XIV SIMPEP
06 a 08 de novembro de 2007

A Sustentabilidade (Tríade ESA - Econômica, Social e Ambiental) como requisito em Métodos e Ferramentas Projetuais para Design

Lisiane Ilha Librelotto (UNISUL / UNIVALI) librelotto@univali.br
Paulo César Machado Ferroli (UNIVALI) ferroli@univali.br

Resumo: Desde o início do uso da expressão "desenvolvimento ecologicamente correto", formalizado em 1986, diversos aprimoramentos foram introduzidos, objetivando a correta inclusão do fator ecológico nos projetos de produtos. Da evolução conceitual gerada por diversas pesquisas ao longo das quase três décadas desde o conceito original, a principal é a necessidade da promoção da sustentabilidade como um todo, alicerçada pelo interrelacionamento dos fatores sociais, econômicos e ecológios, gerando a tríade da sustentabilidade conhecida como ESA (econômica – social – ambiental). Esta, ao ser incorporada aos projetos de novos produtos, objetiva a manutenção do meio-ambiente, sem prejuízo do incremento produtivo necessário ao atendimento das necessidades humanas.
Palavras-chave: Sustentabilidade; Design; Incremento Produtivo.

1. Introdução

Atualmente o cenário mundial necessita de profissionais capacitados no projeto de produtos sustentáveis, tanto ecologicamente, quanto nas áreas social e econômica. A eficiência deste processo abrange a inovação tecnológica no sentido da busca da redução do consumo de energia, seja na fabricação do produto, durante o uso ou mesmo na seleção da matéria-prima e recursos naturais empregados, reduzindo desta forma, os agentes poluidores e preservando ao máximo o meio ambiente.

No social, o projetista deve tomar decisões que considerem o lado humano, tanto dentro quanto fora das organizações. Entender o impacto da seleção de um determinado material, no processo de fabricação, na ergonomia da máquina que trabalha com aquele material, no risco, no ambiente de trabalho, no desenvolvimento tecnológico e econômico promovido pela terceirização de uma etapa da produção, ou mesmo o *know-how* transmitido aos funcionários daquela micro região, são exemplos da inserção da dimensão social no projeto do produto que vão muito além das questões econômicas e ambientais.

A gestão deste processo envolve uma atividade mais eficaz, direcionada ao incremento da qualidade de vida das pessoas, buscando uma harmonia entre a satisfação das necessidades dos clientes usuários, com a preservação do planeta. Neste cenário, a sustentabilidade caracteriza-se pela interdisciplinaridade, pois somente através da integração de diferentes disciplinas e ramos do conhecimento pode-se obter produtos ambientalmente viáveis que atendam as exigências de um mercado em constante evolução.

O profissional projetista (designer, engenheiro ou arquiteto) precisa atender seis requisitos mínimos em seus produtos: visão mercadológica (onde o desafio é projetar para o público adequado, buscando atender as necessidades culturais, sociais e regionais), visão produtiva (buscando materiais renováveis, processos com tecnologias limpas, fornecedores confiáveis, etc.), visão artística (inovação, tendências e formas adequadas para cada projeto em particular), visão econômica (sempre buscando a melhor relação custo *versus* benefício),

visão ergonômica (satisfação dos usuários através do conforto de uso, segurança e facilidade de entendimento de funções e comandos) e, finalmente, a visão ecológica.

A área de atuação dos profissionais envolvidos em projeto de produtos é extremamente abrangente (embalagens, máquinas, mecanismos, dispositivos elétricos, mecânicos, hidráulicos, pneumáticos, eletrônicos, construção civil, militar, aero-espacial, etc.) e a quantidade de empresas e profissionais que buscam constantemente um aperfeiçoamento educacional na área projetual tem crescido consideravelmente, o que reforça a importância do tema.

Uma eficiente aplicação dos conceitos de sustentabilidade e melhoria contínua aos produtos industriais ajuda empresas e profissionais liberais a otimizar negociações com clientes e principalmente, quando o objetivo é a exportação, produtos ecologicamente corretos, amparados em uma boa política de marketing, impulsionam as vendas.

Baseado nestas constatações, esse artigo discute a importância da inserção da sustentabilidade no projeto de produtos, introduzindo essa variável em ferramentas e métodos de projeto tradicionalmente utilizadas na gestão do design.

Inicialmente discute-se o conceito do que é design, como os conceitos se relacionam com a questão da sustentabilidade e a abrangência com que a consideram. Após, relaciona-se os principais métodos projetuais e a forma como incorporam a sustentabilidade em suas práticas, considerando, finalmente, a necessidade da inserção da sustentabilidade nos métodos projetuais para que haja um reflexo nos produtos e práticas industriais.

