



10th INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

“TEN YEARS WORKING TOGETHER FOR A SUSTAINABLE FUTURE”

Proposta para incluir aspectos de sustentabilidade no Processo de Desenvolvimento de Produtos

LEÓN C. A. V.^a, CORDEIRO, G. A.^a, DEPAULA, C. P.^a, PACHECO JR, M. A.^a, COOPER, R. E.^a

a. *Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas/SP, Brasil.*

**Corresponding author, camila.a.leon.v@gmail.com*

Resumo

A inovação e a sustentabilidade são consideradas tendências iminentes para as empresas que pretendem continuar competitivas no mercado globalizado. Uma parte da responsabilidade pela construção de uma sociedade mais sustentável está associada à capacidade das equipes de Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) adotarem esses conceitos em sua rotina no ambiente empresarial. Neste cenário, poucas são as pesquisas que tratam de forma sólida a inserção da sustentabilidade no PDP, mais especificamente no que se refere às dimensões do *Triple Bottom Line* (Econômica, Social, Ambiental), fator pelo qual a sustentabilidade é medida. Levando-se em consideração que poucas pesquisas mostram de forma clara este relacionamento, o presente trabalho busca contribuir com o desenvolvimento do PDP por meio da sugestão teórica da incorporação de aspectos de sustentabilidade, no caso 11 abordagens e ferramentas, aplicáveis nas diferentes fases do PDP, além de definir de forma específica em qual fase os conceitos devem ser utilizados.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Processo de Desenvolvimento do produto (PDP), Triple Bottom Line, Abordagens e Ferramentas de Sustentabilidade.

1. Introdução

Ao longo do tempo a sociedade vem passando por mudanças nos seus hábitos de consumo, podendo ser notado um panorama atual de consumidores mais criteriosos e conscientes no que se refere à reflexão sobre o desempenho do produto adquirido não somente sob uma visão funcional, mas ponderando o comportamento deste no meio ambiental. Os indícios sociais, econômicos e ambientais mostram que as atuais abordagens utilizadas para o desenvolvimento de produtos não contemplam de forma sólida aos requisitos estabelecidos para o futuro. As ameaças à saúde da sociedade e ao ecossistema, originaram uma sensibilização que motiva cada vez mais às pessoas a buscarem estratégias de concepção ecológica e sistemas de produção sustentáveis (BEREKETLI e EROL GENEVOIS, 2013).

Para o setor empresarial, o conceito de sustentabilidade representa uma abordagem inovadora de se fazer negócios no sentido de sustentar a viabilidade econômico-financeira dos empreendimentos e, ao mesmo tempo, preservar a integridade ambiental para as gerações atuais e futuras e construir relacionamentos mais harmoniosos na sociedade, resultando numa reputação positiva e sólida (IBGC, 2007). As empresas estão tomando de forma mais frequente, atitudes e decisões visando o uso moderado e controlado de produtos e recursos naturais, enfrentando o desafio de incorporar a

“TEN YEARS WORKING TOGETHER FOR A SUSTAINABLE FUTURE”

São Paulo – Brazil – May 24th to 26th - 2017

sustentabilidade, definida como o “sistema de indicadores que, no curto e no longo prazo, fornece à corporação com informações necessárias para auxiliar na gestão, controle, planejamento e execução das suas atividades econômicas, ambientais e sociais” (ROCA e SEARCY, 2012). Neste cenário o conceito *triple bottom line* (TBL), proposto por Elkington (1998), considera que uma empresa sustentável tem que considerar a inter-relação entre os três pilares (econômico, ambiental e social) no seu processo decisório.

O desenvolvimento de produtos tornou-se um processo chave para um aumento da competitividade da empresa. Poucas são as organizações que sabem efetivamente relacionar os conceitos de sustentabilidade ao PDP, no entanto muitas organizações desejam ter este aspecto (AMEKNASSI et al., 2016; HALLSTEDT et al., 2010). Isso mostra que ainda há um grande potencial de amadurecimento do conceito de sustentabilidade por parte das empresas, para desenvolver produtos, processos e aspectos organizacionais que aumentem o próprio desempenho, no sentido de incorporação da sustentabilidade nas atividades. Uma vez que a relação entre sustentabilidade e PDP está sendo frequentemente discutida no ambiente acadêmico e empresarial, a falta de clareza quanto às categorias das abordagens relacionados ao tema pode gerar incertezas na sua aplicação (MAGNAGO et al., 2012).

