos ambientais mais relevantes da organização.

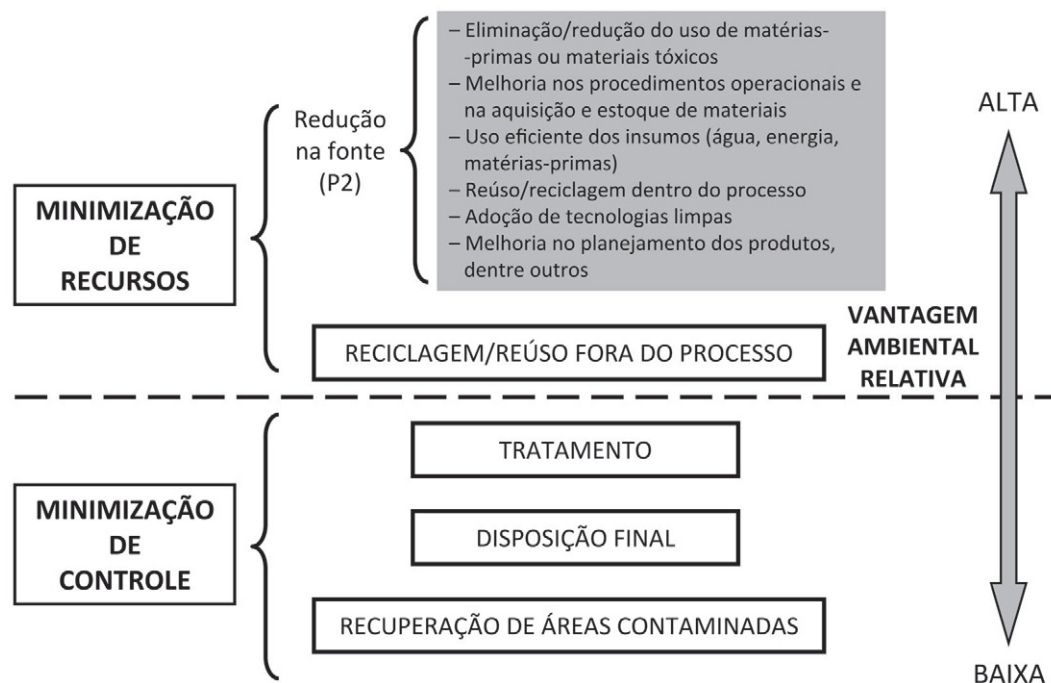
p0255 Contudo, o SGA auxilia a organização em relação à gestão de seus aspectos ambientais, padronizando as atividades, indicando responsabilidades e incorporando a filosofia de melhoria contínua em relação aos seus processos e produtos a fim de reduzir os aspectos e impactos ambientais.

st0030 **30.4 PRODUÇÃO MAIS LIMPA**

p0260 A norma ISO 14.001 para o SGA, como visto, estabelece as orientações gerais e os requisitos para a implementação de um SGA. Contudo, não apresenta um procedimento mais detalhado para as soluções dos aspectos ambientais significativos identificados.

p0265 Dessa forma, programas que buscam indicar procedimentos para tais soluções são complementares ao SGA. O ideal é não gerar os aspectos ambientais para não precisar ter que gerenciá-los e tratá-los depois. É nesse contexto que surge um modelo de gerenciamento ambiental que visa a priorizar as ações de redução na fonte dentro do contexto da minimização dos aspectos ambientais (Figura 30.3).

p0270 Os benefícios da redução na fonte podem ser (Usepa, 2001): redução de custos operacionais (no consumo de água, no consumo de energia, no consumo de insumos auxiliares, no tratamento e disposição de resíduos) e com a conformidade legal; melhoria das condições de trabalho (redução dos riscos de acidentes, aumento da satisfação e conforto do trabalhador, redução de substâncias tóxicas no ambiente



f0020

FIGURA 30.3 Hierarquia de gerenciamento ambiental de resíduos. Fonte: Cetesb (2004).

de trabalho); aumento de produtividade (uso eficiente de matérias-primas, otimização do processo produtivo, melhores práticas operacionais); melhoria da qualidade ambiental do processo baseada na melhoria contínua; conservação de recursos e melhoria da imagem institucional da empresa perante o seu público de interesse, entre outros.

A Minnesota Mining and Manufacturing (3M) lançou, em 1975, o programa denominado Pollution Prevention Pays (3P). Em seus primeiros anos de existência, o programa 3P envolveu mais de 2.500 mudanças de processos, levou a uma economia de mais de US\$500 milhões, além de outros US\$650 milhões resultantes da economia de energia (Leighton, 1992 citado por Callembach et al., 1993). A economia gerada por esse programa pioneiro foi de US\$46.200.000 em 2003 (3M, 2004).

É nesse contexto que surgem estratégias de produção que buscam a redução na fonte e a prevenção à poluição, como a Produção Mais Limpa (P + L) e a Produção Limpa. Embora existam algumas diferenças entre esses termos, principalmente quanto ao escopo e à aplicação, em termos gerais trata-se, notadamente, de estratégias proativas voltadas, predominantemente, aos processos produtivos e cujo objetivo comum é reduzir a geração de poluentes na fonte geradora, promovendo o uso racional dos recursos naturais e evitando as abordagens tradicionais de fim de tubo: tratamento e disposição de resíduos. No Brasil, esses termos são empregados com intuítos semelhantes, sendo “P + L” o termo mais difundido.

O Programa de Produção Mais Limpa foi lançado pela *United Nations Environmental Program* (Unep), ou Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), em 1989, e, segundo Unep (2001), refere-se à aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva, integrada e aplicada a processos, produtos e serviços. Incorpora o uso mais eficiente dos recursos naturais e, conseqüentemente, minimiza a geração de resíduos e poluição, bem como os riscos à saúde humana e ao meio ambiente. Para processos produtivos, a P + L inclui a conservação de matérias-primas e energia, buscando a eliminação do uso de materiais tóxicos e da quantidade e toxicidade de todas as possíveis emissões e resíduos. Para produtos, a P + L inclui a redução dos efeitos negativos do produto ao longo de seu ciclo de vida, desde a extração das matérias-primas até a disposição final do produto. Para serviços, a P + L incorpora questões ambientais no planejamento e execução de serviços.

Segundo Unep (2004), o processo de implementação de um programa de P + L em uma empresa segue os seguintes passos (Figura 30.4).

O **planejamento e organização** envolve o comprometimento da gerência e dos colaboradores, a identificação das barreiras e respectivas soluções para a implementação do programa, a determinação das metas e a organização do grupo de trabalho (“ecotime”). Como uma meta para a Produção Mais Limpa

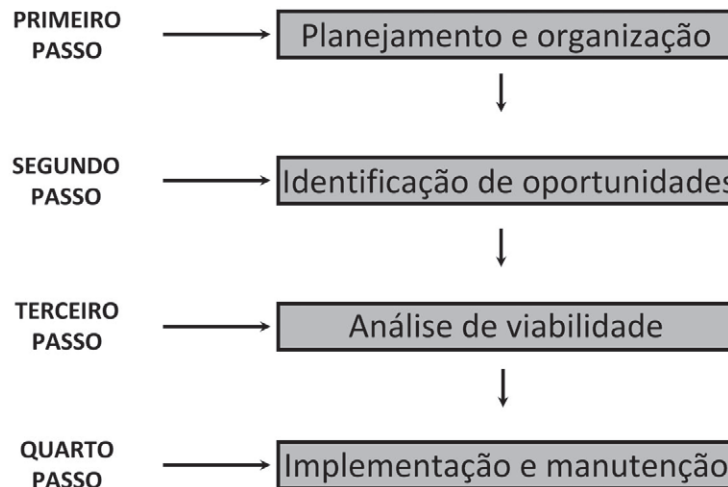


FIGURA 30.4 Passos para a implementação da P + L. Fonte: UNEP (2004).

e forma de medir os ganhos de sua implantação, surgiu, durante a década de 1990, inserido no contexto das estratégias proativas de gerenciamento ambiental, o conceito de ecoeficiência.