2. Design e Sustentabilidade

Muitas são as definições atuais do que é design; no entanto, o quesito sustentabilidade aparece nessas definições apenas sutilmente. Ou seja, em algumas são encontradas referências à solução de problemas e ao atendimento das necessidades, e não há como concebermos hoje um problema que não envolva a questão da sustentabilidade em maior ou menor grau. Junto as necessidades dos clientes também estará implícita a sustentabilidade.

Alguns autores mencionam os fatores econômicos, ecológicos e sociais, considerados imprecindíveis pelos autores e pesquisadores da área, mas não está claro sua interligação, especialmente considerando essa interligação sob o aspecto sustentável. Algumas definições demonstram isso, discutindo até que ponto se extendem os problemas a ser considerados no projeto de produtos, mas sem se preocuparem em definir exatamente quais são esses problemas.

Projetar significa, segundo o dicionário da língua portuguesa (FERREIRA, 2004): [...] criar, planejar, fazer planos, ter intenções [...]. Para os projetistas, projetar é uma atividade realizada com o objetivo de suprir alguma necessidade.

Back e Forcellini (2005, p. 1-1), definem projeto como [...] uma atividade de planejar, sujeito às restrições da resolução, uma peça ou um sistema para atender de forma ótima necessidades estabelecidas, sujeito, ainda, às restrições de solução.

Löback (2001) explica que, recentemente, projetar passou a ser melhor definido como fazer o design de um produto. Para o autor, design é "[...] uma idéia, um projeto ou um plano para a solução de um problema determinado" (LÖBACH, 2001, p. 16). Assim sendo, o termo design é um conceito geral, que responde por um processo mais amplo, iniciando pelo desenvolvimento de uma idéia, podendo concretizar-se em uma fase de projeto.

Dormer (1995) divide o projeto em design abaixo da linha e design acima da linha. O primeiro refere-se àquilo que os consumidores não vêem, que visualmente pode não acrescentar nada ao produto (como por exemplo, o tipo de óleo desenvolvido especialmente para melhorar a performance do motor de uma máquina agrícola), enquanto que o segundo refere-se ao "estilismo" aplicado para conquistar clientes. Esse conceito é reforçado por Carpes Júnior (2004), afirmando que os projetistas com formação mais técnica preocupam-se mais com aspectos funcionais (dimensões, eficiência e desempenho, por exemplo) – projeto abaixo da linha, enquanto os de formação mais artística atentam mais para aspectos como cores, formas e relação do produto com grupos sociais (projeto acima da linha).

Para Aguiar (2000), o design industrial não pode, hoje em dia, ter apenas o objetivo de ser um "projeto de alta qualidade", mas deve respeitar todos os condicionalismos e *inputs* relevantes e aplicáveis: da ergonomia, às disponibilidades técnicas de produção, da otimização dos recursos ao respeito pelo ambiente, da diminuição das emissões à integração de soluções inovadoras, do respeito pelos direitos do consumidor à materialização de uma forma equilibrada e harmoniosa.

Segundo Rozenfeld *et. al* (2006, p. 3), [...] desenvolver produtos consiste em um conjunto de atividades por meio das quais busca-se, a partir das necessidades do mercado e das possibilidades e restrições tecnológicas, e considerando as estratégias competitivas e de produto da empresa, chegar às especificações de projeto de um produto e de seu processo de produção, para que a manufatura seja capaz de produzi-lo. O desenvolvimento de produto também envolve as atividades de acompanhamento do produto após o lançamento para, assim, serem realizadas as eventuais mudanças necessárias nessas especificações, planejada a descontinuidade do produto no mercado e incorporada, no processo de desenvolvimento, as lições aprendidas ao longo do ciclo de vida do produto.

De acordo com a norma ISO 10.006 (Diretrizes para qualidade de gerenciamento de projetos) *apud* Xavier (2005, p. 5), projeto é [...] um processo único, consistindo de um grupo de atividades coordenadas e controladas com datas para início e término, empreendido para alcance de um objetivo conforme requisitos específicos, incluindo limitações de tempo, custo e recursos.

Segundo Casarotto Filho *et al.* (1999, p. 19), "[...] define-se projeto como um conjunto de atividades interdisciplinares, interdependentes, finitas, não repetitivas. Elas visam a um objetivo com cronograma e orçamento preestabelecidos, ou seja, um empreendimento".

Para Shigley e outros (2005, p. 26), [...] projetar consiste tanto em formular um plano para a satisfação de uma necessidade específica quanto em solucionar um problema. Se tal plano resultar na criação de algo tendo uma realidade física, então o produto deverá ser funcional, seguro, confiável, competitivo, utilizável, manufaturável e mercável.

2000, p. 20).

