

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANGÉLICA ARBIGAUS TAHO

INFLUÊNCIA DO *DESIGN FOR ENVIRONMENT* NA REDUÇÃO DA GERAÇÃO DE
RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS

CURITIBA
2015

ANGÉLICA ARBIGAUS TAHO

INFLUÊNCIA DO *DESIGN FOR ENVIRONMENT* NA REDUÇÃO DA GERAÇÃO
DE RESÍDUOS SÓLIDOS INDUSTRIAIS

Trabalho apresentado como requisito parcial à obtenção do grau de MBA em Gestão Ambiental no curso de pós-graduação em Gestão Ambiental, Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Ms. Marcos Pupo Thiesen

CURITIBA
2015

Ao meu esposo, maior incentivador do meu crescimento profissional e pessoal, acreditando sempre que a maior riqueza de um indivíduo é o conhecimento adquirido e compartilhado.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me conceder o dom mais precioso, a Vida, me permitindo concluir mais este desafio.

A minha família, em especial a minha Mãe Sonia, que apesar da distância sempre acreditou no sucesso do meu trabalho, e ao meu Pai Olavo (*in memoriam*) pela inspiração nos momentos de dúvidas.

Ao meu esposo Thiago, por me encorajar nos momentos de cansaço, por me apoiar nas horas difíceis e pelo companheirismo durante todo o tempo.

Ao Professor Ms e Orientador Marcos Thiesen, pela confiança depositada no meu desempenho e pelo apoio, proporcionando o desenvolvimento deste trabalho.

A esta universidade, em especial ao Curso de MBA em Gestão Ambiental, do Setor de Ciências Agrárias, seu corpo docente, direção e administração pela oportunidade de ampliar os horizontes de conhecimento.

*“Não são as ervas más que afogam
a boa semente, e sim a negligência
do lavrador.”*
Confúcio

RESUMO

Com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, a sociedade passou a contar com um importante instrumento norteador para minimizar os impactos ambientais atribuídos a destinação final de resíduos sólidos. De outro lado, a Lei trouxe desafios, especialmente para indústria. Sendo uma das premissas da Lei 12.305/2010 a prevenção na geração de resíduos, fica evidente a necessidade de adoção de mecanismos preventivistas, como forma de reduzir a geração de resíduos sólidos, e aumentar a reciclabilidade de materiais gerados durante o processo de fabricação e ao final do ciclo de vida dos produtos. Através de uma revisão de literatura, o trabalho visou realizar uma interface entre a Lei 12.305/2010 e a metodologia de *Design for Environment (DfE)*, como aliada na busca pela redução dos impactos ambientais atribuídos ao ciclo de vida do produto, com foco a redução de resíduos sólidos. O trabalho traz dois exemplos bem sucedidos de aplicação do DfE, descrevendo os resultados obtidos com a utilização desta metodologia durante a fase de criação do conceito de produtos. Ambas as empresas citadas aplicaram de forma semelhante as mesmas ferramentas da metodologia obtendo êxito, mesmo sendo de ramos distintos. Conclui-se que a metodologia estudada contribui para a melhoria do desempenho ambiental dos produtos ao longo do seu ciclo de vida e converge com a legislação vigente aplicável aos resíduos sólidos.

Palavras-chave: Desempenho ambiental de produtos, Resíduos Sólidos, Política Nacional de Resíduos Sólidos

ABSTRACT

With the National Policy on Solid Waste, society now has an important guiding tool to minimize the environmental impacts attributable to the disposal of solid waste. On the other hand, this Law has brought challenges, especially industrial ones. One of the premises of the Law 12.305 / 2010 is to prevent waste generation because of this the necessity to adopt many prevention mechanisms is obvious, in order to reduce the generation of solid waste and increase the recyclability of generated materials during the manufacturing process and end of the product life cycle. Through a literature review, the study will show an interface between the Law 12.305/ 2010 and the Design for Environment (DfE) methodology which acts as an ally in efforts to reduce the environmental impacts attributable to the product life cycle and it will focus on the reduction of solid waste. The work shows two successful examples of the Implementation of DfE and describes the results obtained from the use of this methodology during the process of creating the concept of products. Both these companies have implemented in a similar way the same unsuccessful tool methodology, even though they are two distinctly different branches of industry. It is concluded that the method studied helps to improve the environmental performance of products throughout their life cycle and converges with current legislation applicable to solid waste .

Key words: environmental performance of products, solid waste, National Policy on Solid Waste

LISTA DE ABREVIATURAS E/OU SIGLAS

ACV – Análise do Ciclo de Vida

AFRA - *Aircraft Fleet Recycling Association*

CNI – Confederação Nacional da Indústria

DfA – *Design for Assembly*

DfD – *Design for Disassembly*

DfE – *Design for Environment*

DfM – *Design for Manufacture*

DfS – *Design for Service*

DIPAS – Programa de Desenvolvimento Integrado do Produto Ambientalmente Sustentável

FIEAM – Federação das Indústrias do Estado do Amazonas

GEE – Gases de Efeito Estuda

ISO – *International Organization for Standardization*

ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica

OHSAS – *Occupational Health and Safety Advisory Services*

PDP – Processo de Desenvolvimento de Produtos

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

TNS – *The Natural Step*

USP – Universidade de São Paulo

SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS	11
2.1 OBJETIVO GERAL	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3 REVISÃO DE LITERATURA	12
3.1 INICIO DA PREOCUPAÇÃO AMBIENTAL PELA INDÚSTRIA	12
3.2 POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS (PNRS)	15
3.3 <i>DESIGN FOR ENVIRONMENT</i> (DfE)	19
3.3.1 Importância da equipe no DfE	24
3.3.2 Formas de Introdução do DfE	26
4 MATERIAIS E MÉTODOS	29
4.1 OBTENÇÃO DE RESULTADOS	29
5 RESULTADOS E DISCUSÕES	31
5.1 <i>DESIGN FOR ENVIRONMENT VERSUS</i> POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS	31
5.2 PROGRAMA DfE NA WHIRLPOOL	32
5.3 DfE NA EMBRAER	36
6 CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

O aumento do consumo de produtos industrializados, impulsionados pelo crescimento da população na década de 1950, aumentou a pressão sobre os recursos naturais e conseqüentemente as emissões atmosféricas; devido ao aumento das atividades industriais (INPE, 2011). Nas décadas seguintes o cenário evoluiu negativamente. Resíduos originados dos processos produtivos foram lançados no ambiente sem qualquer tratamento ou preocupação. Há então a partir da década de 1970 uma mobilização da sociedade contra a postura adotada pela indústria, promovendo uma mudança de ações por parte das empresas e um fortalecimento da legislação ambiental ao redor do mundo, que até então era quase inexistente. (JOHANSSON, 2002¹ *apud* PIGOSSO, 2008).

A relação de desequilíbrio entre o homem e o ambiente se agravou ao longo dos tempos. No entanto, a necessidade de novas estratégias de desenvolvimento surgiram, com base na cultura de sustentabilidade, que compreende a adoção de um sistema de desenvolvimento que inclui o crescimento econômico, a preservação ambiental e a melhoria das condições sociais (DEMAJOROVIC, MATURANA 2009).

Com a mudança de postura da sociedade como um todo frente ao uso dos recursos naturais, desperta-se para a necessidade de novos mecanismos de desenvolvimento, que sejam mais sustentáveis (BORGES et al., 2009).

A legislação ambiental pode ser um importante norteador a novas metodologias de produção, com foco na redução dos impactos ambientais. Por exemplo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010) descreve em seu artigo 7º seus objetivos. Em suma o artigo – tratado com maior atenção no transcorrer do trabalho – deixa explícito que a prevenção da geração de resíduos é uma das alternativas para a redução dos impactos ambientais associados aos resíduos. A inserção da visão prevencionista, inserindo a variável ambiental no processo de desenvolvimento de produtos, possibilita uma análise precoce dos impactos ambientais inerentes a produção daquele produto, sua utilização e descarte ao final da sua vida útil (CNI, 2014).

¹ JOHANSSON, G. **Sucess factor for integration of Ecodesign in product development**: A review of state of the art: In Environmental Management and Health, Vol 13, n° 1, pp 98-107

O *Design for Environment* (DfE) é uma metodologia que visa antecipar os impactos ambientais, inserindo atributos ambientais ainda na fase de desenvolvimento do projeto. A avaliação dos aspectos e impactos negativos atribuídos aos produtos ao longo da sua vida devem ocorrer ainda na fase de concepção do produto, como forma de assegurar que os efeitos ambientais deste seja considerado antes da fase de fabricação (GUERATO, 2010).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo do trabalho foi abordar por meio de revisão de literatura uma metodologia de *Design* para o ambiente (*Design for Environment*). Aplicada na fase do processo de desenvolvimento de produtos, esta metodologia resulta em uma redução da geração de resíduos ao longo do processo de manufatura e na melhoria do desempenho ambiental dos produtos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Realizar um revisão de literatura definindo o DfE e abordar a Lei 12.3012/2010.
2. Verificar a convergência entre a Política Nacional de Resíduos Sólidos e os princípios e estratégias do DfE.
3. Ilustrar os resultados obtidos com a aplicação do DfE na indústria.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 INICIO DA PREOCUPAÇÃO AMBIENTAL PELA INDÚSTRIA

A interação entre homem e natureza data desde os primórdios da sua existência. O homem sempre dependeu da extração de recursos naturais para a sua sobrevivência. Com a organização do homem em comunidades, ele passou a reconhecer a importância de determinados locais; seja pela importância mitológica, presença de fontes perenes de águas ou ervas medicinais; e a controlar os acessos a estes sítios com leis e normas ou mesmo tabus associados aos locais. Esta relação do meio ambiente evoluiu ao longo da história, e a posse da terra, a conquista de territórios se tornou sinônimo de poder econômico e político; acarretando na degradação ambiental e desigualdades sociais (BORGES *et al.*, 2009).