A **ecoeficiência** foi introduzida em 1992 pelo *World Business Council for Sustainable Development*, para o qual a ecoeficiência “(...) é alcançada mediante o fornecimento de bens e serviços a preços competitivos que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida, ao mesmo tempo em que reduzem progressivamente o impacto ambiental e o consumo de recursos ao longo do ciclo de vida, em um nível, no mínimo, equivalente à capacidade de sustentação estimada da Terra” (CEBDS, 2009a). São elementos da ecoeficiência (CEBDS, 2009a): redução do consumo de materiais, energia, substâncias tóxicas; reciclagem de materiais; uso sustentável de recursos renováveis; prolongamento da durabilidade dos produtos; agregação de valor aos bens e serviços.

Segundo Wenzel & Alting (2004), a ecoeficiência é uma métrica para quantificar e expressar o atendimento das demandas humanas, que ocorrem através dos subsistemas existentes (os sistemas de manufatura, por exemplo) em função do impacto ambiental gerado pelo mesmo subsistema ao atender tal demanda. Essa métrica é dada pelo quociente entre o que se obtém como produto de um processo ou produto em relação à soma dos insumos e impactos ambientais gerados para sua obtenção.

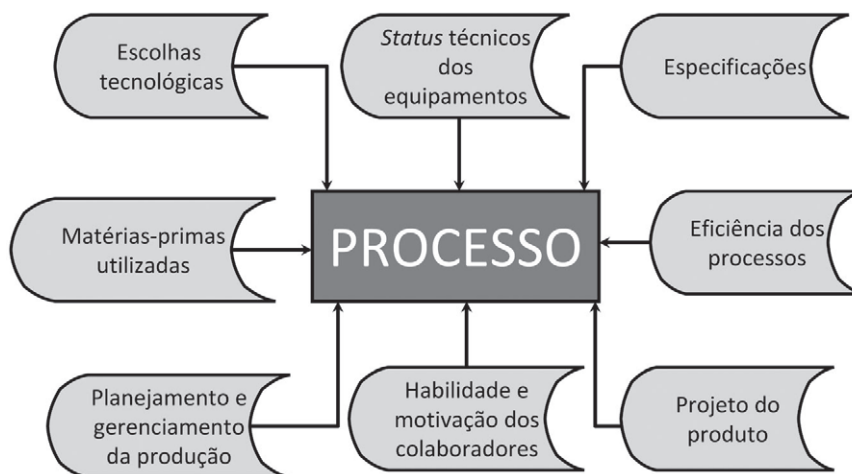
$$\text{Ecoeficiência} = \frac{\text{produto}}{\text{insumos} + \text{impactos ambientais}}$$

Fonte: Wenzel & Alting (2004).

A **etapa de identificação de oportunidades** é composta pela análise do processo e identificação das fontes geradoras, pela análise das causas e, por fim, pela geração de oportunidades de P + L. Nessa fase, é feita a identificação (qualitativa e quantitativa) das fontes geradoras de resíduos, são analisadas as possíveis causas da geração de resíduos durante o processo produtivo e as possíveis soluções a serem adotadas. Para a identificação das fontes geradoras, as principais técnicas utilizadas são os fluxogramas dos processos e seus balanços de massa e energia. Estes indicam a medida da eficiência com que insumos e matérias-primas são convertidos em produtos. A Figura 30.5 ilustra as possíveis causas da geração de aspectos ambientais durante um processo produtivo.

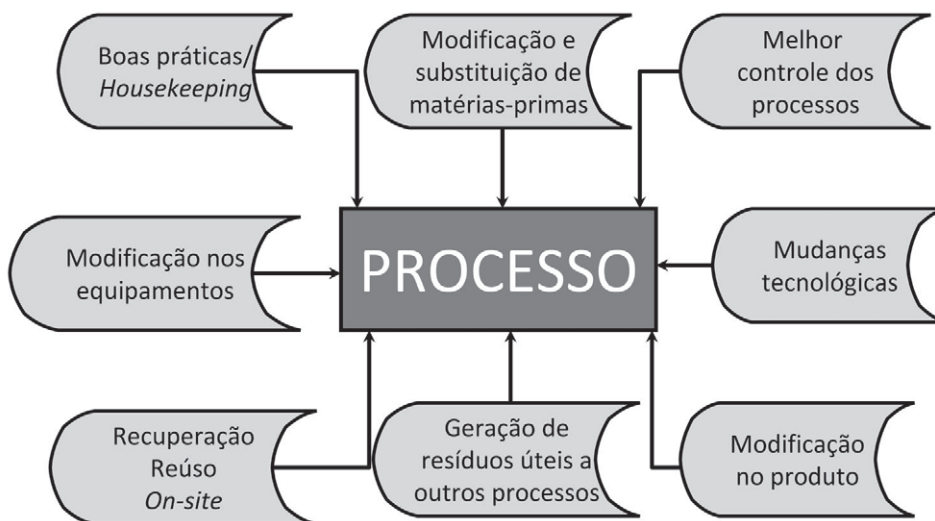
As principais práticas de P + L utilizadas estão mostradas na Figura 30.6 e comentadas a seguir.

- **Boas práticas de housekeeping.** Trata-se de uma abordagem da escola da qualidade, que tem por objetivo manter a organização em ordem, com medidas como o melhor aproveitamento do espaço, eliminação das causas dos acidentes, entre outros. Envolve mudanças organizacionais de baixo custo e rápido retorno, geralmente relacionadas com a padronização de procedimentos e operações, além da mudança cultural dos funcionários. Pode ser aplicada por meio da metodologia 5S (Classificação, Ordem, Limpeza, Padronização e Manutenção), a qual pode proporcionar maior produtividade, segurança, motivação dos funcionários, entre outros.



f0030

FIGURA 30.5 Possíveis causas da geração de aspectos ambientais. Fonte: Adaptado de Unep (2004).



f0035

FIGURA 30.6 Práticas utilizadas para a geração de opções de P + L. Fonte: Adaptado de UNEP (2004).