Depois de uma ampla revisão conceitual, Santos (2000) afirma ser o design um sistema processador de informações, onde existe uma entrada e uma saída. Neste sistema, tanto os insumos quanto os resultados obtidos são informações, ou seja, o processo de design é alimentado por informações de várias áreas (engenharia, produção, ergonomia, marketing, sociologia, economia, etc.), e após processá-las serão obtidas mais informações, que permitirão posicionar o produto projetado no mercado frente a concorrentes e consumidores.

Para Menezes (2001, p. 43), projeto é "[...] um empreendimento único que deve apresentar um início e um fim claramente definidos e que, conduzido por pessoas possa atingir seus objetivos respeitado os parâmetros de prazo, custo e qualidade".

Moraes (1997, p. 155) explica que o designer deve habituar-se a usar [...] o raciocínio reflexivo e analítico durante as fases de desenvolvimento de um projeto [...], ter senso crítico sobre as reais possibilidades de aplicação de seu produto junto ao mercado consumidor e junto ao usuário consumidor. Habituar-se com a aplicação de enfoques humanísticos e de valores culturais como fatores de diferenciação e como geração de novas alternativas projetuais.

Strunk (2001, p. 15) ao se referir a atividade de um designer coloca: [...] nossa língua é rica, mas infelizmente não tem uma palavra que traduza exatamente o que fazemos. Nossa missão relaciona-se à concepção, à criação de conceitos que, formalizados, possam fazer a informação circular com a maior eficácia possível, e isto sem abrir mão do prazer estético que é próprio dos seres humanos.

Essa pequena amostra de conceitos foi retirada de publicações específicas da área projetual, voltadas para engenheiros, arquitetos e designers. Nota-se isso, pelo modo distinto de conceituação dos fatores determinantes a um bom "design", notadamente mais técnicos na área de engenharia e mais "artístico" nas áreas do design e arquitetura.

Portas (1993), explica que o problema atual não está mais na definição do que é design: [...] é hoje assunto pacificado que se trata de resolver problemas e não de desenhar [...]. O problema actual está precisamente em saber qual é o âmbito com que os problemas a resolver são postos, ou, de outro modo, até onde vai, ou deixa de ir, a competência e a responsabilidade do designer no interior do sistema complexo de decisões da indústria e da administração pública e como se comporta perante o consumidor – o sujeito – que vai manipular, ou viver no meio das suas concepções.

A inclusão da sustentabilidade nas três dimensões (ambiental, social e econômica), ainda não é clara. Desse modo, dificulta que os projetistas a considerem quando do uso de ferramentas projetuais e métodos específicos para design, pois o conceito apresenta-se deficitário.

Existem atualmente vários métodos de projeto e, por conseguinte, estabelecer qual o melhor depende fundamentalmente de se estabelecer qual é o verdadeiro problema de projeto que se pretende resolver, para então, analisar os métodos disponíveis e verificar qual trará melhores resultados com menos gasto de recursos (humanos, financeiros, estruturais, etc.). Logo, o projetista deve possuir um conceito claro de sua atividade profissional, para que possa utilizar-se de métodos e ferramentas de forma satisfatória.

3. A sustentabilidade em ferramentas e métodos projetuais

Usualmente o projeto de produtos divide-se nas etapas de estudo da viabilidade, projeto preliminar, projeto detalhado, revisão e testes, planejamento da produção, planejamento do mercado, planejamento do consumo e planejamento da obsolescência. O quadro 1 apresenta as principais ferramentas e métodos projetuais, contendo um resumo de cada método / ferramenta, etapa do projeto que aborda, a forma como integra a sustentabilidade e sua aplicabilidade.

Quadro 1: Métodos e ferramentas para projeto de produtos e seu relacionamento com a sustentabilidade.