Diante deste contexto, este trabalho tem como objetivo principal contribuir com o desenvolvimento do PDP por meio da sugestão teórica de incorporação de aspectos de sustentabilidade aplicáveis nas fases do processo. O modelo de PDP adotado para estudo foi proposto por Rozenfeld et al (2006). A escolha deste é justificada por diversos fatores, dentre eles podem ser citados: é um modelo consolidado na literatura; possibilita o detalhamento das operações a serem desenvolvidas; o princípio de sequenciamento das atividades facilita a distinção temporal das fases tornando o processo dinâmico. Outro aspecto positivo está na forma com que o modelo se adapta na elaboração de projetos distintos, assim algumas fases do processo podem ser descartadas, sem comprometer o projeto, dependendo da complexidade do produto a ser desenvolvido. É relevante mencionar que embora o modelo de PDP adotado possua pontos positivos, conforme mencionado anteriormente, em relação ao aspecto ambiental sua estrutura é bem abrangente, sem especificação clara de possíveis ferramentas ou abordagens de sustentabilidade que podem ser utilizadas durante a sua aplicação.

Para seleção das ferramentas e abordagens de sustentabilidade, foi levado em consideração o artigo de revisão bibliográfica de Magnago et al. (2012), no qual são apresentados diferentes conceitos que contribuem para intensificação da sustentabilidade do PDP, considerando a tratativa dos aspectos sociais, econômicos e ambientais. Proporcionando uma visão geral da estruturação deste artigo, na seção 2 encontra-se uma revisão da literatura pertinente à temática abordada, a seção 3 apresenta o método e classificação da pesquisa, a seção 4 consiste na discussão pertinente à avaliação dos resultados teóricos em que se estruturou sugestões de incorporação de ferramentas e abordagens de sustentabilidade à estrutura do PDP, finalizando na seção 5 com a apresentação das conclusões da pesquisa, trabalhos futuros e limitações.

2. Revisão de literatura

2.1. Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP)

Com a finalidade de controlar de forma eficaz o PDP é necessário a descrição das atividades, dos estágios e a lógica do processo. Isso exige uma estrutura de modelagem que possa capturar as características específicas de cada empresa. Ulrich e Eppinger (2000), definem o PDP como uma sequência de atividades para conceber, projetar e comercializar um produto de uma empresa. Sendo que muitas dessas atividades são intelectuais e organizacionais, com o propósito de entregar um produto físico. Para Rozenfeld et al. (2006), a representação gráfica ou textual de um PDP ideal é um modelo referencial, que serve de inspiração (base) para elaboração ou melhoria do PDP de uma determinada área produtiva. A partir de um modelo de referência genérico, uma empresa pode definir o seu modelo específico, que se torna um “manual de procedimentos” e serve de base para a especificação de projetos de desenvolvimento de produtos.

Rozenfeld et al. (2006), elaboraram um modelo de PDP composto por nove fases, divididas em três macros fases, são estas: pre-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento. A macrofase de pre-desenvolvimento é composta por duas fases: planejamento estratégico de produtos, que

transforma as informações contidas nas estratégias corporativas no plano estratégico de produtos e contém a descrição do portfólio de produtos; e planejamento do projeto, em que se determina o escopo e planejamento macro do projeto do produto selecionado no portfólio. A macrofase de desenvolvimento é composta por cinco fases: projeto informacional, no qual são elaborados as especificações-meta do produto; projeto conceitual, é elaborado o conceito do produto e a definição da sua arquitetura; projeto detalhado, são feitos todos os cálculos e desenhos detalhados para a produção, protótipos do produto, e planos de lançamentos, vendas e apoio ao produto no mercado; preparação da produção, são realizadas as especificações de máquinas e ferramentas e dos métodos de produção, e é gerada toda a documentação necessária para produzir o produto com qualidade; e lançamento do produto, no qual o produto é lançado e o time de desenvolvimento desfeito. Finalmente, existe a macrofase de pós-desenvolvimento composta pelas fases de acompanhamento do produto e processo de descontinuação do produto no mercado. Essa última macrofase realiza o acompanhamento sistemático e produz a documentação correspondente à melhoria de um produto ao longo de sua fase de uso. Também inclui a retirada sistemática do produto do mercado e a avaliação de todo o ciclo de vida (ROZENFELD et al., 2006).

Além das macrofases que foram detalhadas, a estrutura do PDP também é composta por processos de apoio que se dividem em atividades de gerenciamento de mudanças de engenharia e melhoria incremental do processo.

2.2. *Sustentabilidade*

A busca pela sustentabilidade já está começando a transformar o cenário competitivo, forçando as empresas a mudarem a maneira como pensam sobre produtos, tecnologias, processos e modelos de negócios (NIDUMOLU et al., 2009). Desde a publicação do Manual de Oslo, pela OECD (2005), já se apontava a inovação como sendo fundamental para o crescimento tanto em tamanho quanto em lucros de uma empresa, reforçando também a importância da inovação para a sustentabilidade. A comissão Brundtland, (WCED, 1987), define o termo “desenvolvimento sustentável” como o padrão de utilização dos recursos naturais que visa atender as necessidades humanas, ao mesmo tempo em que preserva o meio ambiente, possibilitando o atendimento das necessidades das gerações atuais e futuras. O estabelecido no relatório da conferência RIO 92 (ONU, 1992), diz que é necessário que o desenvolvimento permita a satisfação das necessidades básicas e aspirações do bem estar da população, sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras estabelecerem suas próprias necessidades e aspirações. De acordo com esta visão, o desenvolvimento sustentável deve permitir o crescimento econômico, sem comprometer o meio ambiente, e a igualdade social, proporcionando qualidade de vida para as gerações presentes e futuras.