- u0025 • **Modificação/substituição de matérias-primas.** As substituições podem ser por materiais menos tóxicos, renováveis, recicláveis e reciclados, com maior ciclo de vida e que gerem menor impacto ambiental.
- u0030 • **Melhor controle do processo de produção.** Revisar parâmetros do processo; atualizar instruções operacionais, como de utilização das máquinas; melhorar os procedimentos de trabalho; realizar manutenção preventiva e preditiva; monitorar e controlar melhor o processo de produção. Esse monitoramento dos dados do processo busca a melhoria da eficiência e a redução das perdas e aspectos ambientais.
- u0035 • **Modificação de equipamentos.** A atualização dos equipamentos, a remanufatura ou a substituição destes na busca da otimização do processo; redução da geração de perdas, resíduos, efluentes e emissões.
- u0040 • **Mudanças tecnológicas.** Utilização de tecnologias mais limpas no processo e/ou no produto; mudança no fluxograma do processo de produção para reduzir perdas e desperdícios e otimização de layout; além de mudanças operacionais no processo de produção.
- u0045 • **Recuperação/reúso.** Realizar a reutilização das perdas geradas no próprio processo ou para outras aplicações na companhia.
- u0050 • **Geração de resíduos úteis a outros processos.** Considerar a possibilidade de transformar resíduos em matérias-primas úteis a serem utilizadas em outras empresas. Na ecologia industrial, isso se denomina simbiose industrial e pode ser planejado nos distritos industriais, transformando-os em ecoparques industriais.

u0055

- **Modificação do produto.** Modificar as características do produto para minimizar os seus impactos durante o ciclo de vida, desde a extração e beneficiamento da matéria-prima, a produção, o uso, a reciclagem, reuso ou remanufatura, até a disposição final. Isso é conhecido como projeto para o ambiente ou ecodesign e será visto no próximo item deste capítulo.

b0010

CASOS DE P + L

p0370

Empresa: Robert Bosch Ltda.

p0375

A atividade principal da empresa é a fabricação de material elétrico para veículos, aparelhos e ferramentas elétricas. A iminência da expiração da vida útil dos equipamentos de abastecimento de ar comprimido com compressores e secadores de ar e o alto custo para sua reforma justificaram a busca de alternativas para sua substituição. Foi realizada aquisição de equipamentos mais modernos, com foco na redução do consumo de energia elétrica e com sistema de secagem do ar isento de gases refrigerantes. Um sistema de supervisão automático foi implantado, com melhor escalonamento dos equipamentos em função da demanda e garantindo, além da redução de energia, a maior uniformidade da pressão oferecida, com variação de apenas 0,15 bar. Com isso, a empresa obteve redução de 9,23% de consumo de energia por hora: 0,008 kWh/m³, aumento da oferta de 16% do volume de ar produzido para a fábrica, aumento na qualidade da pressão e do ar comprimido, eliminação dos serviços de compras de gás refrigerante, eliminação da manutenção do sistema de secadores, redução de manutenções em geral e eliminação de 900 kg de gás refrigerante R22. As ações futuras da empresa visam à integração do gerenciador do processo com o sistema central de gerenciamento de dados da empresa, possibilitando monitoramento e controle à distância dos dados gerados pelo sistema.

Empresa: Usina São José da Estiva S/A

p0380

p0385

Os principais produtos da empresa são açúcar e álcool, com produção média de 3,2 milhões de toneladas de cana-de-açúcar. Usinas de açúcar e álcool são empresas que utilizam quantidades significativas de água em seus processos, sendo a operação de lavagem de cana uma das maiores. Desde a safra 2008/2009, a Usina São José da Estiva utiliza o sistema de limpeza da cana a seco, com ar ao invés da água. Dois ventiladores de 250 m³/h são fixados na esteira, lançando toda a palha e terra que chega com a cana das lavouras. A palha é jogada em outra esteira e segue para a queima na caldeira, para a produção de energia. A terra, depositada no chão, é lavada e esse efluente não é totalmente descartado, pois essa água passa por um sistema fechado, obtendo redução expressiva no consumo. De acordo com o balanço hídrico da Usina Estiva, para lavar 630 toneladas de cana, era necessário captar 50 mil litros de água por hora para compensar as perdas por evaporação, drenagem e arraste desta água no sistema, que circula em circuito fechado. Com a limpeza da cana a seco, baixou-se esta captação para 10 mil litros de água por hora, o que significa quase um milhão de litros de água por dia, com uma redução de 80% na captação de água para este circuito.

Fonte: Cetesb (2012).

p0390

A **análise de viabilidade** é formada por uma série de verificações, desde uma preliminar até as análises técnica, econômica e ambiental, para que as opções mais viáveis em todos esses critérios sejam selecionadas.

p0395

A **implementação** ocorre com a preparação do plano de implementação das ações escolhidas como viáveis de P + L e é seguida pela instalação destas. As técnicas de prevenção à poluição, aqui vistas como de P + L, podem ser utilizadas em conjunto e aplicadas em muitos estágios do processo industrial.

p0400

A **manutenção** ocorre com o monitoramento dos aspectos ambientais mais relevantes por meio de indicadores de desempenho ambiental antes e depois da implementação e com a verificação destes resultados com os objetivos e metas propostas. Além disso, o programa se mantém baseado no ciclo PDCA, reiniciando-se na busca da melhoria contínua.

p0405

Como indicado, a P + L pode ser utilizada de forma complementar ao SGA, embora sejam procedimentos independentes. Por fim, cabe ressaltar que, embora a P + L aborde de forma pioneira o conceito do ciclo de vida, o que se verifica, frente ao seu emprego, é que se trata de uma estratégia de gerenciamento ambiental voltada, prioritariamente, ao processo de produção. A P + L, no entanto, representa a transição para aquelas estratégias voltadas ao ciclo de vida dos produtos.

st0035

30.5 GESTÃO DO CICLO DE VIDA

p0410

A gestão do ciclo de vida é, atualmente, o modelo mais sistêmico de buscar a melhoria ambiental relacionado com a produção e o consumo de produtos.

p0415

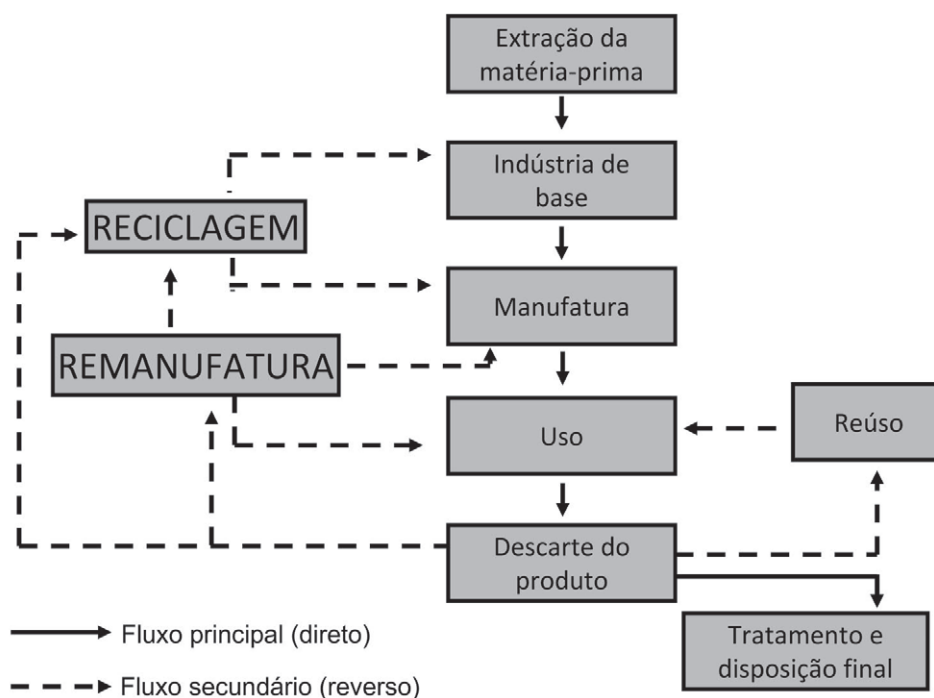
Do ponto de vista ambiental, abordagens ao ciclo de vida de produtos justificam-se pela natureza da relação entre produtos e impactos ambientais. Embora os produtos (bens e serviços) guardem estreita relação com a qualidade de vida de que usufruímos, as crescentes taxas com que são produzidos e consumidos estão nas origens da maior parte da poluição e esgotamento dos recursos naturais causados pela humanidade (Comissão das Comunidades Europeias, 2001).