Modelo Ferramenta	Etapas principais	A sustentabilidade
Diagrama de Pareto	O diagrama ajuda a visualizar, através de uma gráfico de colunas, quais os fatores que tem maior ou menor relevância nos aspectos analisados. Pode ser aplicado em qualquer etapa projetual.	Não aborda, mas aplicável.
Diagrama causa-efeito	Uma das sete ferramentas desenvolvidas por Ishikawa, para aplicação na resolução de problemas específicos. Consiste em enumerar as causas de um determinado efeito, que em geral são asociadas aos 6M: método, materia-prima, mão de obra, máquina, medida, meio ambiente. Com o passar dos anos ganhou inúmeras variantes. Pode ser aplicada em qualquer etapa projetual, na análise de problemas.	Não aborda, mas aplicável.
Análise de Valor (Custo /Benefício)	Segundo Baxter (2000), a aplicação da ferramenta custo-benefício considera quanto benefício se pode gerar para o consumidor de determinado produto, em conseqüência do seu custo e, dessa forma, buscam-se índices melhores que os da concorrência. Pode ser aplicada do estudo de viabilidade ao projeto detalhado.	Não aborda, mas aplicável.
GUT – Gravidade/ Urgência/ Tendência.	De acordo com o GAV (1999), a utilização da técnica do GUT (Gravidade, Urgência e Tendência), tem por objetivos: a orientação na tomada de decisões, o estabelecimento de prioridades na solução de problemas que foram detectados e a facilidade na identificação de processos críticos. Consiste em atribuir notas ou pesos a gravidade de uma determinada siutação, a urgência em que deve ser resolvida e a tendência para que ocorram problemas,ou que aumentem. Pode ser aplicado em qualquer etapa projetual.	Não aborda, mas aplicável.
5W2H –	Devem ser identificados os itens *what* (o que fazer para resolver o problema), *why* (por que isso deve ser feito), *who* (quem fará), *when* (em quanto tempo será feito), *where* (onde), *how* (de que maneira) e *how much* (qual a verba disponível para a resolução do problema). Pode ser aplicado em qualquer etapa projetual, na elaboração de planos de ação.	Não aborda, mas aplicável.
Gráficos de controle	São usados para salientar a ocorrência de causas especiais, de modo que possam ser eliminadas, quando as características mensuradas são quantificáveis. Aplicável no reprojeto de produtos ou na revisão do planejamento da produção.	Não aborda, mas aplicável.
Círculo PDCA	Também conhecido como ciclo de Deming. De acordo com a norma NBR ISO 9001 (2000), o PDCA é estabelecido como: Plan (planejar): estabelecer os objetivos e processos necessários para fornecer resultados de acordo com os requisitos do cliente e políticas da organização; Do (fazer): implementar os processos; Check (checar): monitorar e medir processos e produtos em relação às políticas, aos objetivos e aos requisitos para o produto, e relatar os resultados; Act (agir): executar ações para promover continuamente a melhoria do desempenho do processo. Pode ser utilizado em qualquer etapa projetual, no planejamento e monitoramento de ações.	Nas normas ISO 9000, 14000 e 18000, está voltado para as dimensões da sustentabilidade de maneira isolada. Pode ser aplicado a toda a sustentabilidade na gestão integrada.
QFD (Quality Function Deploiment)	Uma das ferramentas projetuais mais bem aceitas atualmente é o QFD, ou Desdobramento da Função Qualidade, também conhecido como casa da qualidade. Consiste da transformação das necessidades dos clientes em requisitos de projeto. A aplicação completa do QFD constitui-se de quatro casas da qualidade, sendo a primeira, referente ao Planejamento do Produto, a segunda, ao Desenvolvimento dos Componentes, a terceira, ao Planejamento do Processo e a quarta, ao Planejamento da Produção. É passível de mais desdobramentos. Aplicável em todo o projeto.	Não aborda, mas aplicável.