O desenvolvimento sustentável pode ser compreendido como caminhos ou conjuntos de estratégias planejadas para satisfazerem critérios da sustentabilidade, uma vez que o desenvolvimento pressupõe uma transformação progressiva e deliberada da sociedade, da economia e do ecossistema (ROCA e SEARCY, 2012). Em resposta a esta pressão pela incorporação dos aspectos de sustentabilidade, muitas organizações começaram a desenvolver estratégias sustentáveis baseadas na *Triple Bottom Line* (TBL), buscando alcançar um desempenho econômico, ambiental e social (NADAE e CARVALHO, 2016). O TBL propõe uma visão multidimensional que integra três dimensões correspondentes a valores e a resultados de uma organização medida em termos sociais, ambientais e econômicos (ELKINGTON, 1998). O TBL dá apoio para que as decisões do presente levem em consideração não somente os tradicionais fatores econômicos, mas também os fatores sociais e ambientais (NADAE e CARVALHO, 2016). Existem atualmente diversas abordagens para o desenvolvimento sustentável de novos produtos, nas quais ocorre uma gama de variações, como as técnicas mais focadas na especificação do produto para produção (MAGNAGO et al., 2012). Também existem indicadores de sustentabilidade, que devem apresentar características que permitam um fácil entendimento, e sejam confiáveis e acessíveis (USSUI e BORSATO 2011).

2.3. *Sustentabilidade no PDP*

A importância da sustentabilidade, formando uma tríplice aliança entre as dimensões econômicas, ambientais e sociais, tem como um de seus objetivos proporcionar melhores resultados mercadológicos no desenvolvimento de produtos. Precisa-se considerar no planejamento desses produtos inovadores a

atual quase incapacidade do meio ambiente em absorver os resíduos gerados pela atividade humana e industrial (MAGNAGO et al., 2012). Ao tratar a sustentabilidade como um dos objetivos no PDP, as empresas que reconhecerem primeiro desenvolverão competências que os rivais terão dificuldade em igualar. Essa vantagem competitiva irá mantê-los em bom lugar, visto que a sustentabilidade será sempre parte integrante do desenvolvimento (NIDUMOLU et al., 2009).

O relacionamento das empresas com a sociedade é realizado fundamentalmente por meio da oferta de produtos e serviços. Desta forma, uma parte da responsabilidade pela construção de uma sociedade mais sustentável está diretamente associada à capacidade das equipes de PDP em trazer esta preocupação ambiental a todo ciclo de vida dos novos bens e serviços oferecidos aos consumidores (MAGNAGO et al., 2012). Considerando as atuais tendências globais de criação de sistemas que agreguem valor aos produtos, a sustentabilidade é vista como um elemento chave, para o desenvolvimento voltado para o futuro, e como fator de inovação em todos os setores relevantes da sociedade (NIDUMOLU et al., 2009).

3. Metodologia

A pesquisa apresentada caracteriza-se como de natureza aplicada, pois objetiva a compreensão do aspecto teórico da temática de sustentabilidade direcionado ao PDP, permitindo um aprimoramento da visão sobre aplicação do modelo de referência adotado com conceitos em atual discussão. A forma de tratamento do problema é predominantemente qualitativa, visto que está sendo priorizada a interpretação da essência do modelo, das ferramentas e abordagens levantadas. Caracterizando os objetivos delimitados, estes possuem um caráter exploratório com a finalidade de esclarecer possíveis alocações das abordagens e ferramentas de sustentabilidade no PDP. Na sequência, o procedimento utilizado para obtenção dos dados foi essencialmente o levantamento bibliográfico de trabalhos pertinentes na área definida (SILVA e MENEZES, 2005).