p0420

Uma vez que o impacto ambiental de um produto é determinado pela soma dos impactos ambientais observados ao longo das fases de seu ciclo de vida (Baumann et al., 2002; Nielsen & Wenzel, 2002), somente considerando o ciclo de vida dos produtos pode-se caminhar em direção à conciliação entre qualidade de vida e preservação ambiental, elementos essenciais ao desenvolvimento sustentável. Isso é

ratificado por Unep (2008), que considerou que o desenvolvimento sustentável pode ser promovido a partir de três estratégias:

- o0010 i) **Desmaterialização.** Enfoca a necessidade e a funcionalidade, ao invés do bem físico em si.
- o0015 ii) **II0 Gestão do ciclo de vida.** É um sistema de gestão que integra práticas e conceitos sustentáveis e repassa as informações relevantes às partes interessadas para a tomada de decisão ser em prol do menor impacto ambiental do produto em todas as fases do ciclo de vida (Figura 30.7).
- o0020 iii) **Sistema produto-serviço.** Consiste no desenvolvimento de uma mistura comerciável de bens e serviços que, em conjunto, são capazes de atender às necessidades do cliente, com menor impacto ambiental.



f0040 **FIGURA 30.7** Ciclo de vida de um produto segundo o fluxo de materiais. Fonte: Adaptado de Guelere Filho et al. (2009).

p0440 A Figura 30.7 mostra um esquema do ciclo de vida de um produto sob a ótica do fluxo de materiais (direto e reverso), com algumas alternativas complementares para o fim de vida do produto (reúso, remanufatura e reciclagem). Na gestão ambiental baseada no ciclo de vida do produto, são fundamentais as definições de soluções para o fim de vida ambientalmente correto do produto. A remanufatura, em muitos casos, pode ser vista como uma boa opção de fechamento do ciclo de vida dos produtos, pois se trata de um processo no qual produtos usados são restaurados à condição de novos, possuindo a mesma função, garantia e qualidade fornecidas pelo fabricante original. As partes as quais não é possível reutilizar ou remanufaturar podem seguir para a reciclagem.

p0445 Esta gestão após o uso do produto pode promover o retorno dos materiais e produtos e o desenvolvimento de serviços, fechando-se o ciclo de vida do produto e trazendo oportunidades de novas formas de negócios, como o *Product Service System* – PSS, um sistema que integra o bem físico com o serviço, buscando, no limite, a desmaterialização do produto. Portanto, a gestão do ciclo de vida pode incorporar as outras duas estratégias citadas anteriormente por Unep (2008) por ser baseada em métodos criativos e integrados que permitem, à organização, a melhoria contínua do ciclo de vida de seu bem e/ou serviço.

p0450 A gestão do ciclo de vida (GCV), ou *life cycle management* (LCM), é um sistema de gestão do produto que visa à integração do conceito de ciclo de vida para minimizar as cargas econômicas, sociais e ambientais associadas ao produto durante todo seu ciclo de vida (Unep, 2007). O objetivo da GCV é auxiliar a empresa na tentativa de integrar políticas referentes ao produto e ajudar a organização a

alcançar metas referentes a melhorias de seus processos e produtos, aprimorando o relacionamento com os grupos interessados.

p0455

A gestão do ciclo de vida, segundo a Unep (2006), é a aplicação do pensamento do ciclo de vida a práticas empresariais, com o objetivo de gerir sistematicamente o ciclo de vida dos bens e serviços de uma organização. Também é definida como a gestão sistemática de ciclos da vida de produtos e materiais para promover padrões de produção e consumo que sejam mais sustentáveis do que os que temos atualmente. De forma geral, pode ser vista como uma estrutura de gestão flexível e integrada de conceitos, técnicas e procedimentos para abordar os aspectos ambiental, econômico e social de produtos, procedimentos e organizações.

p0460

A GCV inclui estratégias e conceitos, sistemas e processos, programas, ferramentas e técnicas (ou práticas), além de dados informativos e modelos (Figura 30.8). Dentro das **estratégias e conceitos**, há a sustentabilidade e a ecologia industrial; **como sistemas e processos**, há o sistema de gestão integrado e o processo de retorno do produto; como **programas**, há o ecodesign; como **ferramentas e técnicas**, há softwares e a avaliação do ciclo de vida; e como **dados informativos e modelos**, há os bancos de dados dos inventários do ciclo de vida e os modelos de avaliação de impactos ambientais (Unep, 2006). Vale



f0045

FIGURA 30.8 Gestão do Ciclo de Vida. Fonte: Unep (2006).

destacar que a ecologia industrial, que busca adequar o funcionamento dos sistemas antrópicos ao sistema natural e equilibrá-los, é uma área que muito contribui para a gestão do ciclo de vida.

p0465

Com uma visão integrada de todos os impactos ambientais, sociais e econômicos associados ao sistema de produto (ciclo de vida do produto) e com o objetivo de obter produtos sustentáveis, a gestão do ciclo de vida do produto amplia a gestão focada apenas no processo produtivo. Uma aplicação da gestão do ciclo de vida pode ser realizada na gestão da cadeia de suprimentos, na qual o critério ambiental deve ser incorporado para a seleção de fornecedores. Desse modo, surge a *green supply chain*, que busca a qualidade ambiental de toda a cadeia de suprimentos, considerando, também, sua logística reversa.

p0470

Nessa visão de adequação ambiental de toda cadeia produtiva, Harland (1999) sugeriu o conceito de *value creating network*, como uma cooperação produtiva ao longo de uma cadeia de adição de valor (*value added chain*). Trata-se da obtenção de um valor pautado em uma nova ordem econômica de produção e consumo sustentáveis, incorporando tecnologia, gestão, estrutura e incentivos para o ciclo de materiais, ou seja, uma economia cíclica ou economia de ciclo (Bermejo, 2011). Essa nova ordem econômica já está sendo colocada em prática por meio da economia circular. As empresas que desenvolvem e aplicam a

gestão do ciclo de vida são as que mais apresentam oportunidades para obter a adição de valor ambiental em seus produtos.

st0040 30.5.1 Ecodesign

p0475 A gestão do ciclo de vida de produtos para a sustentabilidade requer a adequação das principais áreas ou processos de negócios da empresa, de modo a incluir as dimensões ambiental e social. Os processos de negócios da empresa já devem considerar a visão do ciclo de vida e a sustentabilidade, o que se inicia no processo de planejamento estratégico e no desenvolvimento de produtos. A inclusão da área ambiental neste processo pode ser realizada por meio do ecodesign ou *Design for Environment – DfE* (Projeto para o Ambiente), a fim de eliminar ou reduzir os impactos ambientais negativos durante o ciclo de vida do produto.

p0480 Nas fases iniciais do projeto do produto, são definidos de 60% a 80% dos impactos potenciais causados no ciclo de vida de um produto (Graedel & Allenby, 1995). Além dos aspectos ambientais, os financeiros, relacionados com 85% do custo final do produto, são prioritariamente determinados nas fases iniciais do processo de desenvolvimento do produto (Fabrycky, 1987 citado por Sroufe et al., 2000).

p0485 Nesse contexto, várias abordagens têm sido desenvolvidas para subsidiar as empresas na adoção de práticas de gestão ambiental integradas ao processo de desenvolvimento de produto, principalmente por meio do *Ecodesign* (Maxwell & Van Der Vorst, 2003). Ecodesign, ou DfE, é um modelo de projeto orientado por um exame sistemático, durante o processo de desenvolvimento de novos produtos (ou mesmo de remodelar o design de produtos existentes), dos aspectos dos projetos relacionados com a proteção ambiental e à saúde humana que perfazem todas as fases do ciclo de vida do produto. Também é definido como uma estratégia de projeto que busca a redução dos impactos ambientais do ciclo de vida do produto (Fiksel & Wapman, 1994 e ECO2-IRN, 1995).