O crescimento populacional e o conseqüente aumento do consumo de produtos industrializados na década de 1950, impulsionou uma expansão econômica e industrial. Em conseqüência, houve um aumento diretamente proporcional do uso de recursos naturais e da poluição atmosféricas (INPE, 2011). Por décadas o crescimento econômico foi sinônimo de melhoria das condições de vida da sociedade. Este expressivo aumento no ritmo da industrialização a partir da década de 1960 e o crescimento dos centros urbanos; deixou mais evidente os impactos ambientais físicos, sociais e econômicos para a sociedade. Iniciou-se então diversas manifestações sociais pelos países desenvolvidos, solicitando uma maior priorização da proteção ambiental, em detrimento ao desenvolvimento. (SILVA; TRALLI, 1996² *apud* ANDRADE 1997)

Nesta fase, resíduos eram lançados no ambiente sem qualquer tipo de tratamento, e esta postura passiva da indústria motivou uma mudança de comportamento da sociedade a partir das décadas de 1970 e 1980. Tal atitude da sociedade, somada ao fortalecimento da legislação ambiental em todo o mundo, promoveram o início de uma mudança de comportamento das indústrias. Passaram a adotar uma postura reativa, incorporando soluções de “fim-de-tubo”; buscando reduzir o potencial poluidor das emissões e substâncias geradas nas instalações

² SILVA, G. A., TARALLI, G. Meio ambiente, segurança de processos e a formação do engenheiro químico - *Revista Brasileira de Engenharia Química*, São Paulo, v. 16, n. 1, out. 1996.

industriais, com o tratamento de efluentes e gases gerados ao longo do processo de produção. (JOHANSSON2002³ *apud* PIGOSSO 2008).

Segundo Hunt e Auster⁴ (1990) citados por Silva (2012), o comportamento da indústria frente a mudanças ambientais podem ser claramente identificados, em duas posições distintas: as que atuam de forma reativa, agindo apenas em resposta as exigências legais; e as proativas, que de forma voluntária adotam medidas que reduzem o impacto ambiental. A indústria passa então a tratar das questões ambientais no desenvolvimento de novos produtos (de modo proativo), compreendendo a cinco objetivos ambientais: (KUTZ, 2007).

- Cumprimento a Legislação, pois produtos que não atendem a legislação ambiental de um país são impedidos de serem comercializados naquele país.

- Eliminação de passivos financeiros decorrentes de danos ambientais.

- Atendimento a solicitação de clientes, interessados em produtos ambientalmente responsáveis. O varejista, por sua vez, transfere este requisito para o fabricante.

- Participação de programas de rotulagem ecológica, assegurando melhor visibilidade no mercado e melhores negociações.

- Melhoria da rentabilidade, pois determinados procedimentos reduzem o consumo de matérias-primas, energia, promovem a reciclagem de materiais e a remanufatura.

Em meados da década de 1980, verificou-se uma postura reativa de algumas indústrias se sobrepondo àquela postura passiva – onde meio ambiente e desenvolvimento soavam antagônicos. Porém, somente em meados da década de 1990 estas empresas com atuação expressiva ambientalmente, ganharam mais destaque. (VIOLA 1992⁵ *apud* LAYRARGUES 2000).

Na década de 1930 o Estado Brasileiro estabelece o controle federal sobre o uso e ocupação dos recursos naturais e do território, em meio as disputas entre o

³ JOHANSSON, G. **Sucess factor for integration of Ecodesign in product development**: A review of state of the art: In *Environmental Management and Health*, Vol 13, n° 1, pp 98-107

⁴ HUNT, C. B.; AUTERS, E. R. Proactive environmental management: avoiding the toxic trap. *MIT Sloan Management Review*, v.31, n. 2, p. 7 – 18, 1990.

⁵ VIOLA, E. **O movimento ambientalista no Brasil (1971-1991)**: da denúncia e conscientização pública para a institucionalização e o desenvolvimento sustentável. In: GOLDENBERG, M. (Org.). *Ecologia, Ciência e Política*. Rio de Janeiro : Revan, 1992. p. 49-75.

governo central e as forças políticas econômicas das diversas unidades da federação, como forma de disciplinar o uso destes recursos. (QUEIROZ *et al.* 2007)

Surgem então os primeiros instrumentos regulatórios, independentes entre si, regendo o acesso e uso dos recursos hídricos, de fauna e flora em um primeiro momento. Na sequência, a pesca, a mineração e o patrimônio artístico e cultural são contemplados com políticas específicas. (BORGES *et al.* 2009)

Entre as décadas de 1930 e o início da década de 1970 há uma sutil evolução deste processo regulatório, quando o Brasil vive o “milagre econômico”. O início da década de 1970 foi marcada pela primeira crise mundial do Petróleo, e então começam a ser notadas as primeiras movimentações de ambientalistas movidos pelas preocupações do crescimento desordenado. (KENGEN 2001⁶ *apud* BORGES *et al.* 2009)

Durante este período, diversos movimentos importantes envolvendo chefes de estado e pesquisadores ocorreram, no sentido de conciliar o desenvolvimento econômico e o ambiente; como a Conferência de Estocolmo em 1972, a formação da Comissão Mundial do Meio Ambiente e do Desenvolvimento em 1987 e a Conferência das Nações Unidas do Rio, em 1992.

O Brasil participou da Conferência de Estocolmo em 1972, e com a justificativa de superar o subdesenvolvimento, defendeu o crescimento econômico a qualquer custo; na contra mão das declarações de países desenvolvidos que defendiam a redução na velocidade do crescimento, demonstrando a preocupação com a capacidade de sustentabilidade do planeta. (BORGES *et al.*, 2009)

Com a publicação do Relatório Nosso Futuro Comum, também conhecido como Relatório de Brundtland em 1987, surge o primeiro conceito de desenvolvimento sustentável: “desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer as capacidades das gerações futuras satisfazerem as próprias necessidades”. (WCED, 1987 p. 41).

O primeiro grande marco relacionado a normatização da proteção do ambiente no Brasil foi a Lei nº 6.938/81 – Política Nacional do Meio Ambiente, classificada como avançada e inovadora, ao reconhecer a importância da proteção do ambiente para a vida e para a qualidade de vida; ao trazer conceitos, princípios, objetivos e instrumentos de defesa; seguido da Lei nº 7.347/85 - Ação Civil Pública,

⁶ KENGEN, S. A Política florestal brasileira: uma perspectiva histórica. In: SIMPÓSIO IBERO-AMERICANO DE GESTÃO E ECONOMIA FLORESTAL, 1, 2001, Porto Seguro. *Anais...* Porto Seguro, BA: [S. n.], 2001. p. 18-34.

da Constituição Federal de 1988 e da Lei de Crimes Ambientais ou Lei nº 9.605/98 (QUEIROZ *et al.*, 2007).

A Constituição Federal de 1988 consolidou o direito ambiental no país:

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. (BRASIL, 1988 p.101)

Com tal importância dedicada à questão ambiental na Lei máxima do país, as regulações que se seguiram foram apenas o aperfeiçoamento do direito ambiental (BORGES *et al.*, 2009)

3.2 POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS (PNRS)

Em 1989 foi proposto ao Senado Federal o Projeto de Lei 354, a primeira Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). A proposta arrastou até 2006 quando houve um substancial avanço. Em 2007, a proposta foi apresentada ao Executivo na forma de Projeto de Lei nº 1997/2007. No ano seguinte foi então criado um Grupo de Trabalho e em 2010 o texto é finalmente aprovado pelo Congresso, como Lei nº 12.305/2010.

Com a aprovação da Lei nº 12.305 em 2010, o país inicia uma trajetória repleta de desafios para implantar de forma planejada o sistema de coleta, seleção, tratamento e destinação final adequada dos resíduos sólidos comerciais e industriais. (VITAL *et al.* 2014)

De acordo com o art. 4º, a PNRS

reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados pelo Governo Federal, isoladamente ou em regime de cooperação com Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos. (BRASIL, 2010 p.3)

No ano seguinte a aprovação da Lei, foi publicado a versão preliminar do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, que realizou um diagnóstico da situação da geração de resíduos, tratamento e disposição final. É um documento elaborado pelo Ministério do Meio Ambiente, no âmbito do Comitê Interministerial, e conta com a participação da sociedade por meio de consultas públicas. O diagnóstico realizado

por setores, reserva um item específico a Geração de Resíduos Sólidos Industriais. O texto traz um apanhado das resoluções e normas inerentes a gestão de resíduos e informações quantitativas da geração de resíduos industriais por região. No entanto ressalva que os dados ali contidos devem ser observados com cuidado, devido a falta de padronização da elaboração dos relatórios estaduais, sendo estes compilados conforme o perfil produtivo de cada região além da falta de atualização dos inventários estaduais. (BRASIL, 2012)

Com base nestes estudos, estabeleceu metas e respectivamente ações. Os principais alvos do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (2012) cujo vigência é de vinte anos com revisões a cada quatro anos, são:

- a) Disposição final ambientalmente adequada de rejeitos, com a eliminação de lixões e aterros controlados e desenvolvimento de tecnologias para reduzir o envio de rejeitos para aterros sanitários.
- b) Reduzir a geração de resíduos sólidos urbanos, que contabiliza uma média de 1,1 kg/habitante/dia; promover a gestão de conhecimento e estudos para desenvolver concepções inovadoras de produtos, serviços e soluções que compreendam a eficiências econômica e ecológica.
- c) Redução dos resíduos sólidos urbanos secos dispostos em aterros sanitários e inclusão de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis, promovendo a redução progressiva do envio de materiais recicláveis e reutilizáveis para os aterros sanitários e a qualificação e inserção de seiscentos mil catadores de material recicláveis.
- d) Redução de resíduos sólidos urbanos úmidos dispostos em aterros sanitários, tratamento e recuperação de gases em aterros sanitários.
- e) Diretrizes e estratégias para resíduos industriais, eliminar completamente os resíduos sólidos industriais destinados de maneira inadequada ao meio ambiente; estimular, fomentar e apoiar o uso de resíduos sólidos, materiais reciclados e recicláveis pela indústria, como insumos e matérias-primas, por meio de medidas indutoras e linhas de financiamento.