Método paramétrico Menezes (2001)	Constitui-se basicamente na determinação de fatores considerados deveres e de fatores considerados desejos. Inicialmente, listam-se os deveres e analisam-se todas as alternativas geradas. As que tiverem algum dever não cumprido são automaticamente eliminadas. Já as aprovadas nesta etapa inicial são analisadas em função dos desejos. Para isso, estabelecem-se pesos e notas, resultando em valores. A alternativa que obtiver o maior valor será a escolhida. Nas fases iniciais, na geração de alternativas. Surgiu uma variação do método, resultante na combinação do modelo de Kano (qualidade obrigatória, de desempenho e atrativa) com a ferramenta GUT.	Não aborda, mas aplicável.
PERP-CPM (Técnica de Avaliação e Revisão de Projetos e Método do Caminho Crítico)	Consiste na decomposição do projeto em atividades, ordenamento, seqüênciamento e estabelecimento das durações de cada atividade. A partir daí, determinam-se as datas de ocorrência dos eventos, nas suas versões mais cedo e mais tarde. Pode ser usado no planejamento da duração do projeto e de seus processos.	Não aborda, mas aplicável.
DFA e DFM – Design for Assembly e Design for Manufacture	O DFA enfoca: consolidação das peças; montagem vertical com o auxílio da gravidade; uso de características de orientação e inserção de peças e revisão do projeto conceitual através do consenso da equipe de projeto (promovendo a engenharia simultânea). Já o DFM compara o uso de diferentes combinações de materiais e processos de fabricação selecionados para as partes de uma montagem, e determina o impacto do custo com o uso destes materiais e processos, ou seja, enquanto o DFM avalia cada peça em separado e recomenda peças simples, em substituição a uma peça de forma geométrica mais complexa (acarretando um aumento do número de peças), o DFA avalia todo o produto. Aplicável até o planejamento da produção.	Não aborda, mas aplicável.
Briefing	Segundo Strunk (2001) o briefing é um direcionamento preciso para o trabalho a ser realizado, onde devem estar listados dados sem os quais as possibilidades de erro são enormes. Serve para orientar os profissionais envolvidos sobre quais requisitos são indispensáveis ao projeto do produto. Pode ser aplicado a todas as etapas de desenvolvimento do produto.	Não aborda, mas aplicável.
FMEA – Modo/tipo de Falhas e Análise de Efeitos	É uma ferramenta que busca evitar a ocorrência de falhas no projeto de produtos, aumentando a confiabilidade, especialmente quando aplicada também no projeto de processos. A FMEA pode ser aplicada para: diminuir a probabilidade da ocorrência de falhas em projetos de novos produtos ou processos; diminuir a probabilidade de falhas potenciais em produtos/processos em operação; aumentar a confiabilidade de produtos ou processos já em operação por meio da análise das falhas que já ocorreram; e diminuir os riscos de erros, aumentando a qualidade em procedimentos administrativos. Pode ser aplicada em todas as etapas do projeto.	Não aborda, mas aplicável.
Assimov (1962) apud Fiod Neto (1993)	A partir da necessidade primária divide-se o modelo geral em duas etapas: fases primárias do projeto (estudo de exeqüibilidade, projeto preliminar, projeto detalhado) e fases relacionadas com o ciclo de produção – consumo (planejamento para a produção, planejamento para a distribuição, planejamento para o consumo e planejamento para a retirada).Utilizável em todo o projeto.	Não aborda, mas aplicável.
Coryell (1967) apud Fiod Neto (1993)	Apresenta uma sistemática de projeto composta de doze etapas: revisão dos requisitos, criatividade, avaliação da análise preliminar, análise de soluções, refino do projeto, leiaute do projeto, revisão de projeto, projeto detalhado, análise detalhada, desenvolvimento de modelos e protótipos, revisão e avaliação do protótipo, suporte à fabricação. Aplicável até a fase de planejamento da produção.	Não aborda, mas aplicável
VDI 2221 (1985)	Elaborada pela Sociedade de Engenheiros Alemães, divide o projeto em sete passos: estabelecimento da formulação da tarefa,	Não aborda, mas aplicável.

	verificação das funções e suas estruturas, pesquisa dos princípios de solução e sua estrutura, estruturação em módulos realizáveis, configuração dos módulos principais, configuração do produto final, e fixação das informações de execução e de uso. Aplicável até a fase de planejamento do consumo.	
Pahl e Beitz (1988) apud Fiod Neto (1993)	É considerada uma abordagem clássica na área e estabelece o processo de projeto em quatro fases principais: definição da tarefa (resultando na elaboração da lista de requisitos), concepção ou projeto conceitual (estrutura de funções, pesquisa por princípios de soluções, combinação dos princípios de solução através de matriz morfológica, seleção das combinações, concretização em variantes de concepção e avaliação das variantes de concepção), projeto preliminar ou de configuração e projeto detalhado.Aplicável até o projeto detalhado.	Não aborda, mas aplicável
Blanchard e Fabrick (1990)	O projeto é colocado como uma função do ciclo de vida de um sistema, iniciando com a identificação de uma necessidade e tendo como etapas subseqüentes: planejamento, pesquisa, projeto (requisitos de projeto, projeto conceitual, projeto preliminar, projeto detalhado, suporte de projeto, desenvolvimento de protótipo/modelo, transição do projeto para a produção), produção, avaliação, uso do consumidor, suporte logístico e descarte. Aplicável em todo o projeto.	Não aborda, mas aplicável
Pugh (1991) apud Fiod Neto (1993)	Conhecida por *Total Design*, procura colocar o projeto dentro de uma estrutura de planejamento e organização. Tem como fases: mercado, especificações, projeto conceitual, projeto detalhado, manufatura e vendas. Aplicável a té o planejamento do mercado.	Não aborda, mas aplicável
Método de Suh (1990)	Dá importância aos requisitos funcionais do projeto e estabelece um modelo axiomático genérico. Descreve o projeto em três passos fundamentais: definição do problema, processo criativo e processo analítico. Aplicável nas etapas inciais do projeto.	Não aborda, mas aplicável
Método de Chakrabarti e Bligle (1991) apud Dufour (1996)	Consideram a concepção de um produto como uma atividade recursiva ocorrendo através das etapas: definição inicial do problema, síntese de soluções parciais, avaliação das soluções encontradas e redefinição horizontal (funções parciais, divide o problema em partes) e vertical (refere-se ao problema como um todo). Aplicável em todo o projeto.	Não aborda, mas aplicável
Método de Possamai (1992) apud Dufour (1996)	Propõe um trinômio necessidade – função – produto, em cinco etapas: análise do problema e determinação da função fundamental, determinação das funções secundárias e restritivas, elaboração do modelo virtual do produto, elaboração de matriz morfológica com elementos de solução parcial e composição da solução com escolha da melhor alternativa. Aplicável na geração de alternativas.	Não aborda, mas aplicável
MD3E – Método de Desdobramento em Três Etapas Santos (2000)	Divide-se em três etapas: Pré-concepção (definição do produto, especificação do produto, especificação do projeto); concepção (geração de alternativas, seleção de alternativas, definição e justificativa) e pós-concepção (detalhamento dos sub-sistemas, especificação dos compoenentes, especificação da produção, vendas e pós-vendas). Aplicável até o planejamento do consumo.	Não aborda, mas aplicável
MAEM- 6F – Método de análise e escolha de materiais em seis fatores (Ferroli, 2004)	Baseando-se na aplicação da ferramenta causa-efeito, estipula que a seleção de materiais para um projeto deve considerar seis fatores: estéticos e de apresentação do produto, ambeintais / ecológicos, fatores econômicos / financeiros, sociais / mercadológicos, ergonômicos e de segurança do poduto e, os fatores fabris. Aplicável na etapas prelimiares do projeto para a seleção de materiais.	Aborda os requistos da sustentabilidade em suas três dimensões (social, econômica e ambiental)
RePMA – Metodologia de Reprojeto de Produtos para o Meio	Segundo Bitencourt et. al. (2001), a RePMA enumera um conjunto de orientações e procedimentos que auxiliam a equipe encarregada do reprojeto do produto nas suas atividades de análise, síntese e avaliação. A RePMA possui enfoque ambiental, incorporando	Aborda uma das dimensões da sustentabilidade