p0490 O ecodesign trata da introdução sistemática de requisitos ambientais ao processo de desenvolvimento de produtos (PDP), principalmente em suas fases iniciais, podendo ser visto como uma abordagem de PDP que se alinha ao conceito do desenvolvimento sustentável. Isso se dá por meio de uma estratégia proativa de gestão ambiental de empresas, a qual integra as funções de gestão ambiental e desenvolvimento de produtos em uma visão holística sobre os impactos ambientais causados ao longo do ciclo de vida de um produto (Byggeth & Hochschorner, 2006; Giudice et al., 2006; Luttrupp & Lagerstedt, 2006; Guelere Filho & Pigosso, 2008). Vale ressaltar que a adoção do ecodesign deve ser feita sem comprometer critérios essenciais ao sucesso comercial dos produtos, tais como: desempenho, funcionalidade, segurança, estética, qualidade, tempo de desenvolvimento (*time to market*) e custo (Hauschild et al., 2004).

p0495 A integração das questões ambientais no desenvolvimento de produtos permite considerar todos os estágios do ciclo de vida do produto de modo a garantir que os impactos ambientais mais significativos sejam identificados e reduzidos durante este processo. Para isso, técnicas e ferramentas de ecodesign podem “*ajudar no desenvolvimento de sistemas de medida, análise do desempenho ambiental, tomada de decisão, promoção de criatividade e na integração com negócios e fatores econômicos*”, de acordo com a ABNT NBR ISO 14.062:2004. Elas podem variar desde uma matriz qualitativa de impactos do ciclo de vida ou um guia (como as 10 regras de ouro), até a avaliação do ciclo de vida do produto.

b0015 AS 10 REGRAS DE OURO DO ECODSIGN

- | | | | |
|-------|---|---|-------|
| p0606 | 1. Não utilize substâncias tóxicas e, quando necessário, utilize ciclos fechados. | 6. Promova vida longa, especialmente para produtos com impactos ambientais significantes fora da sua fase de uso. | o0050 |
| o0030 | 2. Minimize o consumo de energia e recursos na fase de produção e transporte por meio de <i>housekeeping</i> . | 7. Invista em melhores materiais, tratamentos de superfície ou arranjos estruturais para proteger o produto de sujeira, corrosão e desgaste, assegurando, dessa forma, maior vida útil ao produto. | o0055 |
| o0035 | 3. Use características estruturais e materiais de alta qualidade para minimizar o peso dos produtos desde que não haja interferência na flexibilidade, resistência a impactos ou outras prioridades funcionais. | 8. Organize atualizações, reparos e reciclagem por meio de facilidade de acesso, identificação das partes, módulos, pontos de ruptura e manuais. | o0060 |
| o0040 | 4. Minimize o consumo de energia e recursos na fase de uso, especialmente para produtos com os aspectos ambientais mais significativos nessa fase. | 9. Promova a atualização, reparo e reciclagem, usando poucos materiais, simples, reciclados e não misturados, com as ligas metálicas. | o0065 |
| o0045 | 5. Promova reparos e atualizações, especialmente para produtos dependentes de sistemas, como celulares, computadores e outros eletroeletrônicos. | 10. Use a menor quantidade possível de elementos de junção e, quando necessário, use parafusos, adesivos, soldas, parafusos de pressão, travas geométricas, de acordo com o cenário de ciclo de vida. | o0070 |

Fonte: Luttrupp & Lagerstedt (2006).

CASOS DE ECODESIGN

Empresa Philips

A empresa Holandesa Royal Philips foi fundada em 1891 e é uma das grandes referências em ecodesign da atualidade. O ponto de partida desse destaque é a clara associação entre sustentabilidade e a estratégia de negócios da empresa, a qual é expressa pela passagem: “A sustentabilidade é o centro da estratégia da Philips e estamos comprometidos a ampliá-la em todos os aspectos do nosso negócio, seja nos produtos, na fabricação, nas compras, nas comunidades em que atuamos e nas práticas de trabalho de nossos funcionários”. Pode-se notar claramente que a dimensão do ciclo de vida dos produtos é considerada na estratégia de negócios da empresa, a qual apresenta, desde 1994, um programa de ecodesign norteado por cinco critérios principais, as chamadas *Green Focal Areas*: peso do produto, uso de substâncias tóxicas, consumo de energia (eficiência energética), reciclagem e descarte final do produto e da embalagem. Em complemento, para a produção de lâmpadas, há um foco extra: tempo de vida útil. Alinhada à estratégia de negócios da empresa, uma família de produtos ou um determinado produto que segue os critérios de ecodesign recebe o logo Philips Green, o qual atesta, segundo a empresa, que o produto que o carrega possui “um desempenho ambiental significativamente melhor do que seus concorrentes ou antecessores”. Os produtos assim identificados compõem a linha de produtos verdes da empresa, os quais, em 2009, tiveram suas vendas aumentadas em 19%, representando participação de 30% na receita global da companhia contra 25% das vendas em 2008. Como exemplo, pode-se citar um aspirador de pó concebido segundo critérios de ecodesign, cuja composição é de 50% de plástico pós-consumo e de 25% de polímeros de origem vegetal renovável. Dessa forma, o produto se destaca em relação ao critério de reciclagem. Em outro caso, a empresa oferece uma solução em diagnóstico por imagem baseada em um produto remanufaturado. Neste, o cliente submete seu equipamento Philips antigo à empresa, que se encarrega de devolvê-lo a condição de novo por meio da remanufatura. Dessa forma, recursos naturais e energia deixam de ser consumidos e resíduos sólidos gerados, contribuindo também para a redução na emissão de CO₂ (Philips, 2012).

Empresa Hewlett Packard (HP)

A HP estabeleceu seu programa de DfE (*Design for Environment*) em 1992, sendo também uma das referências no assunto. Segundo a empresa, seu programa tem três prioridades: eficiência no consumo de energia – reduzir a necessidade de energia na fabricação e uso dos produtos; inovação de materiais – reduzir a quantidade de materiais usados nos produtos e desenvolver materiais que tenham um impacto ambiental menor e valor maior em seu fim de vida; e projeto para reciclagem – projetar o equipamento de modo a facilitar a atualização e/ou reciclagem (HP, 2012).

Embora alguns guias e matrizes qualitativas possam subsidiar o desenvolvimento de produto, principalmente em suas fases iniciais e quando a empresa não possui um nível elevado de maturidade ambiental, Wenzel et al. (1994) consideram que a habilidade da ACV em medir o impacto ambiental de um produto pelo seu ciclo de vida a torna a única técnica holística e eficaz para avaliar as consequências das escolhas ambientais feitas durante o desenvolvimento do produto. Dessa forma, o próximo tópico aborda essa prática.