A Constituição Federal Brasileira estabelecia as responsabilidades pela limpeza pública urbana aos municípios. Com a promulgação da PNRS, a sociedade passou a ter uma regulação sólida e detalhada. É declarada a extinção dos lixões, onde resíduos sólidos urbanos são depositados sem qualquer tratamento. Com esta

nova Lei, chegam conceitos de responsabilidade compartilhada e logística reversa, que envolvem o setor produtivo. Destaca-se neste aspecto os acordos setoriais, tido como principal instrumento de sistematização de reaproveitamento e ou reciclagem de produtos e embalagens descartados após seu consumo. (CNI, 2014)

O art. 33 da PNRS lista os setores submetidos a obrigatoriedade da logística reversa: agrotóxicos, seus resíduos e embalagens; pilhas e baterias; pneus; óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens; lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista; produtos eletroeletrônicos e seus componentes. (BRASIL, 2011). Alguns dos setores já possuíam normatização específica anteriores a Lei; apresentando um estágio mais evoluído com relação ao atendimento. (VITAL *et al.* 2014)

Os gargalos do atendimento da PNRS pelas indústrias passou a ficar mais evidente a partir da aprovação da Lei 12.305/2010. A Confederação Nacional da Indústria (201_) listou os maiores entraves enfrentados pelo setor produtivo no tocante ao gerenciamento de resíduos sólidos:

- Ausência da diferenciação dos resíduos sólidos dos co-produtos, materiais estes requalificados por processos ou operações de valorização para os quais há utilização técnica, ambiental e economicamente viável, não sendo dispostos no ambiente;

- Falta de base de dados disponíveis, em nível nacional, em relação a geração, tratamento e disposição final dos resíduos industriais. A base de dados é uma ferramenta fundamental para planejamento de ações de gerenciamento dos resíduos sólidos;

- Falta de locais licenciados para tratamento e disposição final de resíduos sólidos industriais;

- Dificuldades de financiamento para aquisição de equipamentos, instalação de sistemas de tratamento de resíduos (aterros, incineradores, usinas de reciclagem etc.);

- Altos custos atrelados à logística do processo.

Embora o Plano Nacional de Resíduos Sólidos tenha estabelecido como metas linhas de crédito como forma de incentivo a novas tecnologias e construção de aterros sanitários para deposição final de resíduos, justamente a falta de recursos financeiros e os altos custos de logística constam na lista de dificuldades do setor

industrial quando trata-se de destinação adequada de resíduos industriais. (CNI, 201_)

Em suma, a Lei nº 12.305/2010 é composta por um conjunto de princípio, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações, que visam o gerenciamento integrado e adequado da gestão ambiental dos resíduos sólidos no Brasil. (VITAL *et al.* 2014).

No Capítulo II da referida Lei, o texto lista os 11 princípios e 15 objetivos. No contexto do setor produtivo, destaca-se o inciso V do art. 6º:

V - a ecoeficiência, mediante a compatibilização entre o fornecimento, a preços competitivos, de bens e serviços qualificados que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida e a redução do impacto ambiental e do consumo de recursos naturais a um nível, no mínimo, equivalente à capacidade de sustentação estimada do planeta. (BRASIL, 2010 p.3)

O texto visa estimular a adoção de padrão sustentável de produção e consumo, como um meio de reduzir a geração de Resíduos Sólidos Urbanos. Faz-se necessário a adoção de novos métodos e produção, de novas tecnologias para que seja possível manter os níveis de produção e consumo, reduzindo a pressão exercida sobre os recursos naturais. (VITAL *et al.* 2014)

Já no Art. 7º onde trata-se dos objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos; o destaque é para os seguintes incisos:

II - não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos;
 III - estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços;
 IV - adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais;
 V - redução do volume e da periculosidade dos resíduos perigosos;
 (BRASIL, 2010 p.3)

Aqui fica explícito que a prevenção da redução de resíduos é uma das alternativas para a redução dos impactos ambientais associados a eles. A partir do momento em que a visão prevencionista é inserida ao projetos do produto, há a possibilidade de análises dos impactos durante todo o ciclo de vida. Por mais que a prevenção na geração de resíduos tenha sido aplicada com sucesso em algumas indústrias, sua associação a fase de desenvolvimento de produtos ainda é incipiente (CNI, 2014).

Uma forma de trabalhar a visão prevencionista é inserir durante a fase de concepção de produtos os aspectos ambientais e realizar uma análise dos impactos gerados durante todo o ciclo de vida deste produto. Este método remete ao conceito de *Design for Environment* (DfE) .

3.3 DESIGN FOR ENVIRONMENT (DfE)

Recentemente nota-se uma evolução da abordagem dos impactos ambientais, passando para ações pró-ativas; inserindo os aspectos ambientais mais cedo possível na fase de desenvolvimento do produto. Esta fase pode ser definida como “o processo que transforma uma oportunidade de mercado em soluções técnicas e comerciais” (WHITNEY⁷ 1990, *apud* POULIKIDOU 2013, p. 8). É o Processo de Desenvolvimento do Produto (PDP) que promove a interface entre as necessidades do mercado e a indústria, concebendo um produto a partir de informações obtidas no mercado.

*O desenvolvimento de produtos é um processo comum nas empresas de manufatura que invariavelmente impacta o ambiente. Este processo envolve a tradução de informações de mercado em um novo produto disponível para comercialização. Nas fases iniciais, até a formalização de um conceito, o impacto gerado é pequeno. Entretanto, a materialização do conceito e a produção do produto, seu uso e seu descarte, pressupõem a transformação e movimentação de insumos, o que modifica o ambiente. (MARGOLIN, 1998⁸; KAZAZIAN, 2005⁹; THACKARA, 2008¹⁰ *apud* MAGNAGO 2012 *et al.*, p. 353).*

Queiroz *et. al.*, (MANZINI & VEZZOLI 2002¹¹ *apud* 2012) e Pigosso (2008) são unos ao considerar que o Processo de Desenvolvimento de Produtos é a fase de maior oportunidade de aperfeiçoamento do desempenho de um produto, sendo então o melhor momento à incluir as preocupações ambientais junto aos demais requisitos (custos, qualidade, funcionalidade, aspectos legais, culturais e estéticos). Em média, 80% dos impactos ambientais atribuídos a um produto são determinados

⁷ Whitney, D. E. (1990). Designing the design proces. *Research in Engineering Design*, 2, 3-13.

⁸ MARGOLIN, Victor. **O design e a situação mundial**. Rio de Janeiro: UERJ/ESDI, 1998. Arcos – design, cultura, material e visualidade, v. 1.

⁹ KAZAZIAN, Thierry. **Haverá a idade das coisas leves: design e desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Editora Senac, 2005.

¹⁰ THACKARA, John. **Plabo B: o design e as alternativas viáveis em um mundo complexo**. São Paulo: Saraiva, 2008.

¹¹ MANZINI, E. & VEZZOLI, C. **O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis**. São Paulo. EDUSP, 2002.

durante a fase de desenvolvimento e concepção (BHAMRA, 2004¹² *apud* POULIKIDOU, 2013). Nesta fase há uma certa liberdade para simular cenários, antecipando as consequências da manufatura, utilização e descarte deste produto.

O desempenho ambiental do produto passa a ser avaliado durante todo o ciclo de vida dele. Diversas técnicas de engenharia buscam abordar o ciclo de vida do produto o mais cedo possível na fase de *design*. A consideração sistemática da atuação do *design* junto com o respeito a meio ambiente, saúde e segurança de todos incluindo o ciclo de vida no processo define o *Design for Environment*. (KUTZ, 2007).

Para Poulidikou, (2013, p.10)

“*Design for Environment* (DfE) é uma abordagem que promove a consideração precoce e sistemática dos aspectos e requisitos ambientais durante o desenvolvimento do produto, a fim de minimizar os impactos negativos dos produtos no ambiente.”

O DfE surgiu no início da década de 1990, e conforme a ISO/TR 14062:002¹³, é definido como um processo de integração entre projeto e desenvolvimento, que visa diminuir os impactos ambientais e promover um ganho contínuo no desempenho ambiental dos produtos, durante todo o seu ciclo de vida (POULIKIDOU, 2013).

Pigosso (BREZET, VAN HEMEL, 1997¹⁴ *apud* 2008) relata que a terminologia para conceituar o processo de desenvolvimento de produtos com a integração da variável ambiental modificou-se ao longo das últimas décadas. Além das substituições dos termos, o autor registra a variação do uso da terminologia entre continentes: enquanto o continente Europeu adota *Ecodesign*, os Estados Unidos da América (EUA) utiliza o termo *Design for Environment* ou *Design* para o Ambiente. Não raro encontram-se na literatura a utilização de *Ecodesign* para referir-se ao DfE, tratando-os como sinônimos. No entanto, este trabalho utilizará apenas a expressão *Design for Environment* (DfE), por entender que as definições a cima podem ser complementadas pela visão de Bakker¹⁵ citado por Lindahl *et al.*

¹² BHAMRA, T. A. (2004). **Ecodesign**: The search for new strategies in product development. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 218(5), 557-569.

¹³ ABNT ISO/TR 14062:2002 – Gestão Ambiental – Integração dos Aspectos Ambientais no Projeto e Desenvolvimento do Produto.

¹⁴ BREZET H.; VAN HEMEL C. **Ecodesign: A promising approach to sustainable production and consumption**. The Netherlands: TU Delft, 1997.

¹⁵ Bakker, C., **Environmental Information for Industrial Designers**, PhD-Thesis, PhD-Thesis, Delft, Holland: Delft University of Technology, (1995).

(2005, p.1), ao definir DfE como: "o desenvolvimento de produtos por aplicação de critérios ambientais destinadas a redução dos impactos ambientais ao longo das fases do ciclo de vida do produto".

A associação dos aspectos ambientais aos demais envolvidos no projeto e desenvolvimento do produto, objetiva antecipar os impactos ambientais negativos; possibilitando a antecipação das soluções à estes problemas.(PIGOSSO, 2008)

Kutz (2007) e Hauschild *et al.* (Lagerstedt 2003¹⁶ *apud* 2004) listam “Dez Regras de Ouro” que resumem as diretrizes para a abordagem do DfE durante projetos de produtos novos ou no reprojeto de outros já existentes:

1. Não usar substâncias tóxicas, mas adotar circuitos fechados quando for necessário utilizá-las.
2. Minimizar consumo de energia e de recursos na produção e transporte, procurando assegurar a eficiência.
3. Minimizar o consumo de energia e de recursos na fase de utilização, especialmente para produtos com aspectos ambientais mais significativos na fase de utilização.
4. Promover a manutenção e modernização – manutenção especialmente para produtos dependentes sistema.
5. Promover durabilidade para produto com aspectos ambientais significativos quando fora da fase de utilização.
6. Usar características estruturais e materiais de alta qualidade, a minimizar a massa; estas não devem interferir com flexibilidade, resistência ao impacto ou propriedades funcionais.
7. Usar materiais melhores, tratamentos de superfície ou estrutural para proteger os produtos de sujeira, corrosão e desgaste.
8. Organizar com antecedência para atualização, reparação e reciclagem, através de bons acessos, rotulagem, módulos e pontos de interrupção, e fornecer bons manuais.
9. Promover a modernização, reparação e reciclagem de produtos pouco usados, reciclados, usar materiais simples e estado puro.
10. Priorizar o uso de parafusos, adesivos, soldadura, encaixe, bloqueio geométrico, etc. de acordo com as diretrizes do ciclo de vida.