Ambiente	elementos que tratam sobre o impacto ambiental, desde a produção até o descarte. O enfoque inicial é a determinação da necessidade de reprojeto. Aplicável em todo o reprojeto	
MDPA – Methods for Design and Process Analysis	Segundo Pereira e Manke (2001), a MDPA tem por objetivo identificar e transformar as necessidades dos clientes em características funcionais, traduzidas por especificações e tolerâncias adequadas às capacidades de processo, garantindo a qualidade do produto por meio de uma produção econômica. Aplicável até o planejamento da produção.	Não aborda, mas aplicável
Metodologia de desenvolvimento de produtos baseada no estudo da biônica	Kindlein Júnior et. al. (2002) desenvolveram uma metodologia para projeto de produtos tendo como base o estudo da biônica. Aplicável nas fase iniciais do projeto.	Não aborda, mas aplicável
Modelo geral para redesign de Dufour (1996)	Através do estudo das diferentes metodologias elaboram-se procedimentos sistemáticos para a construção de um modelo geral para redesign. Este modelo adota como especificações para reprojeto de produtos os atributos relativos à: função, uso, produção/montagem, ergonomia/estética, comercial, manutenção/reparos, econômico/ financeiro, segurança, ambiental/descarte e legal/normalização. Assim, utilizando-se de metodologias como o DFE (Design for Environment) e DFA (Design for Assembly), parte-se do princípio de que a necessidade identificada visa a melhoria do produto. Aplicável até a etapa de planejamento da produção.	Aborda a sustentabilidade no reprojeto de produtos, nas dimensões econômica e ambiental.

Analisando-se o quadro 1, pode-se definir a importância da inclusão da sustentabilidade nos métodos e ferramentas de design. O designer precisa ser um profissional multidisciplinar por essência, interagindo entre as diversas áreas e/ou competências envolvidas em um projeto: questões ergonômicas, de segurança do produto, mercadológicos, estéticas, sociais, de apresentação do produto, econômicas, fabris, de produção, ambientais, etc., envolvendo todas as dimensões da sustentabilidade.

Grande parte dos métodos e ferramentas analisados, embora não abordem diretamente a sustentabilidade, permitem a inclusão de seus requisitos no escopo de aplicação para o projeto de produtos.

No próximo item, será análisada a inclusão dos requisitos da sustentabilidade nos modelos e ferramentas de projeto.

4. A inclusão da sustentabilidade nos métodos para projeto em design

Para analisar a inclusão da sustenabilidade, considerando a tríade ESA nos modelos e ferramentas, pode-se tomar um caso como exemplo.

Para exemplificar, adotaremos a ferramenta FMEA para verificar o potencial de ocorrência de falhas e análise dos efeitos, nas diversas etapas de desenvolvimento de um projeto. O quadro 2 demonstra a aplicação da FMEA no projeto de um liquidificador, considerando-se as questões econômicas,sociais e ambientais.

Quadro 2: aplicação da FMEA para o projeto de um eletrodoméstico.