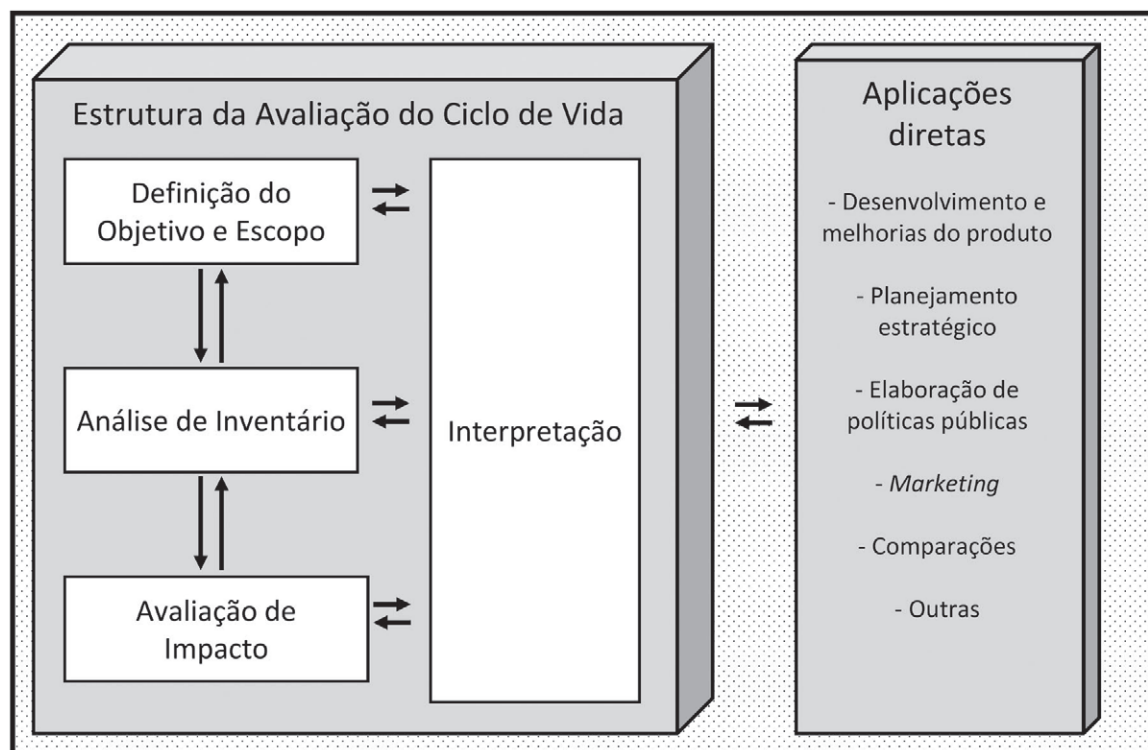
30.5.2 Avaliação do Ciclo de vida

A principal técnica para se quantificarem os impactos do ciclo de vida de um produto é a avaliação do ciclo de vida (ACV), cujas abordagens podem ser nas áreas ambientais, sociais e econômicas. Apesar de as normas de ACV da ISO (ISO 14.040 e ISO 14.044) focarem somente o componente ambiental, elas podem ser usadas para esses outros aspectos.

Udo de Haes et al. (2002) salientaram que a ACV se apresenta como a principal técnica para subsidiar, a partir da compilação de informações e de avaliações técnicas, além do desenvolvimento do produto, a gestão da produção, do pós-uso, da logística convencional e da reversa, ou seja, a gestão do ciclo de vida. A ACV é uma técnica de “*compilação e avaliação das entradas, saídas e dos impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo de seu ciclo de vida*” (ABNT, 2009).

A estrutura metodológica e as principais aplicações diretas da ACV são apresentadas na Figura 30.9 e suas fases são descritas em seguida.

- i) **Definição do objetivo e escopo.** Para a definição do objetivo, seis aspectos precisam ser indicados e documentados: aplicações pretendidas com os resultados; limitações relacionadas com o método; considerações e cobertura dos impactos; motivos para a realização do estudo e o contexto das decisões que o estudo apoiará; público alvo dos resultados; definição se será um estudo comparativo aberto ao público; definição dos participantes diretos e outros atores que influenciarão o estudo. Baseado na definição do objetivo, o escopo precisa definir claramente: os tipos de entregas; o sistema de produto que será estudado e sua(s) função(s), unidade(s) funcional(ais) e fluxo(s) de referência(s);



f0050

FIGURA 30.9 Fases e aplicações de uma ACV. Fonte: Adaptado de ABNT (2009).

as abordagens para a modelagem do inventário; fronteira do sistema, requisitos de qualidade dos dados e critérios de corte relacionados; categorias de impactos e seus respectivos métodos; requisitos especiais para comparação de sistemas; necessidade de revisão crítica e planejamento do relatório dos resultados (ABNT, 2009; *European Commission*, 2010).

00080 **ii) Análise de inventário de ciclo de vida (ICV).** Envolve o planejamento e a coleta de dados e informações; os procedimentos de cálculo; a alocação, quando necessária, e, enfim, o cálculo dos resultados do ICV (ABNT, 2009 e *European Commission*, 2010).

00085 **iii) Avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV).** Esta fase é dirigida à avaliação de potenciais impactos ambientais relacionados com a saúde humana, ao ambiente natural e ao uso de recursos, partindo dos dados de entrada e saída, que foram os resultados da análise do inventário. As etapas obrigatórias da avaliação de impacto do ciclo de vida são: seleção das categorias de impactos, indicadores de categoria e modelos de caracterização; correlação dos resultados do ICV às categorias de impacto selecionadas (classificação) e cálculo dos resultados dos indicadores de categoria (caracterização). As demais etapas da AICV são opcionais: normalização, que trata do cálculo da magnitude dos indicadores de categoria em relação a informações de referência, possibilitando a comparação entre categorias; o agrupamento, no qual as categorias de impacto são agregadas, podendo envolver hierarquização das categorias de impacto; a ponderação, na qual se busca a conversão e possível agregação dos resultados dos indicadores entre as diferentes categorias de impacto utilizando fatores numéricos baseados em escolha de valores; e análise da qualidade dos dados para melhor entendimento da confiabilidade dos resultados da AICV (ABNT, 2009 e *European Commission*, 2010).

00090 **iv) Interpretação.** Nesta fase, os resultados das etapas da análise de inventário e da avaliação de impacto são combinados com o objetivo e escopo, de forma consistente, visando a identificar questões significativas, conclusões e recomendações. As limitações do estudo são, também, indicadas nesta fase, de forma transparente, baseadas na avaliação da completeza, sensibilidade e consistência do estudo (ABNT, 2009 e *European Commission*, 2010).

p0615 Há, ainda, a elaboração do relatório e a análise crítica realizada por especialistas externos, quando necessária. Vale destacar a característica interativa da ACV entre as quatro fases apresentadas.

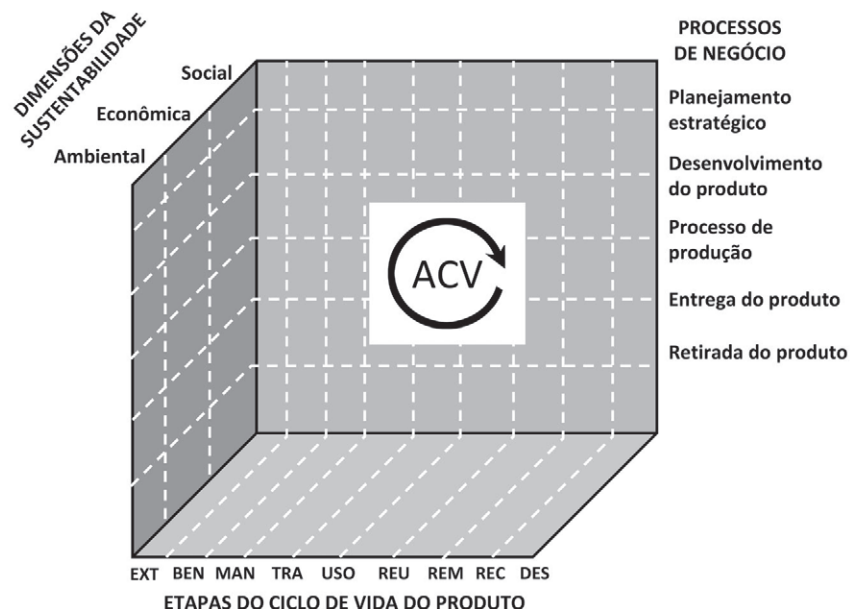
p0620 A comunicação externa do desempenho ambiental da empresa e do seu produto também é o foco da gestão do ciclo de vida e pode ser realizada por meio de relatórios de sustentabilidade, como o *Global Reporting Initiative* (GRI), rótulos ambientais, entre outros, que podem se basear na ACV.