¹⁶ LAGERSTEDT, J. **Functional and environmental factors in early phases of product development - Eco-Functional matrix**, PhD thesis, KTH, Stockholm. 2003.

Há muitos “*Design para*” que são resumidos a “DfX”. O DfE engloba diversas questões, que trabalhadas de forma integrada podem proporcionar a redução dos impactos ambientais atribuídos ao ciclo de vida do produto. Cândido (KINDLEIN JÚNIOR *et al* 2002¹⁷, *apud* 2008) descreve cada uma delas:

- *Design for Assembly* (DfA) ou *Design para Montagem*: durante a fase de desenvolvimento do produtos, considera sistemas que facilitem a manufatura. Sendo assim, resulta na redução do tempo de montagem e no conseqüente aumento da produção.

- *Design for Manufacture* (DfM) ou *Design para Manufatura*: implica na seleção de processos adequados de manufatura: escolha de materiais e processos, projeto modular de componentes, padronização de componentes, desenvolvimento de partes multiuso e montagem orientada para a redução por meio de módulos.

- *Design for Service* (DfS) ou *Design para Serviços*: tem como foco os serviços de manutenção executados durante a vida útil do produto e seu acondicionamento. Importante para produtos que necessitam de serviços ou reparos periódicos.

- *Design for Disassembly* (DfD) ou *Design para Desmontagem*: o objetivo é o projeto de produtos com facilidade de desmontagem, proporcionando ganhos como a redução do trabalho necessário para a retirada de partes do produto, redução do tempo de manutenção, segregação de materiais compatíveis e incompatíveis. Esta variável também pode ser denominada de *Design for Recyclability* (DfR) por proporcionar maior facilidade de reciclagem do produto.

A utilização das variáveis do *design* descritas acima vão guiar o trabalho da equipe em direção ao objetivo fim de um projeto de produtos com *design para o meio ambiente*

A princípio, é necessário que as empresas entendam e avaliem os impactos ambientais associados as suas atividades produtivas, utilizando ferramentas de Análises do Ciclo de Vida (ACV). Esta ferramenta possibilita uma avaliação qualitativa e quantitativa dos impactos gerados ao longo do ciclo de vida do produto: pré-produção, produção, distribuição, uso e eliminação ou descarte. A eficiência da sua aplicação é potencializada se associado a uma ferramenta, que complemente a

¹⁷ KINDLEIN JÚNIOR, Wilson *et al*. Princípios básicos de junção utilizados em sistemas e subsistemas de produtos industriais e sua importância no desenvolvimento sustentável. In: ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM AMBIENTE E SOCIEDADE. 1., 2002, Campinas. **Anais**. SÃO PAULO, 2002. CD-ROM.

fase de planejamento de produtos: o *Design for Environment* (DfE). (KAZAZIAN 2005¹⁸ *apud* DEMAJOROVIC e MATURANA 2009)

Uma visão global de todo o ciclo de vida de um produto é imprescindível para a aplicação do DfE, priorizando a análise completa do produto: matérias primas utilizadas, manufatura, distribuição, uso do produto e descarte. (WIMMER; ZÜST; LEE, 2010; YARWOOD; EAGAN, 1998¹⁹ *apud* QUEIROZ *et al.* 2012). Ao abordar o *Design for Environment*, uma equipe multidisciplinar é envolvida no processo de *design* do produto. Estes são levados a pensar de uma forma mais ampla, como por exemplo, o desempenho funcional e econômico dos produtos, incorporando vastas perspectivas que inclui todas as fases da sua cadeia de valor. (FIKSEL, 2011²⁰ *apud* POULIKIDOU, 2013).

Existem diversos fatores que motivam ou influenciam a adoção do *Design for Environment* pelas empresas. Para determinadas empresas, a adoção de métodos de manufatura ambientalmente conscientes é um fator determinante no nicho de mercado ao qual estão inseridos. Outras empresas enxergam as vantagens na possibilidade de, ao realizarem a avaliação do ciclo de vida, otimizarem o consumo de matérias-primas, energia elétrica, reduzindo os gastos com tratamento de resíduos; incorrendo em uma redução de custos de produção.

Uma das estratégias do DfE é a utilização de materiais de baixo impacto ambiental, utilizando processos produtivos mais limpos, reduzindo a utilização de materiais perigosos, melhorando a eficiência energética, possibilitando a reutilização e reciclagem do produto. (CÂNDIDO, 2008)

Pinto Junior (Fiksel 1997²¹ *apud* 2015) descreve melhor outras vantagens da utilização do DfE:

- Proporcionar a desmontagem e recuperação de materiais e componentes com baixo custo;
- Redução da geração de resíduos com a utilização de materiais recicláveis, simplificar o descarte daqueles componentes sem possibilidade de recuperação;

¹⁸ Kazazian, Thierry. *Haverá a idade das coisas leves: design e desenvolvimento sustentável*. São Paulo: Editora Senac. 2005.

¹⁹ WIMMER, W.; ZÜST, R. & LEE, K. *Ecodesign implementation: A systematic guidance on integrating environmental considerations into product development*. Springer, 2010.

²⁰ FIKSEL, J. **Design for the environment: A guide to sustainable product development** (2nd ed.). USA: McGraw-Hill. 2011.

²¹ Fiksel, J. **Ingeniería de diseño medio ambiental. DEF: desarrollo integral de productos y procesos ecoeficientes**. Madrid: McGrawHill Book. 1997.

- Reutilizar aqueles que são passíveis de recuperação;
- Otimização energética em todas as etapas do processo produtivo, distribuição, utilização, reciclagem e disposição final;
- Reduzir os riscos crônicos à saúde através de processos mais limpos.

Para uma gestão eficiente do *DfE* em uma indústria, precisa necessariamente identificar o real motivo que a levou a abordar a ferramenta; e iniciar a interação dos diversos setores da empresa. Muitas vezes as necessidades de projetistas e engenheiros – por exemplo – podem soar contraditórias. Para assegurar o sucesso é importante a participação de toda a equipe, voltadas ao mesmo objetivo: seja alcançar um nicho de mercado específico ou a redução com custos no tratamento de resíduos (LINDAHL *et al.* 2005).

3.3.1 Importância da equipe no DfE

A equipe de Designers e Engenheiros de Materiais detém grandes desafios na identificação de critérios e análises de materiais, durante o projeto de produtos com foco ambiental. As condutas adotadas pela equipe nesta fase podem determinar de forma considerável os impactos ambientais atribuídos ao ciclo de vida do produto. (CÂNDIDO, 2008)

Segundo Poulikidou (Bhamra 2004²² *apud* 2013) a fase de concepção do produto é responsável por 80% dos impactos ambientais a ele atribuído, em decorrência das decisões tomadas, como por exemplo: a seleção de materiais e processos de fabricação, consumo de energia para a produção e operação final do produtos. O autor cita ainda Ritzen (2000)²³ ao afirmar que o *design* e desenvolvimento de produtos são etapas primordiais para a adaptação ambiental dos produtos. Lindahl, (*et al.*, 2005) cita Ritzen (2000) e Bhamra (*et al.* 1999), autores que argumentam que os aspectos ambientais devem ser integrados o mais cedo possível ao processo de desenvolvimento de produtos, e não apenas manipulados de forma isolada. Ou seja a atuação de uma equipe multidisciplinar integrada é fundamental na fase de projeto de produtos dentro da metodologia DfE.

²² BHAMRA, T. A. **Ecodesign**: The search for new strategies in product development. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 218(5), 557-569. 2004.

²³ Ritzén, S. **Integration environmental aspects into product development: proactive measures**. Thesis (Doctoral thesis), KTH Royal Institute of Technology, Sweden. 2000.

Equipe é mais que uma coleção de indivíduos que trabalham juntos. Para Cannon-Bowers (Dyer 1984²⁴, Modrick 1986²⁵, Morgan *et al.* 1986²⁶, Salas e Cannon-Bowers 1997²⁷ *apud* 2000) as características que distinguem as equipes de pequenos grupos são: múltiplas fontes de informação, as interdependências de tarefas, coordenação entre os membros, objetivos comuns, funções dos membros especializados e responsabilidades, conhecimento relevante para a tarefa, comunicação intensiva e estratégias de adaptação para ajudar a responder à mudança.

O desenvolvimento de produtos foi uma atividade linear, onde uma fase iniciava após a conclusão da anterior, que evoluiu para um sistema integrado, com atividades interligadas e interativas. O processo de desenvolvimento de produtos tem fundamental importância no desenvolvimento de produtos com eficiência ambiental. E estas atividades de desenvolvimento de produtos são normalmente organizados em projetos paralelos onde equipes multidisciplinares são envolvidas (HALLSTEDT 2008²⁸; LINDAHL 2005²⁹; TINGSTRÖM 2007³⁰ *apud* POULIKIDOU 2013).

Equipes precisam de procedimentos que direcionem as discussões e os levem a tomada de decisões durante todo o processo. (WHITNEY, 1988). Borchardt (2007) realizou um estudo de caso junto a uma indústria fornecedora direta de produtos a montadoras de caminhões e ônibus. Sua política de gestão ambiental contemplam o consumo de energia e de material, e tratamento de resíduos. O processo de qualificação de fornecedores das montadoras analisam diversos itens, como a pontualidade na entrega e facilidade na negociação. Atendimento a legislação ambiental é obrigatória, no entanto a não utilização de substâncias restritas

²⁴ DYER, D. J. **Team research and team training: a state of the art review**, in F. A. Muckler (ed.), *Human Factors Review*: 285 ± 323. Santa Monica: Human Factors Society, 1984

²⁵ MODRICK, J. A., Team performance and training, in J. Zeidner (ed.), **Human Productivity Enhancement: Training and Human Factors in Systems Design**, vol. 1 . 130 ± 166. New York: Praeger , 1986

²⁶ MORGAN, B. B. JR, GLICKMAN, A. S., WOODWARD, E. A., BLAIWES, A. S. and SALAS, E. 1986, **Measurement of team behaviours in a navy environment**. NTSC technical report TR- 86-014 (Orlando: Naval Training Systems Centre).

²⁷ SALAS, E. and CANNON-BOWERS, J. A., The anatomy of team training, in L. Tobias and D. Fletcher (eds), *Handbook on Research in Training* (New York: Macmillan) (in press)., 1997.

²⁸ Hallstedt, S. **A foundation for sustainable product development**. Thesis (Doctoral thesis), Blekinge University of Technology, Sweden. 2008.

²⁹ Lindahl, M. **Engineering Designers' requirements on design for environment methods and tools** .Thesis (Doctoral thesis), KTH Royal Institute of Technology, Sweden, 2005.