Requisitos de projeto	**Modo de falha potencial**	**Efeito Potencial da falha**	**IS**	**Causa potencial da falha**	**IO**	**Controles do processo**	**ID**	**IPR**

Desmontagem	Quebra dos componentes Acidentes domésticos	Inutilização do equipamento Perfurações ou cortes por fragmentos Choque elétrico Incêndio Projeção de peças ou partes	9	Ineficiência do manual de instruções Falha mecânica Ausência de manutenção Fadiga do material Ausência ou remoção dos dispositivos de proteção	4	Pesquisa pós-uso Índice de eficiência do manual Número de acidentes domésticos Controle da qualidade da matéria-prima	6	216
Reciclagem	Material desperdiçado	Acúmulo de resíduos nos lixões	8	Falta de orientação quanto ao procedimento de reciclagem Material inapropriado Custo muito alto	4	Índice de material reciclado Custo/un	3	96

IS = Índice de severidade = grau com avaliação de 1 a 10 (1 = menos severo, 10 = mais severo).

IO = Índice de ocorrência = grau com avaliação de 1 a 10 (1 = menor probalidade, 10 = maior probalidade).

ID = Índice de detecção = grau com avaliação de 1 a 10 (1= controles detectam facilmente, 10 = controles não detectam a ocorrência).

IPR = Índice Potencial de Risco = IS x IO x ID – se o IPR for maior que 100 o produto deve ser reprojetado ou revisto, para que a falha possa ser eliminada.

O uso das ferramentas e métodos, integrados ao conceito da sustentabilidade, no projeto de produtos, propicia ao projetista a oportunidade de analisar muitos dos aspectos pertinentes, reduzindo assim o nível de complexidade envolvido. A ampliação do contexto de aplicação das ferramentas e métodos é simples, bastando que o próprio projetista assimile o conceito de sustentabilidade para utilizá-lo.

Dentro deste enfoque, é consenso que, quando se projeta um novo produto, ou quando se faz um redesign de um já existente, a não observância das influências embutidas em um destes "problemas" de projeto pode gerar um produto final incompleto.

5. Considerações finais

A inclusão da tríade ESA para a garantia da sustentabilidade afeta diretamente a competitividade das empresas e dos produtos, proporcionando a sociedade uma forma de reduzir os impactos ambientais do estilo de vida do homem e garantindo a subsistência regional.

Conforme mostram Meredith e Mantel Júnior (2000) um grande número de produtos lançados no mercado não consegue obter o retorno esperado. Especialistas apontam uma série de causas desta ocorrência, que podem ser agrupadas na tríade ESA.

As dimensões da sustentabilidade se interrelacionam, sendo que uma mudança ocorrida no sistema fabril, resultado da alteração da matéria-prima com a qual o produto está sendo fabricado, poderá causar modificações de caráter estético, como por exemplo, cores e texturas pré-definidas, que dependerão do tipo e qualidade do material empregado. Ou ainda, o novo material escolhido pode ter, no processamento, uma carga de emissões nocivas ao meio-ambiente diferente do material anterior; pode ser reciclável ou não; pode permitir o uso de subprodutos ou não, e assim por diante.

A questão da segurança do usuário, vista sob o enfoque da toxidade ou não da matéria-prima utilizada, ou resultante de algum processo de transformação, poderá ser bastante modificada. No momento em que as necessidades apontadas acima, como troca de maquinário, treinamento da mão-de-obra, estudo de impacto ambiental, entre outras se faz presente, há, logicamente um custo. Existe ainda o problema da concorrência, da globalização, da política de marketing a ser adotada, da empresa a ser escolhida para o benchmarking, entre outros.

Por exemplo, a escolha do material pode promover diversas modificações no ambiente fabril. Uma delas está relacionada com a mão-de-obra envolvida no processo. O grau de multifuncionalidade dos operários, analisado pela polivalência funcional, pode encorajar ou desanimar alterações mais inovadoras.

A polivalência da mão-de-obra afeta a escolha do tipo de layout da fábrica (relacionando-se diretamente com o meio-ambiente produtivo).

Assim também, mudanças internas empresa provocam alterações externas, no mercado, no ambiente e na sociedade.

Lidar com todos estes interrelacionamentos, que a consideração da sustentabilidade nos projetos de produtos proporciona, é uma atividade muito complexa, que só poderá ser gerenciada através do uso de médotos e ferramentas de projeto. Somente assim, as principais influências poderão ser consideradas.

Referências

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 9001 – Sistemas de Gestão da Qualidade – Requisitos.** Rio de Janeiro, Dezembro de 2000.