Neste estudo, inicialmente foi realizada a coleta de dados que possibilitou a formulação do referencial teórico. A partir destas informações, foram definidos o resultado e a discussão, que tiveram como produtos a descrição e alocação de um conjunto de abordagens e ferramentas coletadas nas fases do modelo de referência de PDP adotado. É importante destacar que a pesquisa de levantamento bibliográfico se deu com o uso de diferentes bases de dados: *Science Direct*, *Scopus*, *Emerald*. Para a elaboração da classificação das ferramentas, foi levado em consideração o artigo de revisão bibliográfica de (MAGNAGO et al., 2012), trabalho este que apresenta várias ferramentas que contribuem para o desenvolvimento de práticas sustentáveis no PDP, sendo elas: Balanço de Massa, Ecologia Industrial, Ecoeficiência, Capitalismo Natural, Emissão Zero (ZERI), Berço à Berço, Cadeia de Suprimentos Verde, Análise do Ciclo de Vida (ACV), *Ecodesign*, Logística Reversa, Produção Mais Limpa, *Design for Environment* (DFE), *QFD for Environment* e Emergia. Tendo como base esta listagem de ferramentas, algumas delas foram selecionadas para discussão, além de outras adicionais, que são: *Developing the Sustainable Value Analysis Tool* (SVAT), *Sustainable Value Stream Mapping* (Sus-VSM), *Sustainability Balanced Scorecard* (SBSC) e Responsabilidade Social Corporativa (RSC). A análise de todas as ferramentas não envolveu apenas a dimensão ambiental da sustentabilidade, mas também as econômicas e sociais. Por fim, por meio da avaliação das ferramentas foi possível uma classificação delas nas dimensões de sustentabilidade, bem como a correlação com as fases do PDP, contribuindo assim para a evolução do modelo.

4. Resultados e discussão

Considerando os contextos da estrutura do PDP e das diretrizes de sustentabilidade, este estudo, por meio de análises teóricas, *brainstorming* e análises de dados, propõe sugestões incrementais que podem contribuir para a melhoria da estrutura de processos de apoio pertinentes ao modelo PDP.

4.1 Detalhamentos do perfil das abordagens e das ferramentas de sustentabilidade

Com as análises da revisão bibliográfica, a Tabela 1 apresenta onze ferramentas e abordagens, mostrando resumidamente a definição de cada uma destas e a proposta de relação existente com o PDP que possibilitem o reforço do aspecto de sustentabilidade com as fases do modelo.

Tabela 1. Descrição e relação das ferramentas e abordagens de sustentabilidade com as fases do PDP.

Ferramentas/ Abordagens	Descrição das Ferramentas/Abordagens	Relação com as fases do PDP
Logística reversa	Atividades são resumidas em quatro funções básicas: 1) Controle do fluxo de materiais e do fluxo de informações do ponto de consumo a origem; 2) Movimentação dos produtos na direção: consumidor→produtor; 3) Buscar a melhor utilização dos recursos; 4) Segurança na destinação após descarte (SHIBAO et al., 2010).	As atividades de logística reversa estão alocadas na fase de Planejamento Estratégico , auxiliando na análise do projeto do produto e nas mudanças de portfólio, em que ocorre a identificação dos produtos. Na fase de Descontinuar o Produto , que requer um planejamento, preparação e acompanhamento do recebimento do produto.
Berço à berço	A visão de que resíduos são matéria-prima, uma oposição à visão tradicional 'berço ao túmulo'. McDonough e Braungart (2002), montaram um sistema de certificação para empresas que redesenham seus processos baseadas na segurança e produtividade regeneradora da natureza, mimetizando o fluxo de nutrientes que ocorre naturalmente utilizando, analogamente, o metabolismo tecnológico (MAGNAGO et al., 2012).	Na estrutura do PDP a abordagem do berço a berço é mais intensamente direcionada as fases de Projeto Conceitual e Detalhado , auxiliando na promoção do pensamento de como estruturar o processo de retirada do produto no final da sua vida. Assim, é possível já desenvolver produtos comum conceito sustentável. Esta abordagem também está inserida em Planejar a Retirada , tem-se em conta operações da reciclagem, previsões de reaproveitamento e manufatura.
Developing the Sustainable Value Analysis Tool (SVAT)	Análises qualitativa de um formulário multidimensional de valor, permitindo avaliar profundamente o sistema. A motivação para o desenvolvimento foi a constatação que durante o projeto de produtos poucas organizações se preocupam em adicionar valor nos aspectos social e ambiental (YANG et al., 2013). Dá suporte a grandes companhias durante a integração da sustentabilidade dentro de seu PDP.	Evidenciando-se este método pode trabalhar em todas as fases do PDP (Planejamento Estratégico do Produto, Planejamento do Projeto, Projeto Informacional, Projeto Conceitual, Projeto Detalhado, Preparação da Produção, Lançamento do Produto, Acompanhar Produto e Processo, Planejar a Retirada), analisando nas fases o Valor proposto, o Valor não capturado e a Oportunidade de valor.
Design for Environment (DFE)	Aplicação de uma ferramenta proposta para realizar um diagnóstico de reciclagem do produto. DFE necessita das informações contidas na lista de materiais do produto, <i>Bill of Materials</i> (BOM), e permite diagnosticar quais são as partes Críticas do produto e possibilidades de mudança, melhorando o aspecto de reciclagem do produto no final de sua vida (AGUIAR et al., 2016).	Pode ser utilizada nas fases de Projeto Conceitual , devido possuir um BOM inicial, e de Projeto Detalhado , na qual se completa a informação do BOM gerando uma estrutura final do produto. Embora seja aplicado na fase de projeto, o impacto de seu resultado é visto mais realmente no final da vida do produto, mais especificamente na fase de Planejar a Retirada .
Ecodesign	Rossi et al. (2016), define que conforme a ISO 2011, o <i>ecodesign</i> consiste em uma abordagem que considera e integra os aspectos ambientais no processo de desenvolvimento do produto, por meio da aplicação de estratégias que visam reduzir o impacto ambiental negativo durante as fases do ciclo de vida do produto. Leva em conta a função do produto, sua segurança, performance, custo, aceitação no mercado, qualidade, legislação e regulamentos.	Tem grande aplicação na fase de Planejamento do Projeto em que se elaboram relatórios de progresso, custos, orçamento, desempenho e risco; a fase do Projeto Conceitual , auxiliando na definição dos materiais a utilizar no produto; a fase de Projeto Detalhado , para otimização de um produto, que algumas vezes ocorre para correção de falhas de materiais, pode ser utilizada no planejamento da embalagem. Fase de Acompanhar o Produto e Processo na qual faz satisfação do cliente, monitorando o produto.
Quality Function Deployment for Environment (QFDE)	Os pioneiros Masui et al. (2003), enfatizam que o QFDE auxilia na tomada de decisões com a incorporação do contexto ambiental, e possui o intuito de tratar simultaneamente por meio do QFD, as informações ambientais em conjunto a forma tradicional de tratamento das informações de requisitos de qualidade do produto. O principal foco da aplicação do QFDE estimula o crescimento da consciência ambiental no projeto do produto, tornando possível identificar pontos de melhoria ainda em um conceito da ideia.	Pode ter uma aplicação no Projeto Informacional substituindo o uso de um QFD tradicional, deste modo é abrangido o cenário ambiental no qual o produto está inserido. No entanto, destaca-se que os dados obtidos propiciarão uma visão holística sem dados técnicos detalhados do produto, apenas é facilitada uma priorização das características mais relevantes e estratégicas em uma abordagem mais realista, visto que este processo amplia o contexto das partes interessadas.