³⁰ Tingström, J. **Product development with a focus on integration of environmental aspects**. Thesis (Doctoral thesis), KTH, Royal Institute of Technology, Sweden, 2007.

é compulsório. Superestimar o atendimento aos requisitos ambientais não foi o fator determinante para a empresa adotar técnicas de DfE. Mas a possibilidade de redução de custos com o aumento da margem de flexibilização comercial; consequência da redução do consumo de materiais e geração de resíduos; sim. A aplicação de técnicas de DfE justificou neste caso – segundo ao autor – a formação de uma equipe multidisciplinar para: estudo, planejamento e implantação com colaboradores das mais diversas áreas, como comercial, desenvolvimento, qualidade, logística e industrialização.

3.3.2 Formas de Introdução do DfE

Lindahl *et al.* (2005) citam a possibilidade de aplicação da metodologia em projeto piloto, comumente adotado por empresas quais desejam testar os conceitos e adquirir mais conhecimento sobre o método; aplicação em caráter experimental. Há ainda a abordagem incremental, onde as alterações dos processo ocorrem de forma tardia no desenvolvimento de produtos, porém não rendem resultados expressivos. Outra forma de inserção do DfE é através da abordagem conceitual. Lindahl *et al.* (Berg 2001³¹ *apud* 2005) relatam que esta abordagem de conceitos é comum a empresas expostas a fortes pressões exercidas pelos stakeholders externos, como indústria de automóveis, celulares e telefonia. A característica desta abordagem está no desenvolvimento de novos conceitos ambientais para complementar seus produtos; o que normalmente incorrem em um alto custo de projeto que é transferido ao produto final quando comparados a produtos da mesma classe.

É possível também a abordagem do DfE integrada ao sistema de gestão ambiental da empresa. Apresenta grande potencial de sucesso, por ser vinculada ao programa de melhoria contínua, assegurando a evolução da metodologia DfE dentro da empresa.

Sobre a integração entre o SGA e o DfE, Ammenber & Sundin (2003) afirmam que é importante uma consideração geral de todo o ciclo de vida do ponto de vista ambiental. Neste caso, o conceito de DfE pode complementar de forma

³¹ Berg, E. and E. Lindgren, **Environmental assessment of two door concepts for trucks at Scania CV AB.** Dissertação (Master thesis Dept. of Mechanical Engineering), Linköping, Sweden: Linköping University, (2001).

importante o SGA, colaborando para um melhor entendimento da importância do fluxo de materiais e energias frente a redução do risco de sub-otimizações.

Conhecida as diferentes formas de abordagem do DfE dentro da empresa, e identificado os objetivos ambientais pretendidos; uma pequena hierarquia de reflexões devem ser feitas: (KUTZ, 2007)

- a) definir se o produto escolhido é o mais adequado para a produção a longo prazo;
- b) identificar os “hotspots ambientais”³² no ciclo de vida do produto;
- c) selecionar a melhor ferramenta para a otimização do produtos, reduzindo os “hotspots”.

Faz-se necessário atividades em dois níveis: o Estratégico, de modo organizado e sistêmico – promovendo as questões de sustentabilidade por todas as partes da organização, principalmente das funções de interface com o PDP. E a Operacional que deverá colocar em prática as intenções no desenvolvimento de produtos; está mais relacionado com os produtos da empresa. (LINDAHL *et al.*, 2005, SILVA, 2012)

A organização irá precisar de métricas para quantificar o progresso do programa DfE. É importante que cada métrica esteja diretamente relacionada a pelo menos um dos objetivos ambientais da empresa. Quanto mais métricas relacionadas com os diversos objetivos ambientais, melhor. Porém é necessário que estas métricas possam ser quantificadas pela empresa. Estas, devem corresponder as questões levantadas pelas partes interessadas no programa. (KUTZ, 2007).

A literatura traz uma extensa gama de ferramentas e metodologias para a utilização do DfE, como listas de verificação relativamente simples ou complexos software, que proporcionam dados para as tomadas de decisões. (LINDAHL *et al.* 2005).

O principal objetivo da utilização destas ferramentas é fomentar a equipe envolvida no projeto de produtos DfE, informações sobre o desempenho ambiental do produtos e orientá-lo para as estratégias de melhoria relevantes. Estas ferramentas são classificadas em três categorias, descritas por Poulikidou (2013):

- **Ferramentas Prescritivas:** encontradas na forma de lista de verificação, lista de orientação ou lista de estratégias. O principal objetivo é recomendar conceitos aos

³² Hotspots ambientais - pontos quentes e de possíveis melhorias no ciclo de vida do produto. (HAUSCHILD, M.Z. *et al.*, 2004)

engenheiros envolvidos no projeto a respeito dos aspectos que podem influenciar o desempenho ambiental do produto. Deve ser utilizado durante a fase de concepção do produto e também como ferramenta de monitoramento do desempenho ambiental dos produtos sob um aspecto ou exigência específica.

- **Ferramentas analíticas:** disponíveis sob forma de matrizes gráficos ou indicadores, é uma categoria ampla de ferramentas. As ferramentas analíticas podem ser usadas para avaliar o impacto ambiental do produto, identificar locais, bem como para comparar diferentes alternativas de concepção do produto.

- **Ferramentas de identificação estratégica de *design* ou comparativas:** busca identificar a melhor estratégia de desenho, por meio de comparações de desenhos ambientais e conceitos, na busca pela melhor alternativa para o mesmo produto.

Com a escolha da melhor categoria de ferramenta a ser adotada, será necessário que a equipe envolvida no projeto escolha o tipo de ferramenta mais adequado para quantificar/qualificar as informações (*checklist*, *guideline*, matriz, software ou associação de ferramentas). Depois é necessário definir natureza dos dados de entrada e saída (quantitativos ou qualitativos). (PIGOSSO & ROZENFELD, 2012). Os autores descrevem as demais decisões quais devem ser tomadas para a implantação da ferramenta:

- Área de pesquisa em que foi originado
- Nível atual de desenvolvimento
- Nível de detalhamento do método/ferramenta;
- Aspectos ambientais considerados;
- Fases do ciclo de vida consideradas;
- Método de avaliação de impacto ambiental.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho baseia-se no método de Pesquisa Exploratória, com o levantamento de literatura e a utilização de *cases* como forma de exemplificar a relação entre a utilização de uma metodologia de melhoria do desempenho ambiental como ferramenta para a redução de impactos ambientais e atendimento a requisitos legais.

Segundo Gil (2002, p.41) a pesquisa nada mais é que um procedimento motivado pela busca por resposta a problemas propostos. Pesquisa exploratória, conforme definição do autor visa “proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses”.

A literatura consultada foi obtida por meio eletrônico – *websites* – utilizando mecanismo de busca, por meio de palavras-chaves que redirecionaram a artigos, dissertações de mestrados, teses de doutorado, anais, revistas científicas, *websites* de eventos correlacionados aos temas. Pôde-se ter acesso a materiais de instituições de ensino nacionais e de outros países, sendo publicações internacionais a grande maioria.

A revisão de literatura procurou embasar a trajetória da preocupação ambiental da sociedade, que resultou na evolução da leis ambientais e na mudança de comportamento das indústrias diante dos aspectos e impactos ambientais causados pelas suas atividades. Fundamentando o surgimento de novas metodologias, como o *Design for Environment* devidamente abordado.

Na sequência, será realizado uma breve comparação dos objetivos descritos na Lei de Resíduos Sólidos com as estratégias e objetivos da metodologia DfE, demonstrando a consonância entre ambas. Por meio de *cases*, o trabalho ilustrará a aplicação da metodologia DfE em empresas, ao apresentar dados e descrever algumas experiências.

4.1 OBTENÇÃO DE RESULTADOS

Para evidenciar os resultados obtidos com aplicação da metodologia DfE em indústrias, será apresentado dois *cases* de empresas com ramo de atuação distintos. Ambas as empresas apresentaram suas experiências em um evento

promovido pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) em parceria com a Empresa Brasileira de Aeronáutica (Embraer S/A), BRASKEM, Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e o SENAI; em 2013; o **I Workshop *Design for Environment: oportunidades e desafios para a indústria brasileira***. Este evento contou com a apresentação de trabalhos de diversas empresas que dividiram suas experiências de implementação da metodologia junto aos seus processos produtivos.

O primeiro case a ser apresentado é da Whirlpool Latin America, empresa do ramo de eletroeletrônicos, subsidiária da Whirlpool Corporation, maior fabricante de eletrodomésticos do mundo, é uma empresa centenária presente em quase todos os países. No Brasil, a empresa possui três unidades fabris: Manaus, com a unidade de fabricação de ar-condicionado e microondas; Rio Claro, com a fabricação de lavadoras e fogões; e Joinville, com a fabricação refrigeradores, freezers e secadoras. São quase quinze mil colaboradores distribuídos nestas unidades e pelos quatro centros de tecnologia, dois centros de distribuição e um centro administrativo, além de um Centro de Documentação e Memória. (WHIRLPOOL LATIN AMÉRICA, 2015)

O segundo caso apresentado será a experiência da EMBRAER. Com 45 anos de história, a Empresa Brasileira de Aeronáutica é uma das maiores empresas aeroespaciais do mundo. Atua nas fases de projeto, desenvolvimento, fabricação, venda e pós venda de aeronaves para os segmentos de aviação comercial, aviação executiva, além de proporcionar soluções integradas para a defesa e segurança de sistemas. A empresa também oferece soluções de defesa e segurança aérea para o Brasil. (EMBRAER, 2015)

A Embraer é uma das 5 brasileiras entre as 317 empresas de todo o mundo que compõem Índice Dow Jones de Sustentabilidade (DJSI) (INVESTIMENTOS E NOTÍCIAS, 2015) e figura na lista do Índice de Sustentabilidade Empresarial da BM&Fbovespa (ISE).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 *DESIGN FOR ENVIRONMENT VERSUS* POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

A partir da Revolução industrial, a sociedade passou a ter a disposição tecnologias que promoveram facilidades e diversão em suas vidas. E ano após ano, campanhas em massa promovem um estímulo a substituição dessas tecnologias, atrelando a esses novos produtos a imagem de *status*, promessas de mais praticidade nas tarefas do dia a dia ou divertimento.

No entanto, os *designers* muitas vezes não analisam os possíveis efeitos colaterais desse processo. Um exemplo é a utilização de amônia ou dióxido de enxofre em refrigeradores; ambas substâncias químicas altamente tóxicas. Em seguida, foram substituídos pelos gases CFC, relacionados a fenômenos como a destruição da camada de ozônio e aquecimento global. (BILLATOS, 1997).