AGUIAR, Carlos. Design industrial: Território de Equilíbrio entre Racionalidade e Sedução. In: **O Tempo do Design:** Anuário 2000. Porto (Portugal): Porto, 2000. (Centro Português de Design – Coleção Design, Tecnologia e Gestão)

BACK, Nelson; FORCELLINI, Fernando. **Projeto Conceitual.** Florianópolis: PPGEM-UFSC, 2005. (Material didático da disciplina Projeto Conceitual, do curso de pós-graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina).

BAXTER, Mike. **Projeto de Produto.** 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1998.

BITENCOURT, Antônio Carlos Peixoto; OGLIARI, André; FORCELLINI, Fernando Antônio. Sistematização do Reprojeto Conceitual de Produtos Para o Meio Ambiente. In.: III CBGDP – Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto. **Anais eletrônicos em CD-ROM.** Florianópolis, 25-27 de Setembro de 2001.

BLANCHARD, B.; FABRYCKY, W. **Systems Engineering and Analysis.** New Jersey: Prentice Hall, 1990.

CARPES JÚNIOR, Widomar Pereira. Projeto Para a Estética: Despertando a Atração do Consumidor. **Revista Produção On-line.** Disponível em <producaoonline.inf.br>. Acesso em Fevereiro de 2004.

CASAROTTO FILHO, Nelson; FÁVERO, José Severino; CASTRO, João Ernesto Escosteguy. **Gerência de Projetos / Engenharia Simultânea** – Organização, Planejamento, Pert/CPM, Pert/Custo, Controle, Direção. São Paulo: Atlas, 1999.

DORMER, Peter. **Os Significados do Design Moderno**. Porto (Portugal): Ed. Porto, 1995. (Centro Português de Design – Coleção Design, Tecnologia e Gestão).

DUFOUR, Carlos Alvarado. **Estudo do Processo e das Ferramentas de Reprojeto de Produtos Industriais, como Vantagem Competitiva e Estratégica de Melhoria Constante.** Florianópolis: PPGEP-UFSC, 1996. (Dissertação de mestrado – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina).

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Aurélio Século XXI:** O Dicionário da Língua Portuguesa. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2004.

FERROLI, Paulo Cesar Machado. **Método Auxiliar para Escolha de Materiais em Seis Fatores – MAEN6F.** Florianópolis: PPGEP-UFSC, 2004. (Tese de doutorado – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina).

FIOD NETO, Miguel. **Desenvolvimento de um Sistema Computacional para Auxiliar a Concepção de Produtos Industriais.** Florianópolis: PPGEM-UFSC, 1993. (Tese de doutorado – Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina).

GAV – Grupo de Análise do Valor. **Gerenciamento de Processos.** Florianópolis: PPGEP-UFSC, 1997. (Material didático do curso de pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina).

KINDLEIN JÚNIOR, Wilson; GUANABARA, Andréa Seadi; SILVA, Everton Amaral da; PLATCHECK, Elizabeth Regina. Proposta de uma Metodologia para o Desenvolvimento de Produtos Baseados no Estudo da Biônica. In.: P&D 2002 – Pesquisa e Design. **Anais eletrônicos em CD-ROM.** Brasília, Outubro de 2002.

LÖBACH, Bernd. **Design Industrial.** São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2001.

MENEZES, Luís César de Moura. **Gestão de Projetos.** São Paulo: Atlas, 2001.

MEREDITH, J. R; MANTEL JR, S. **Project Management: A Managerial Approach.** New York: Wiley, 2000.

MORAES, Dijon de. **Limites do Design .** Rio de Janeiro: Studio Nobel, 1997.

PEREIRA, Milton Wetzel; MANKE, Adilson Luiz. MDPA – Uma Metodologia de Desenvolvimento de Produtos Aplicado à Engenharia Simultânea. In.: III CBGDP – Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto. **Anais eletrônicos em CD-ROM.** Florianópolis, 25-27 de Setembro de 2001.

PORTAS, Nuno. Design: política e formação. **Design em Aberto.** Porto (Portugal): Ed. Porto, 1993. (Centro Português de Design – Coleção Design, Tecnologia e Gestão).

ROZENFELD, Henrique; FORCELLINI, Fernando Antônio; AMARAL, Daniel Capaldo;

SANTOS, Flávio Anthero dos. **O Design como Diferencial Competitivo.** Itajaí: Ed. UNIVALI, 2000.

SHIGLEY, Joseph E.; MISCHKE, Charles R.; BUDYNAS, Ricard G. **Projeto de Engenharia Mecânica.** 7 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

STRUNCK, Gilberto. **"Viver de Design".** 3 ed. Rio de Janeiro: 2AB, 2001.

XAVIER, Carlos Magno da Silva. **Gerenciamento de Projetos** – Como definir e controlar o escopo do projeto. São Paulo: Saraiva, 2005.