Cadeia de suprimentos verde	A cadeia de suprimentos engloba todas as atividades associadas ao fluxo e transformação de bens do estágio de matérias-primas (extração), até o usuário final, bem como os fluxos de informação associados. Fluxo de materiais e informações relaciona-se tanto para cima como para baixo na cadeia de suprimentos (SEURING e MÜLLER, 2008).	Na fase do Planejamento do Projeto , aproveitando a experiência dos setores em suas áreas de competência, relacionado com fornecedores; Projeto Informacional identifica critérios ambientais e sociais complementando a avaliação econômica dos fornecedores; Projeto Detalhado , como o produto será desenvolvido e as decisões de produzir ou comprar partes do produto pode influenciar o aspecto logístico; Preparação da Produção engloba a produção do lote piloto, objetivando à obtenção do produto; Lançamento do Produto identificando a colocação do produto no mercado.
Análise de Ciclo de Vida (ACV)	O ACV é um quadro para quantificar o impacto ambiental de produtos ou serviços ao longo de suas fases do ciclo de vida (NBR ISO 14040, 2014), e vários instrumentos baseados nessa metodologia existem para apoiar o cálculo do impacto. Esta categoria de metodologia inclui ferramentas de software comercial, usadas direta e indiretamente (RAHDARI e ROSTAMY, 2015)	Aplicação em todas as fases desde Planejamento Estratégico do Produto , passando pelas fases de Planejamento do Projeto, Projeto Informacional, Projeto Conceitual, Projeto Detalhado, Preparação da Produção, Lançamento do Produto, acompanhar o Produto e Processo até chegar a Planejar a Retirada . Se é inserido, revisaria o produto em cada fase tendo uma concepção, analisando e interpretando os diferentes impactos ambientais, econômicos e sociais.
Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM)	O Sus-VSM é uma ferramenta preliminar para avaliar o desempenho de sustentabilidade econômica, ambiental e social na manufatura. As métricas existentes para avaliação de desempenho de produção sustentável são examinadas para identificar critérios e métricas essenciais a serem incluídos no VSM (método de produção enxuta para identificar desperdícios, analisar o estado atual e projetar o desejado da manufatura), promovendo a produção sustentável deste produto e consecutivamente realiza a melhoria contínua, resultando agora no Sus-VSM (FAULKNER e BADURDEEN, 2014).	Aplicado como uma análise preliminar no projeto conceitual , em que ocorre a geração e seleção da concepção do produto a partir das especificações/metadados do produto resultantes da fase anterior; Projeto Detalhado se define os processos de fabricação e as especificações dos recursos de fabricação; Preparação da Produção definição dos processos de produção e manutenção, objetivando à obtenção do produto. Na fase de Acompanhar o Produto e Processo , identifica necessidades ou oportunidades de melhorias e garantindo que a retirada cause o menor impacto aos consumidores, empresa e meio ambiente.
Sustainability Balanced Scorecard (SBSC)	Apresentada por Figge et al. (2002), baseia-se no <i>Balanced Scorecard</i> (BSC) proposta por Kaplan e Norton (1992), mas com a inclusão dos aspectos ambientais e sociais, nas estratégias da empresa. Utiliza-se para contabilizar fatores de sucesso não monetário, como aspecto de sustentabilidade com um impacto significativo e financeiro na empresa, estes aspectos são atributos para medição e verificação de desempenho das estratégias estabelecidas.	Aplicação na fase do Planejamento Estratégico do Produto , permitindo estabelecer a direção estratégica a ser seguida pela organização. Na fase do Planejamento do Projeto já que se deve seguir ao planejamento corporativo neste caso seguindo o SBSC. Na fase de Planejar a Retirada , se o produto não apresenta mais vantagens e importância do ponto de vista econômico financeiro, se deveria aplicar um SBSC e assim tomar melhores decisões.
Responsabilidade Social Corporativa (RSC)	Com base no conceito de gestão de relações com as partes interessadas, Steurer et al. (2005), definiu a RSC como: "conceito pelo qual as empresas integram preocupações sociais e ambientais nas suas operações de negócio e na sua interação com as partes interessadas numa base voluntária" e "não é uma surpresa encontrar a tríplice linha de fundo também no contexto". A abordagem enfatiza fortemente a necessidade de consulta com as principais partes interessadas da comunidade no desenvolvimento sustentável (KANG et al., 2015).	Inserindo-se no PDP, relacionando-se aos <i>stakeholders</i> da empresa. Aplica-se na fase do Planejamento do Projeto define-se interessados no projeto, que são os indivíduos e as organizações envolvidos diretamente e aqueles que, de alguma forma, serão afetados por sua existência. Fase do Projeto Informacional desenvolvem-se informações importantes para o produto com o fim de atender o cliente. Na fase de Acompanhar o Produto e Processo deve-se garantir a integridade e atualidade das informações do produto para serem utilizadas por todos os interessados durante o seu ciclo de vida.