Dentre alguns aspectos advindos da adoção das ferramentas de DfE, pode-se citar a substituição do uso de substâncias tóxicas e adoção de processos produtivos com vistas a minimização geração de resíduos ou a não geração de resíduos (CNI, 2014).

Uma pesquisa publicada pelo CNI em Setembro de 2015 aponta que, de um universo de 100 empresas de diversos setores produtivos; 74% do total afirmam que as práticas de sustentabilidade da sua empresa impactam de alguma forma a competitividade do seu negócio. Quando questionados sobre a relevância de algumas práticas no planejamento estratégico em vigência nas suas empresas, a Gestão de Resíduos Sólidos liderou a lista, seguidos da Eficiência Energética, Reuso de Água, Redução do Uso de Combustíveis e de Matérias Primas. (CNI, 2015 P.25). Principais variáveis trabalhadas pela metodologia DfE, alvo de metas de redução e melhorias de desempenho.

O art 7º da Lei 12.320/2010, descreve os objetivos do documento em questão, podendo-se destacar quatro pela relação direta com a geração de resíduos por parte da indústria.

Lei 12.305/2010 Art. 7º Objetivos	Diretrizes e Estratégias do DfE
II - não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos;	Redução da geração de resíduos com a utilização de materiais recicláveis, reutilizar aqueles que passíveis de recuperação
III - estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços	Minimizar consumo de energia e de recursos na produção e transporte, procurando assegurar a eficiência.
IV - adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais;	Otimização energética em todas as etapas do processo produtivo, distribuição, utilização, reciclagem e disposição final;
V - redução do volume e da periculosidade dos resíduos perigosos;	Não utilizar substâncias Tóxicas, mas adotar circuitos fechados quando necessário a utilização.

TABELA 1: Comparação de parte do art. 7º com objetivos do DfE.

FONTE: Criado pelo Autor. (2015).

Nota-se que para cada objetivo selecionado, há um item relacionado as diretrizes de atuação do DfE, evidenciando a convergência entre lei e metodologia.

O atendimento a requisitos legais inerentes a destinação de resíduos industriais é um dos grande desafios para as empresas. Adotar um mecanismo que simplifique esse processo pode ser a alteração na forma com que os produtos são fabricados, conforme previsto pelo *Design for Environment*.

5.2 PROGRAMA DfE NA WHIRLPOOL

O conceito de criação da Whirlpool Latin America é inovação sustentável. Segundo informações de um vídeo institucional sobre inovação sustentável, a empresa investiu em 2012 quase 13 milhões de reais em projetos de sustentabilidade, ano em que empresa registrou recorde de vendas, com um aumento de 8% em relação ao ano de 2011. Mesmo com o aumento do efetivo, impulsionado pelo aumento da produção, a empresa conseguiu reduções expressivas de consumo de água – graças ao investimento em sistemas de tratamento e reuso, captação de água da chuva e readequação dos sistemas de distribuição – e consumo de energia. O ganho ambiental é estendido aos

consumidores, 90% dos produtos contam com a certificação A em eficiência energética.

Segundo Tridapalli (2013), a base das estratégias de sustentabilidade da empresa foi instituída em 2004, norteados pelo *The Natural Step (TNS)*.

The Natural Step é organização sem fins lucrativos, que atua a vinte e cinco anos junto a diversas instituições de ensino, municípios e corporações promovendo mudanças estratégicas em direção a sustentabilidade, trazendo novas oportunidades de negócios e reduzindo impactos sociais e ambientais. (THE NATURAL STEP, 2015)

Com base neste programa, a empresa estabeleceu os 6 pilares do programa de sustentabilidade:

- 1) Minimização de resíduos,
- 2) Eficiência energética,
- 3) Equidade social,
- 4) Redução de substâncias restritas,
- 5) Redução de emissões de carbono,
- 6) Uso eficiente da água.

Desde então a Whirlpool desenvolve diversas atividades voltadas a estas áreas, sendo a criação de um Comitê para a Sustentabilidade em 2011, uma das ações mais importantes. Este Comitê é formado por diversas diretorias e proporcionou ao Setor de Sustentabilidade uma maior visibilidade junto a alta direção. Em consequência, houve um maior fluxo de informações incorrendo em ações mais assertivas por parte do Comitê, como por exemplo a priorização das ações nos quatro primeiros Pilares. (TRIDAPALLI, 2013)

Das ações de responsabilidade social, o autor destaca ainda o Instituto Consulado da Mulher, fundado em 2002, é a principal ação social da marca Consul. O objetivo do Instituto é a capacitação de mulheres de baixa renda ou vulnerabilidade social, formando grupos empreendedores com capacidade de geração de renda por meios de seus trabalhos.

Em 2011 iniciou o projeto Resíduos Zero, cujo a meta é alcançar 0% de envio de resíduos industriais para os aterros sanitários até o ano de 2014 e 0% de envio de resíduos sem relação com o processo produtivo até 2016. Em agosto de 2012, as unidades fabris de Manaus e Rio Claro haviam alcançado a meta. E em 2013 a unidade de Joinville atingiu a redução de 60% com projeções reais de 0%

para o próximos anos. Este projeto envolve programas de educação de colaboradores, investimento em infraestrutura, definições de forma para a redução, reciclagem e coprocessamento de resíduos. Segundo o Relatório Anual 2013/2014, houve uma redução de 72,7% na geração de resíduos perigosos entre 2012 e 2014.

A redução da utilização de substâncias restritas também é um fator estratégico para a empresa. A utilização de materiais alternativos ocorre por diversos motivos: seja pela adesão a acordos que vetam a utilização de matérias-primas provenientes de zonas de conflitos, com registros de desrespeito dos direitos humanos; ou por restrições de compra, ao tratar-se de produtos importados como o caso de hidroclorofluorcarbonos (HCFCs), sujeito a cotas por importação. (WHIRLPOOL LATIN AMÉRICA, 2015)

Segundo a *website* da empresa, em 2010 a Whirlpool iniciou as primeiras atividades para a implementação da metodologia DfE como ferramenta adicional no desenvolvimento de produtos, através de uma consultoria. Nesta fase, foi identificado qual a melhor metodologia a ser utilizada de acordo com a realidade da empresa. Foi realizada então um projeto piloto na categoria refrigeradores, como forma de aprendizagem. Em 2012 todos os grandes projetos iniciados já passaram a incluir a metodologia DfE em seus processos de desenvolvimento.

Para a Whirlpool, DfE é uma ferramenta que traduz a estratégia de sustentabilidade, baseada nos seis pilares, trazendo para dentro do processo de desenvolvimento de produtos. A garantia de que o desenvolvimento dos produtos está seguindo a estratégia de sustentabilidade é fornecida por meio de uma ferramenta – o DfE Matrix. A partir dela, foi gerado uma métrica, o DfE Index, que permite acompanhar a evolução dos produtos frente os aspectos ambientais. Esta ferramenta, segundo Tridapalli (2013), também possibilitam a identificação dos *gaps* e geram os *inputs* para a própria estratégia.

O DfE Matrix é utilizado para a quantificação dos impactos ambientais potenciais por meio dos aspectos ambientais ao longo de toda a vida de um produto. A planilha é composta por aspectos ambientais e do ciclo de vida do produto. Compõem as colunas, os aspectos ambientais definidos pelos método: consumo de materiais e energia; geração de resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões gasosas. E as linhas da planilha são compostas pelas fases do ciclo de vida: pré-manufatura, manufatura, distribuição de embalagem, uso e manutenção, fim de vida do produto. O preenchimento da tabela ocorre com o cruzamento de informações:

para cada item disposto na linha há uma série de perguntas relacionadas ao aspectos dispostos nas colunas, que devem ser respondidas. Com base nestas respostas, chega-se a uma pontuação. (PIGOSSO, 2008)

A tabela 1 apresenta um exemplo de DfE Matrix, similar ao utilizado pela Whirlpool:

Fase do Ciclo de Vida		Aspecto Ambiental					Total
		1	2	3	4	5	
		Materiais	Consumo de Energia	Resíduos Sólidos	Efluentes Líquidos	Emissões Gasosas	
A	Pré-manufatura						
B	Manufatura						
C	Distribuição e Embalagem						
D	Uso do Produto e manutenção						
E	Fim de Vida						
Total							

TABELA 2: Matriz do *Design for Environment*

FONTE: PIGOSSO, D.C. A. (2008) adaptado pelo autor (2015)

Tridapalli (2013) ressalta que as perguntas contidas nesta ferramenta são genéricas, e cabe a cada empresa interpretá-las de acordo com a sua estratégia. Por exemplo: a meta de zerar o envio de resíduos industriais para aterro até 2014 está alinhada ao item de minimização de resíduos sólidos do DfE Matrix. A ferramenta permite identificar a estratégia de cada item e permite o rastreamento da evolução ao longo do tempo.

A Whirlpool não procedeu alterações no processo de desenvolvimento de produtos. Apenas incluiu algumas fases do DfE ao processo. É realizada logo após o *Kickoff*³³ do Projeto uma análise preliminar do projeto utilizando o DfE Matrix, com base nos *Targets*³⁴ fornecidos pelo DfE Index. Verificado a pontuação, segue-se para a próxima fase com um plano de ação e oportunidades de melhorias em mãos para atingir o *Targets*, que são alinhadas as estratégias de sustentabilidade. Esta

³³ *Kickoff* - expressão oriunda do futebol, significa primeiro toque na bola; na área de projetos, significa o início de um evento ou de um projeto.

³⁴ *Targets* - tradução do inglês: metas.

análise deve ocorrer antes do *Tollgate*³⁵ conceitual. Passada a fase de *Tollgate*, mudanças a nível conceitual não são mais possíveis.