st0050

p0625

30.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, as empresas, de forma geral, estão em busca da sustentabilidade. O projeto Visão 2050, do qual participam diversas empresas-membros do Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS), mostra que o caminho para a sustentabilidade necessita de mudanças comportamentais e inovações sociais e, ao mesmo tempo, de inovações e soluções tecnológicas por parte das empresas (CEBDS, 2009b). Contudo, a empresa necessita incorporar as questões ambientais, sociais e econômicas, com a visão do ciclo de vida, nas decisões de suas principais áreas funcionais ou de seus processos de negócios, tanto estratégicos quanto operacionais. Este é o grande desafio da gestão do ciclo de vida, sendo que a principal técnica para subsidiar tais decisões é a avaliação do ciclo de vida, de modo a integrar a visão do ciclo de vida e as dimensões da sustentabilidade nos principais processos de negócios, como ilustra a Figura 30.10.



f0055

FIGURA 30.10 Avaliação da sustentabilidade do ciclo de vida integrada aos principais processos de negócios por meio da ACV; EXT: extração da matéria-prima; BEN: beneficiamento; MAN: manufatura; TRA: transporte; USO: uso do produto; REU: reuso; REM: remanufatura; REC: reciclagem; DES: destinação final.

b0025

p0630

p0635

p0640

p0645

p0650

p0655

REVISÃO DOS CONCEITOS APRESENTADOS

Neste capítulo, foram apresentados os conceitos e as principais práticas de gestão ambiental empresarial, a qual deve ser organizada de forma integrada às principais áreas ou processos de negócios da empresa.

A evolução histórica das práticas de gestão ambiental nas empresas iniciou-se de uma postura passiva, que se limitava a diluir e dispersar os poluentes, passando para uma postura reativa, caracterizada pelas ações de fim de tubo e remediações, até atingir uma postura proativa voltada à prevenção à poluição. Esta última postura tem suas principais aplicações práticas nos processos de produção, por meio de programas como a Produção Mais Limpa e no ciclo de vida do produto, ou seja, desde a extração da matéria-prima até o retorno e disposição final do produto, por meio da gestão do ciclo de vida.

As principais normas internacionais de gestão ambiental, representadas pela série ISO 14.000 foram apresentadas neste capítulo, com foco na ISO 14.001, a qual é a parte responsável pelas etapas de desenvolvimento, implementação, execução, avaliação e manutenção da política ambiental da companhia.

A aplicação da postura proativa em processos de produção é apresentada por meio do Programa de Produção Mais Limpa, o qual é dividido nas fases de planejamento e organização, identificação de oportunidades, análise de viabilidade e implementação e manutenção.

A gestão do ciclo de vida (GCV), ou *life cycle management* (LCM), é um sistema de gestão que visa a minimizar as cargas econômicas, sociais e ambientais do ciclo de vida do produto. A aplicação da gestão do ciclo de vida é demonstrada pelo ecodesign, que busca a redução dos impactos ambientais do ciclo de vida do produto durante o processo de desenvolvimento do produto. Como principal técnica para quantificar os impactos do ciclo de vida e subsidiar ações de melhorias sistêmicas, a avaliação do ciclo de vida (ACV) é apresentada de acordo com as suas fases de desenvolvimento: definição de objetivo e escopo; análise de inventário; avaliação do impacto do ciclo de vida e interpretação.

Por fim, salienta-se a importância de a gestão ambiental estar integrada às principais áreas ou processos de negócios, tanto estratégicos quanto operacionais, buscando soluções sustentáveis para o ciclo de vida do produto.

b0030 SUGESTÕES DE LEITURA COMPLEMENTAR

- p0060 • BARBIERI, J.C. (2007) *Gestão Ambiental Empresarial: conceitos, modelos e instrumentos*. São Paulo: Saraiva, 382p.
- u0065 • Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). (2012) *Casos de sucesso em Produção e Consumo Sustentáveis/Produção mais Limpa*. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/consumosustentavel/casos-de-sucesso>>. Acesso: maio 2018.
- u0070 • ELKINGTON, J. (2012). *Sustentabilidade: Canibais com garfo e faca*. São Paulo: Makron Books, 488p.
- u0075 • GIANNETTI, B.F., ALMEIDA, C.M.V.B. (2006) *Ecologia Industrial. Conceitos, ferramentas e aplicações*. São Paulo: Edgard Blucher, 128p.
- u0080 • MANZINI, E., VEZZOLI, C.O. (2002) *Desenvolvimento de produtos sustentáveis – Os requisitos ambientais dos produtos industriais*. São Paulo: Edusp, 367p.
- u0085 • ROMM, J.J. (2004) *Empresas ecoeficientes: como as melhores empresas aumentam a produtividade e os lucros reduzindo as emissões de poluentes*. São Paulo: Signus, 300p.
- u0090 • SELIGER, G. (2007) *Sustainability in Manufacturing: recovery of resources in product and material cycles*. Berlim, Alemanha: Springer, 423p.
- u0095 • SROUFE, R., SARKIS J. (2007) *Strategic Sustainability: the state of the art in corporate environmental management systems*. Grã-Bretanha: Greenleaf Publishing, 272p.
- bi0010