Fonte: Elaborado pelos autores

4.2 Relação das abordagens e das ferramentas de sustentabilidade no PDP

Foi possível identificar por meio de uma análise qualitativa, utilizando um *brainstorming*, os níveis de impacto de cada abordagem e ferramenta conforme a diretriz da sustentabilidade, esta informação pode ser visualizada Tabela 2.

Tabela 2. Nível de impacto nas diretrizes da sustentabilidade.

Ferramentas/ Abordagens	Sustentabilidade		
	Ambiental	Econômico	Social
Logística reversa	B	A	M
Berço à berço	A	B	M
SVAT	M	B	M
DFE	A	M	B
Ecodesign	A	A	B
QFDE	A	A	A
Cadeia de suprimentos verde	A	A	B
ACV	A	M	B
Sus-VSM	M	A	M
Sustainability balanced scorecard	A	B	A
Responsabilidade Social Corporativa	B	M	A

A = Alto; M = Médio; B = Baixo.

Fonte: Elaborado pelos autores

Conforme representado, pode-se identificar que o aspecto ambiental é o mais coberto pelas aplicações das ferramentas de sustentabilidade. Em segundo lugar nota-se o aspecto econômico, e por último o aspecto social. Esta análise levou em consideração o impacto destes conceitos na estrutura do PDP.

Na sequência, utilizando uma ferramenta de fácil entendimento do Microsoft Excel, denominada *NodeXL*, foi possível também gerar uma imagem representativa resultante da análise de cada abordagem e ferramenta detalhada na Tabela 1. Esta visão dinâmica possibilita entender o relacionamento entre as ferramentas e abordagens de sustentabilidade mapeadas e o PDP em forma de mapa, conforme ilustrado na Figura 1.