Todo esse processo pode ser ilustrado da seguinte forma:

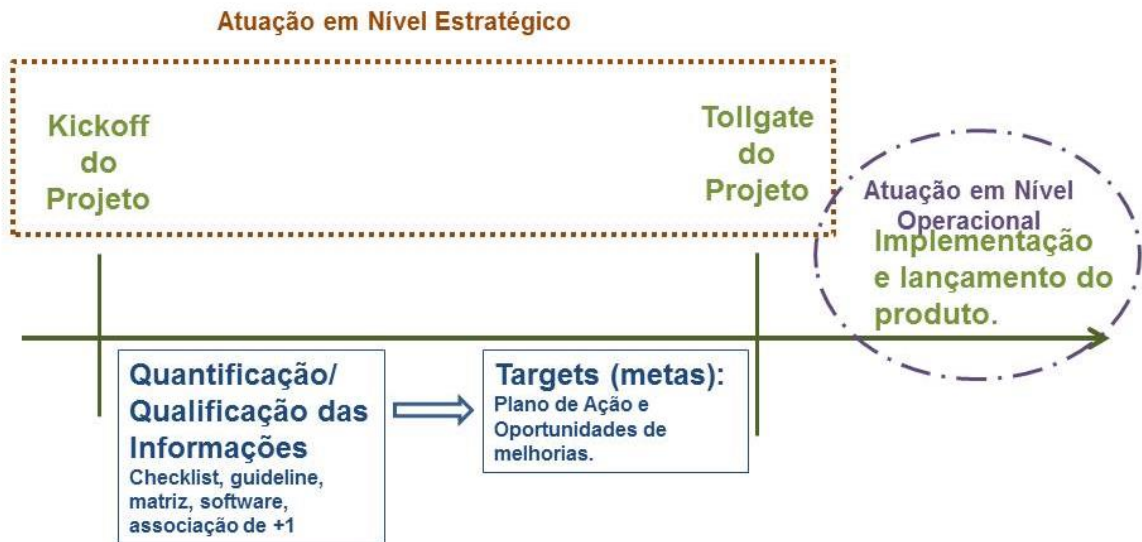


Figura 01: Aplicação do DfE no processo de desenvolvimento de produtos.
Fonte: Autor (2015)

Fechado o conceito do produto, e com o plano de ação em mãos, segue-se para a implementação do produto e lançamento. É importante o estabelecimento de metas, para garantir a evolução dos produtos. (TRIDAPALLI, 2013)

O autor relata a importância de investimentos em treinamentos, que devem ser realizadas com toda a equipe, porém não apenas para a utilização da ferramenta, mas para disseminar o conhecimento sobre a metodologia como um todo e quais os objetivos a serem alcançados com o seu uso.

5.3 DfE NA EMBRAER

Em 2002 a empresa foi a primeira do segmento aeroespacial do mundo a obter a certificação ISO 14001³⁶ (Sistema de Gestão Ambiental), mantendo a certificação ao longo dos anos e somando a OHSAS 18001³⁷ (Sistema de Gestão de Saúde e Segurança no Trabalho). O sistema de gestão ambiental da Embraer foi

³⁵ *Tollgate* - tradução do inglês: barreira. Momento de tomada de decisões dentro de um processo de desenvolvimento de produtos.

³⁶ ABNT NBR ISO 14001:2004 – Sistemas de Gestão Ambiental – Requisitos com Orientações para Uso.

³⁷ OHSAS 18001:2007 – Sistema de Gestão Segurança e da Saúde do Trabalho - Requisitos

fortalecido com a criação do Programa de Excelência Empresarial Embraer ao adotar diferentes níveis de certificação a cada Célula da empresa que alcançarem metas de redução de uso de recursos naturais e acidentes do trabalhos; inerentes aos critérios de ambiente, de saúde e segurança do trabalho.(EMBRAER, 2011)

A Embraer trabalha com metodologia *Lean*, onde a empresa está subdividida em células. Estas células são estimuladas através de um programa, a evoluir por meios de projetos de DfE. Para que uma célula de engenharia – por exemplo – passe de bronze para prata, ela precisa ter um projeto validado em DfE dentro da atividade da própria. O primeiro projeto originado deste trabalho foi em 2011, envolveu quatro células. O projeto solucionou o desperdício de cabos elétricos da atividade de cablagem³⁸ das aeronaves, ao identificarem problemas durante a fase de projetos (GRANDI, 2013).

Neste intervalo a empresa contabilizou diversas ações relacionadas a sustentabilidade socioambiental. Em 2011 lançou o programa de Desenvolvimento Integrado do Produto Ambientalmente Sustentável (DIPAS) com o objetivo de integrar os aspectos ambientais ao desenvolvimento integrado do produto, durante todo o seu ciclo de vida, aplicando a metodologia de *Design for Environment*. Outras ações atribuídas do escopo do DIPAS, é o acompanhamento do ambiente regulatório relacionado ao produto; como por exemplo a restrição de uso de materiais perigoso no avião e o estudo de materiais substitutos (EMBRAER, 2011).

As três linhas de atuação do DIPAS são (EMBRAER, 2014):

- Certificações para emissões e ruídos: para garantir o atendimento a requisitos legais e aproveitar oportunidades ambientalmente responsáveis que agreguem valor ao produto;
- Monitoramento de legislações ambientais de cada país onde a Embraer comercializa aeronaves: leis ambientais difere entre países, porém tem em comum o caráter restritivo, o que exige atenção;
- Ciclo de vida do produto: desde a fabricação das peças até o desmonte da aeronave.

Ao trabalhar com a metodologia DfE, o DIPAS passa a integrar reuniões de projetos em conjunto com as áreas de sustentabilidade e engenharia, de modo a contribuir com o planejamento e análise de materiais e componentes utilizados, com

³⁸ Cablagem – instalação de sistemas de cabeamento.

atuação extensa a cadeia de suprimentos, garantindo o fornecimento em conformidade com os requisitos legais.

O Desenvolvimento Integrado de Produto Ambientalmente Sustentável causa desdobramentos em outras áreas, estimulando soluções. O Projeto de Desenvolvimento Tecnológico desenvolveu formas de reaproveitamento de materiais compostos sobressalentes. Segundo Gradi (2013), o material composto é extremamente caro para aquisição e destinação final das sobras, que eram incinerados. A equipe de Desenvolvimento Tecnológico desenvolveu formas de reaproveitamento destes retalhos nos ferramentais da Empresa. Isso promoveu – segundo dados divulgados em 2012 – uma economia de U\$ 1.100 mil dólares por ano para destinação deste tipo de resíduo.

De acordo com o Relatório Anual/2014, um dos maiores desafios futuro do DIPAS será promover a evolução do sistema de gestão de substâncias químicas e a criação de um cadastro de rastreabilidade de peças, antecipando-se ao que o mercado acredita ser uma exigência futura (EMBRAER, 2014).

O atendimento a requisitos de gestão de produtos potencialmente nocivos é de extrema importância para a Embraer; que possui ferramentas de monitoramento de seus fornecedores quando as boas práticas de manipulação e descarte destes materiais. A empresa mantém também um programa de qualificação de fornecedores, com o foco de capacitar sua cadeia de suprimentos.

No tratamento de resíduos, o destaque fica com a adesão a *Aircraft Fleet Recycling Association* (AFRA), sediada em Washington (EUA). A AFRA é uma associação reconhecida como líder mundial do seguimento em práticas ambientais, dedicada ao desenvolvimento sustentável na desmontagem de aeronaves, recuperação e reciclagem de peças e materiais. Através de um Guia de Boas Práticas e da consolidações de informações promove a melhoria da gestão do fim de vida em termos de desempenho ambiental e sustentável. (AIRCRAFT FLEET RECYCLING ASSOCIATION, 2015)

O DfE é uma metodologia de adesão voluntária, que visa proporcionar ganhos ambientais como a redução dos riscos ambientais e econômicos, como por exemplo, a maior eficiência no consumo de materiais, redução da geração de resíduos e melhoria de acesso a linhas de crédito. Há ainda uma melhoria na imagem e na competitividade. Segundo Grandi (2013), todos estes ganhos foram

alcançados sem comprometer fatores essenciais como: a qualidade, desempenho, peso, manutenção, funcionalidade, estética, custo e o principal, a segurança.

O desempenho ambiental das aeronaves é constatado no atendimento a certificações internacionais em diversos aspectos. O ruído das aeronaves – por exemplo - também é tratado como item estratégico no desenvolvimento de produtos, por força de exigências internacionais de mercado. As aeronaves da Embraer atendem aos níveis de ruído estipulada pela Organização de Aviação Civil (Oaci), órgão das Nações Unidas encarregado de regular a aviação civil mundial. (EMBRAER, 2014).

Cerca de 2% das emissões de gases de efeito estufa (GEE) do mundo são provenientes do setor aeronáutico. Comprometida com a sustentabilidade dos negócios, a Embraer em 2012 aderiu ao pacto de sustentabilidade da indústria aeronáutica, iniciativa da *Air Transport Action Group* (Atag), em extensão ao compromisso de 2008, que estabelece a redução de 50% das emissões de GEE até 2050, tendo como base o ano de 2005. Em 2014, o inventário de emissões de gases de efeito estufa foi certificado pelo quinto ano consecutivo pela ISO 14064³⁹ parte I (Inventário de emissões de GEE), que estabelece normas para quantificação, monitoramento, verificação e validação das emissões de gases de efeito estufa. Uma das iniciativas é a redução de giro de motor pré-voo (voo de produção) e revisão dos procedimentos vigentes em atendimento ao novo processo; geraram uma economia de 9,9 toneladas de combustível por ano e uma redução de 31,08 tCO₂ / ano (EMBRAER, 2014).

Grandi (2013) reforça que o DfE é uma ferramenta multidisciplinar que promove mudanças positivas no desenvolvimento de produtos. E estes ganhos são transferidos aos clientes ao adquirir produtos com um melhor desempenho ambiental.

³⁹ ABNT ISO 14064-1:2006 - Gases de efeito estufa. Parte 1: Especificação e orientação a organizações para quantificação e elaboração de relatórios de emissões e remoções de gases de efeito estufa

6 CONCLUSÃO

A revisão de literatura conceituou de forma objetiva a metodologia DfE, com o foco da sua aplicação na redução de geração de resíduos provenientes de processo produtivos. Ficou evidente a sua colaboração efetiva na melhoria do desempenho ambiental dos produtos ao longo de todo o seu ciclo de vida, sendo possível de ser aplicada a qualquer ramo de atividade industrial.

Suas diretrizes e estratégias convergem com parte dos objetivos da Lei de Resíduos Sólidos, mostrando-se como uma metodologia capaz de auxiliar as empresas no atendimento dos requisitos legais inerentes a resíduos sólidos, ao reduzir quantidade e a toxicidade desses resíduos.

Os ganhos que vão além do escopo ambiental são ilustrados pelos cases apresentados. Onde os dados demonstram a redução de custos operacionais, uso mais eficiente de insumos e matéria-prima e a abertura a novos mercados, em decorrência das mudanças de posturas ocorridas em função da aplicação dessa metodologia.