Referências

- bib0010 Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). (2015) NBR ISO 14.001:2015. *Sistemas de gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso*. Rio de Janeiro: ABNT, 41p.
- bib0015 _____. (2004) ISO/TR 14.062. *Gestão ambiental – integração de aspectos ambientais no projeto e desenvolvimento do produto*. Rio de Janeiro: ABNT, 12p.
- bib0020 _____. (2009) NBR ISO 14.040. *Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura*. Rio de Janeiro: ABNT, 21p.
- bib0025 Análise Gestão Ambiental. (2012) *Análise Gestão Ambiental – Anuário 2011/2012*. Análise Editorial.
- bib0030 BAUMANN, H., BOONS, F., BRAGD, A. (2002) Mapping the green product development field: engineering, policy and business perspectives. *Journal of Cleaner Production*, v. 10, n. 5, p. 409-425.
- bib0035 BERMEJO, R. (2011) *Manual para uma economia sustentável*. Madri: Catarata, 455p.
- bib0040 BISHOP, P.L. (2010) *Pollution prevention: fundamentals and practice*. Cingapura: McGraw-Hill, 717p.
- bib0045 BRASIL. (2010) *Lei Federal no 12.305, de 2 de agosto de 2010*. Institui a *Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)*. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso: maio 2018.
- bib0050 BULCHHOLZ, R.A. (1998) *Principles environmental management: the greening of business*. Nova Jersey: Prentice-Hall, 448p.
- bib0055 BYGGETH, S., HOCHSCHORNER, E. (2006) Handling trade-offs in ecodesign tools for sustainable product development and procurement. *Journal of Cleaner Production*, v. 14, n. 15-16, p. 1420-1430.
- bib0060 CALLENBACH, E. CAPRA, F., GOLDMAN, L. (1993) *Gerenciamento ecológico: guia do Instituto Elmwood de auditoria ecológica e negócios sustentáveis*. São Paulo: Cultrix, 208p.
- bib0065 Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). (2004) *Meio ambiente: prevenção à poluição*. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/consumosustentavel/documentos/>>. Acesso: maio 2018.
- bib0070 COMISSÃO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS. (2001) *Livro verde sobre la política integrada relativa aos produtos*, Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=LEGISSUM%3A128011>>. Acesso: maio 2018.
- bib0075 Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS). (2009) *Ecoeficiência*. Disponível em: <<http://cebds.org>> Acesso: março 2018.
- bib0080 _____. *Visão 2050: A nova agenda para as empresas*. Rio de Janeiro: CEBDS, 80p.
- bib0085 ECO2-IRN. (1995) *Ecologically and Economically Sound Design and Manufacture – Interdisciplinary Research Network. Defining ecodesign workshop: Economically and Ecologically Sound Design and Manufacture*. 3rd Forum. UK: Manchester Metropolitan University.
- bib0090 EUROPEAN COMMISSION. (2010) *International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook: general guide for Life Cycle Assessment – Detailed guidance*. Joint Research Centre. Institute for Environmental and Sustainability. EUR 24708EN. Luxembourg. Publications Office of the European Union.
- bib0095 FRANKE, C. (2004) *Ciclo de vida de produtos*. Relatório técnico. Universidade Técnica de Berlin (TU Berlin) e Grupo de Adequação Ambiental em Manufatura (AMA), do Núcleo de Manufatura Avançada (NUMA). Disponível em: <<http://www.numa.org.br>>. Acesso: maio 2018.
- bib0100 FIKSEL, J., WAPMAN, K. (1994) *How to design for environment and minimize life cycle cost*. Electronics and the Environment, 1994. ISEE. Proceedings... IEEE International Symposium. DOI: 10.1109/ ISEE.;1; 1994.337290.
- bib0105 GIOTRA, K., NETESSINE, S. (2013) OM forum—business model innovation for sustainability. *Manufacturing & Service Operations Management*, v. 15, n. 4, p.537-544.
- bib0110 GIUDICE F., LA ROSA G., RISITANO A. (2006) *Product Design for the Environment: A Life Cycle Approach*. Boca Raton: CRC/Taylor & Francis, 481p.
- bib0115 GUELERE FILHO, A., PIGOSSO, D.A.C. (2008) Ecodesign: métodos e ferramentas. In: PIMENTA, H.C. D., GOUVINHAS, R.P. (organizadores). *Ferramentas de gestão ambiental: competitividade e sustentabilidade*. Natal: Cefet, 163p.
- bib0120 GUELERE FILHO, A. (2009) *Integração do Ecodesign ao Modelo Unificado para a Gestão do Processo de Desenvolvimento de Produtos: estudo de caso em uma grande empresa de linha branca*. Universidade de São Paulo – Tese de Doutorado. São Carlos, 274p.

- bib0125 GUELERE FILHO, A., PIGOSSO, D.C.A., OMETTO, A.R., ROZENFELD, H. (1995) *Remanufacturing on a framework for integrated technology and product-system lifecycle management (ITPSLM)*. In: The 1st CIRP Industrial Product-Service Systems (IPS2) Conference, Cranfield, 2009.
- bib0130 GRAEDEL, T.E., ALLENBY, B.R. *Industrial Ecology*. New Jersey: Prentice Hall, 412p.
- bib0135 HARLAND, C. (1999) Developing the Concept of Supply Strategy. *International Journal of Supply Strategy*, v. 19, n. 7, p. 650-673.
- bib0140 HAUSCHILD, M., JESWIET, J., ALTING, L. (2004) Design for the Environment – Do we get the focus right? *CIRP Annals – Manufacturing Technology*, v. 53, n. 1, p. 1-4.
- bib0145 HP (2012). http://www.hp.com/latam/br/ecosolutions/products/design-para-o-ambiente.html?jumpid=in_r602_br_pt_any_any/eco_solutions/design/20090724. Acesso em maio 2018.
- bib0150 ISO. (2018) *ISO 14000 family – Environmental management*. Disponível em: <<https://www.iso.org/iso-14001-environmental-management.html>>.
- bib0155 ISO. (2009) *Environmental management: The ISO 14000 family of International Standard*. Suíça: ISO, 12p.
- bib0160 LUTTROPP, C., LAGERSTEDT, J. (2006) EcoDesign and the ten golden rules: generic advice for merging environmental aspects into product development. *Journal of Cleaner Production*, v. 14, n. 1, p. 1-13.
- bib0165 MAXWELL, D., VAN DER WORST, R. (2003) Developing sustainable products and services. *Journal of Cleaner Production*, v. 11, p. 883-895.
- bib0170 NIELSEN, P.H., WENZEL, H. (2002) Integration of environmental aspects in product development: a stepwise procedure based on quantitative life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, v. 10, n. 3, p. 247-257.
- bib0175 PEREIRA, L.C., TOCCHETTO, M.R.L. (2004) *Sistema de gestão e proteção ambiental*. [???].
- bib0180 PHILIPS. <https://www.philips.pt/a-w/about-philips/sustentabilidade.html>. Acesso maio 2018.
- bib0185 SÁNCHEZ, L.E. (2001) *Desengenharia: o passivo ambiental na desativação de empreendimentos industriais*. São Paulo: Edusp, 254p.
- bib0190 SROUFE, R., CURKOVIC, S., MONTABON, F., MELNYK, S.A. (2000) The New product design process and design for environment: “crossing the chasm”. *International Journal of Operations and Production Management*, v. 20, n. 2, p. 267-291.
- bib0195 UDO DE HAES, H.A., FINNVEDEN, G., GOEDKOOOP, M. et al. (2002) *Life-Cycle Impact Assessment: Striving towards Best Practice*. Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), Pensacola, 272p.
- bib0200 UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). (2001) *Division of Technology Industry and Economics. Cleaner Production*. Paris, França: Unep, 32p.
- bib0210 _____. (2004) *Division of Technology Industry and Economics. Financing cleaner production. Profiting from cleaner production: resource kit for training checklists for action*. Paris, França: Unep, 46p.
- bib0215 _____. (2006) *Background report for a UNEP Guide to Life Cycle Management – A bridge to sustainable products*. Paris, França: Unep, 108p.
- bib0220 _____. (2007) *Life Cycle Management: a business guide to sustainability*. Paris, França: Unep, 52p.
- bib0225 _____. (2008) *The role of Product-Service Systems in a Sustainable Society*. Paris, França: Unep, 6p.
- bib0230 United States Environmental Protection Agency (USEPA). *Pollution preservation, 2001*. Disponível em: <<http://www.epa.gov/p2/p2policy/definitions.htm#source>>. Acesso: março 2018.
- bib0235 VAN WEENEN, J.C.V. (1995) Towards sustainable product development. *Journal of Cleaner Production*, v. 3, n. 1-2, p. 95-100.
- bib0240 WENZEL, H., ALTING, L. (2006) Architecture of environmental engineering. In: Global Conference on Sustainable Product Development and Life Cycle Engineering, 4, 2006, São Carlos. Proceedings... São Carlos: Suprema.
- bib0245 WENZEL, H., HAUSCHILD, M., JORGENSEN, J., ALTING, L. (1994) *Environmental tools in product development*. In: IEEE International Symposium on Electronics & the Environment. ISEE 1994. Proceedings., 1994 IEEE International Symposium on, vol., n., pp. 100-105, 2-4. DOI: 10.1109/ISEE.;1; 1994.337295.