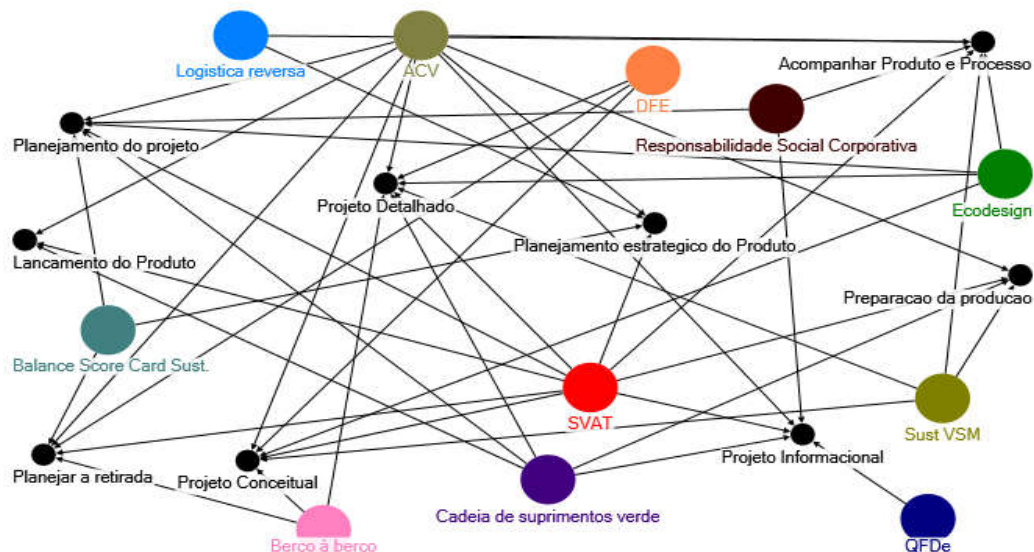


Figura. 1. Panorama geral do relacionamento entre a sustentabilidade e o PDP.

Fonte: Elaborado pelos autores

O mapa gerado na figura 1 identifica as fases do PDP por meio dos círculos pretos, e os círculos coloridos correspondem às abordagens e ferramentas de sustentabilidade. Assim, é possível verificar que o relacionamento entre estes dois contextos está intensamente conectado.

Então, visando um esclarecimento deste panorama de relacionamento, também foi estruturada uma representação identificada na Figura 2, que possibilita a visualização destas ferramentas na estrutura base do PDP. Esta visão, por sua vez, é considerada a maior contribuição deste estudo.

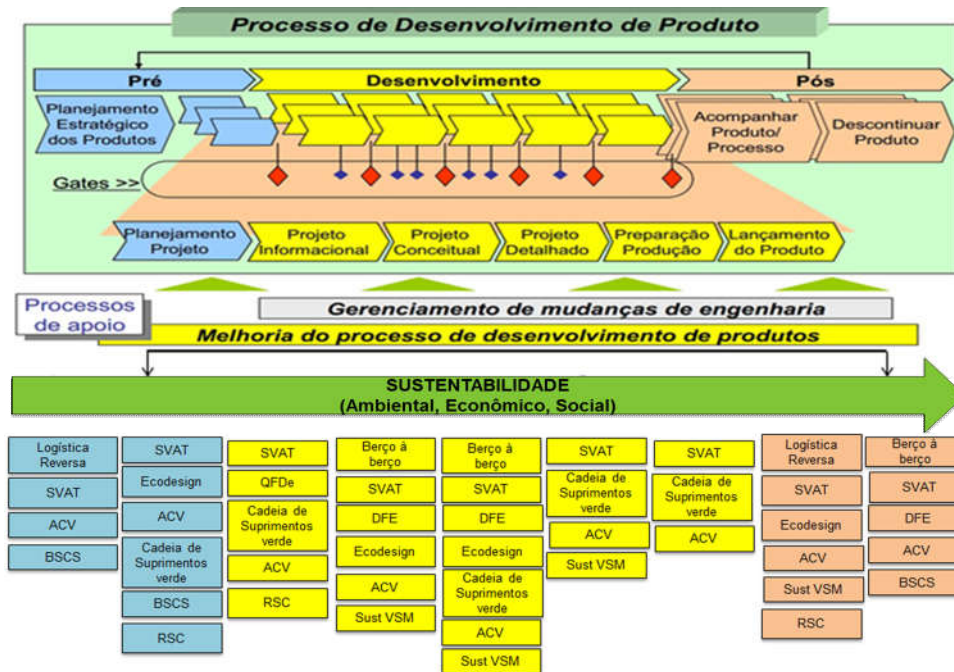


Figura. 2. Relacionamento dos aspectos de sustentabilidade no PDP.
Fonte: Adaptado de (Rozenfeld et al., 2006).

Na estrutura de PDP identificada, é possível destacar de forma geral que a sustentabilidade pode ser inserida na estrutura geral do PDP, no entanto, as fases em que mais podem ser inseridas as ferramentas mapeadas foram: Planejamento do Projeto, Projeto Conceitual, Projeto Detalhado e Acompanhamento do Produto/Processo. Esta visão possibilita melhorar de forma incremental o desenvolvimento do produto adotando a sustentabilidade como um processo de apoio ao desenvolvimento, podendo-se executar por intermédio das ferramentas/abordagens detalhadas. Outro aspecto positivo da análise, é a possibilidade de identificar de forma pontual em que fase é possível aplicar os conceitos tornando-se assim mais atraente para embasar contextos duvidosos de decisões.