Por fim, pode-se afirmar que o DfE influencia diretamente a geração de resíduos sólidos industriais, por ser uma metodologia aplicada de forma proativa, levando a equipe envolvida no desenvolvimento de novos produtos a refletir sobre os impactos ambientais durante todo o ciclo de vida.

REFERÊNCIAS

- AMMENBERGA, J.; SUNDINB, E. *Products in environmental management systems: drivers, barriers and experiences*. **Journal of Cleaner Production**, v. 13 p. 405 - 415, 2005.
- ANDRADE, J.C.S. Desenvolvimento sustentado e competitividade. Tipos de estratégias ambientais empresariais. **TECBAHIA R. Baiana Tecnol**, Camaçari, v. 12, n. 2, mai./aog.1997
- BILLATOS, S., ***Green technology and design for the environment***. Taylor & Francis, 1997. e-book. Disponível em:
<https://books.google.com.br/books?id=uBtHUCWqYngC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false> Acesso em: 29/09/2015.
- BORCHARDT, M. *et al*; Motivação para o emprego do ecodesign: um estudo de caso na indústria automotiva. Trabalho apresentado no 1º International Workshop Advances Cleaner Production. São Paulo, 2007.
- BORGES, L. A. C., REZENDE, J. L. P., PEREIRA, J. A. A.; Evolução da legislação ambiental no Brasil. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 2, n. 3, p. 447-466, Set/Dez 2009.
- BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.
- BRASIL. Lei n. 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, p. 2, 03 ago. 2010.
- BRASIL. Plano Nacional De Resíduos Sólidos. Disponível em:
<http://www.mma.gov.br/estruturas/253/_publicacao/253_publicacao02022012041757.pdf> Acesso: 29/09/2015.
- CANDIDO, L. H. A.; **Contribuição ao estudo da reutilização, redução e da reciclagem dos materiais com aplicações ao Ecodesign**. Tese (Dissertação Mestrado Engenharia). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.
- CANNON-BOWERS. ***Teamwork in multi-person systems: a review and analysis***. Ergonomics, 2000, Vol. 43, N°. 8, 1052 - 1075
- CHARTER, M.; TICHENER, U. ***Sustainable solutions: developing products and services for the future***. Greenleaf Publishing Limited, 2001. e-book. Disponível em:< <https://books.google.com.br/books?id=MJ2a4cnMhfYC&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false>> Acesso em: 29/09/2015.
- CNI. Meio Ambiente: Gestão de Resíduos Sólidos. Disponível em:
<<http://admin.cni.org.br/porta1/data/pages/FF808081272B58C0012730BE4CB57D71.htm>> Acesso em: 29/09/2015.

CNI. **Sustentabilidade: Equilíbrio que Movimenta um Mundo Melhor**. Disponível em: <http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_18/2015/09/03/9615/PesquisaCNISustentabilidade.pdf> Acesso em: 25/10/2015.

CNI. **Visão da Indústria Brasileira sobre a Gestão de Resíduos Sólidos**. Brasília: CNI, 2014. Relatório Técnico.

DEMAJOROVIC, J.; MATURANA, L. M. Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis: purificadores de água brastemp e carpetes interface. RGSA – **Revista de Gestão Social e Ambiental**. Set.- Dez. 2009, V. 3, Nº 3, p. 102-119

EMBRAER. Quem Somos. Disponível em: < <http://www.embraer.com.br/pt-BR/ConhecaEmbraer/TradicaoHistoria/Paginas/default.aspx> > Acesso em: 29/09/2015.

FIEAM. Eletrodomésticos inovadores economizam água e energia. Disponível em: <<http://www.fieam.org.br/site/fieam/eletrodomesticos-inovadores-economizam-agua-e-energia/>> Acesso em: 29/09/2015.

Gerenciamento de Resíduos. Disponível em: <<http://admin.cni.org.br/portal/data/pages/FF808081272B58C0012730BE4CB57D71.htm>> Acesso em: 29/09/2015.

GIL, A. C.; **Como elaborar um projeto de pesquisa**. 4.ed. São Paulo: Atlas S.A., 2002.

GRANDI, C. M. Implementação do DfE - *Design for Environment* na Embraer. I Workshop Design for Environment: oportunidades e desafios para a indústria brasileira. 2013. São Paulo. Disponível em: < <http://vocs.tv/senai/workshop/> > Acesso em: 30/09/2015.

GUERATO, A. M.; **Projeto Voltado para o descarte de estruturas primárias de material compositório**. 117 f. Tese (Dissertação de Mestrado Profissional) Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2010.

HAUSCHILD, M.Z.; JESWIET, J.; ALTING, L. **Design for Environment – Do we Get the focus right?** CIRP - Annals Manufacturing Technology // Volume 53, Issue 1, 2004, Pages 1–4. Anais. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007850607606313>> Acesso em: 29/09/2015.

INPE, **O futuro que queremos: Economia Verde, desenvolvimento Sustentável e Erradicação da Pobreza**, 2011. Disponível em: <<http://www.inpe.br/50anos>> Acesso em: 01/06/2015.

INVESTIMENTOS E NOTÍCIAS. Embraer integra o Índice Dow Jones de Sustentabilidade 2015/2016. Disponível em: <<http://www.investimentosenoticias.com.br/noticias/negocios/embraer-integra-o-indice-dow-jones-de-sustentabilidade-2015-16>> Acesso em: 29/09/2015.

IPEA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Industriais - Relatório de pesquisa.** Brasília: IPEA, 2012. Relatório Técnico.

JUNIOR, M. J. A. P. A UTILIZAÇÃO DAS FERRAMENTAS 'LEAN MANUFACTURING' COMO COMPLEMENTO AO 'DESIGN FOR ENVIRONMENT' PARA REDUÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL. Trabalho apresentado no 5º International Workshop Advances Cleaner Production. São Paulo, 2015.

KUTZ, M. **Environmentally Conscious Mechanical Design.** John Wiley & Sons, Inc. 2007. e-book. Disponível em:
<https://books.google.com.br/books?id=28QNI8XnPmYC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false > Acesso em:29/09/2015.

KUTZ, M. **Environmentally Conscious Manufacturing.** John Wiley & Sons, Inc. 2007. e-book. Disponível em:
https://books.google.com.br/books?id=Iya9G8EPumwC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false Acesso em:25/10/2015.

LAYRARGUES, P.P. **Sistema de Gerenciamento Ambiental, Tecnologia Limpa e Consumidor Verde:** a delicada relação empresa-meio ambiente no ecocapitalismo. São Paulo Abr./Jun. 2000 São Paulo, v. 40 n. 2 p 80-88

LINDAHL, M.; HJELM, O.; SUNDIN, E.; THURESSON L. **What could be learned from the utilization of Design for Environment whit manufacturing compaines?** Trabalho apresentado no Go To Top - EcoDesign 2005, Tokyo - Japan, 2005.

MAGNAGO, P. F.; ORNAGHI, J. P.; Sustentabilidade em Desenvolvimento de Produtos: uma proposta para a classificação de abordagens. **Revista Produção Online.** v. 12, n. 2, p. 351-376, abr./jun. 2012.

MIGLIANO, J. E. B. **O Design nos Contextos da Política Nacional de Resíduos Sólidos, da Produção mais Limpada Sustentabilidade.** In: "CLEANER PRODUCTION TOWARDS A SUSTAINABLE TRANSITION" São Paulo – Brazil – May 20th to 22nd – 2015

PIGOSSO, D.C.A. **Integração de Métodos e Ferramentas do Ecodesign ao Processo de Desenvolvimento de Produtos.** 162 f. Trabalho de graduação (Eng. Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2008

PIGOSSO, D. C. A.; ROZENFELD, H. **Métodos e ferramentas de Ecodesign: revisão bibliográfica sistemática.** Produto & Produção, vol. 13 n. 1, p. 16-33 , fev. 2012.

POULIKIDOU, S. **Integration of Design for Environment in the vehicle manufacturing industry in Sweden Focus on practices and tools.** 49f. Tese (Licentiate thesis in Planning and Decision Analysis with specialization on Environmental Strategic Analysis) - KTH, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden 2013.

QUEIROZ, G. A.; *et al.* APLICAÇÃO DA MATRIZ DFE (DESIGN FOR ENVIRONMENT MATRIX) NA ANÁLISE DO PROJETO E DESENVOLVIMENTO DE UM PRODUTO DO SETOR CALÇADISTA. Trabalho apresentado XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Bento Gonçalves, 2012.

SILVA, L.C.L.; **Design para o ambiente: análise da integração de aspectos ambientais no processo de desenvolvimento de produtos.** Tese (Dissertação Mestrado Eng. Produção). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2012.

THE NATURAL STEP. About us. Disponível em:
<<http://www.thenaturalstep.org/about-us/>> Acesso em: 29/09/2015.

TRIDAPALLI, C. Programa DfE na Whirlpool. I Workshop Design for Environment: oportunidades e desafios para a indústria brasileira. 2013. São Paulo. Disponível em:< <http://vocs.tv/senai/workshop/>> Acesso em: 30/09/2015.

VITAL , M.H.F.; INGOUVILLE, M.; PINTO, M.A.C. **Estimativa de investimentos em aterros sanitários para atendimento das metas estabelecidas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos entre 2015 e 2019.** Disponível em:
<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/3041/1/Estimativa%20de%20investimentos%20em%20aterros%20sanitarios_P.pdf> Acesso em: 29/09/2015.

World Commission On Environment And Development: Our Common Future. Disponível em: <<http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>> Acesso em 29/09/2015.

WHIRLPOOL, Cases de inovação. Disponível em:
<<http://www.whirlpool.com.br/pagina/cases/>> Acesso em 29/09/2015.

WHIRLPOOL, Inovação Sustentável. Disponível em:
<<http://www.whirlpool.com.br/pagina/sustentabilidade/>> Acesso em 29/09/2015.

WHIRLPOOL, Sobre a Whirlpool Latin America. Disponível em:
<http://www.whirlpool.com.br/pagina/sobre/#row_1386801450511 > Acesso em 29/09/2015.

WHIRLPOOL, Relatório de Sustentabilidade. Disponível em:
<<http://projetos.riccari.com.br/clientes/whirlpool/construindo-o-futuro>> Acesso em 29/09/2015.

WHIRLPOOL, Whirlpool reduz o envio de resíduos para aterros. Disponível em:
<<http://www.whirlpool.com.br/2013/01/whirlpool-reduz-o-envio-de-residuos-para-aterros/>> Acesso em 29/09/2015.

WHITNEY, D. E. **Manufacturing by Design.** Harvard Business Review. N° 88412. Jul/Ago 1988.