5. Conclusão

A pesquisa realizada resultou em um levantamento bibliográfico, o qual permite entender os conceitos relacionados aos temas de PDP e Sustentabilidade, também foi possível constatar que muitos trabalhos acadêmicos possuem uma grande dispersão no que se refere à sustentabilidade. As diferentes ferramentas/abordagens foram classificadas, a partir das dimensões da *Triple Bottom Line*, obtendo-se como resultado a informação que maioria das abordagens/ferramentas tem um grau alto de correlação com a dimensão ambiental. Pelo contrário, às dimensões econômica e social estão entre os graus médios e baixos para estas abordagens/ferramentas pesquisadas.

Apresenta-se também que as abordagens/ferramentas (berço ao berço, SVAT, DFE, *Ecodesign*, Cadeia de suprimentos verde, ACV, Sus. VSM) encaixam perfeitamente na fase do Projeto Detalhado. Na sequência, com as análises da relação das abordagens/ferramentas no PDP, foi possível identificar que a fase de Lançamento do Produto é a que possui menos aplicações das abordagens/ferramentas mapeadas. Um ponto positivo da classificação e do relacionamento estruturado no PDP, é que este assegura que a sustentabilidade pode ser abordada ao longo de todo o PDP, demonstrando como as ferramentas e abordagens podem ser inseridas no contexto dos processos de apoio da sua estrutura.

Para trabalhos futuros, existem mais abordagens e ferramentas de sustentabilidade que não foram contempladas neste trabalho, podendo ser analisadas por meio de estudos dentro do PDP. No contexto prático esta proposta pode ser implementada no PDP, em especial em empresas que trabalhem com o modelo de referência analisado neste trabalho. Este artigo traz uma análise ampla do entendimento do contexto das abordagens/ferramentas de sustentabilidade por meio da sugestão de melhorias no PDP. Assim, o estudo possibilita intensificar o interesse pela utilização prática, visto que já foram apontadas propostas de aplicação e justificativas da sugestão.

6. Referências

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. , 2014. NBR ISO 14040 Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1–22. Brasil.

Aguiar, J. de, Oliveira, L. de, Silva, J. O. da, Bond, D., Scalice, R. K., & Becker, D. , 2016. A design tool to diagnose product recyclability during product design phase. *Journal of Cleaner Production*, 141, 219–229.

Ameknassi, L., Ait-Kadi, D., & Keivanpour, S. , 2016. Incorporating Design for Environment into Product Development Process: An Integrated Approach. *IFAC-PapersOnLine*, 49, 1460–1465.

Bereketli, I., & Erol Genevois, M. , 2013. An integrated QFDE approach for identifying improvement strategies in sustainable product development. *Journal of Cleaner Production*, 54, 188–198.

Elkington, J. , 1998. Partnerships from Cannibals with Forks : The Triple Bottom line of 21 st Century Business. *Environmental Quality Management*, Autumn 199, 37–51.

Faulkner, W., & Badurdeen, F. , 2014. Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM): Methodology to visualize and assess manufacturing sustainability performance. *Journal of Cleaner Production*, 85, 8–18.

Figge, F., Hahn, T., Schaltegger, S., & Wagner, M. , 2002. The sustainability Balanced Scorecard – Theory and Application of a Tool for Value-Based Sustainability Management. *Greening of Industry Network Conference 2002, Gothenburg*, 1–32.

Hallstedt, S., Ny, H., Robèrt, K.-H., & Broman, G. , 2010. An approach to assessing sustainability integration in strategic decision systems for product development. *Journal of Cleaner Production*, 18, 703–712.

IBGC. Instituto Brasileiro de Governança Corporativa. , 2007. Guia de Sustentabilidade para as Empresas. IBGC-Cadernos de Governança Corporativa, 4, 1–48. Brasil.

Kang, J., Chiang, C., Huangthanapan, K., & Downing, S. , 2015. International Journal of Hospitality Management Corporate social responsibility and sustainability balanced scorecard : The case study of family-owned hotels. *International Journal of Hospitality Management*, 48, 124–134.

Kaplan, R S; Norton, D. P. , 1992. The balanced scorecard –measures that drive performance. *Harvard Business Review*, 71–79.

Magnago, P. F., Aguiar, J. P. O. de, & Paula, I. C. de. , 2012. Sustentabilidade em desenvolvimento de produtos: uma proposta para a classificação de abordagens sustainability. *Revista Produção Online*, 12, 351–376.

Masui, K., Sakao, T., Kobayashi, M., & Inaba, A. , 2003. Applying Quality Function Deployment to environmentally conscious design. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 20, 90–106.

Mcdonough, W., & Braungart, M. , 2002. Remaking the way we make things: cradle to cradle. North Point Press. New York.

- Nadae, J. de, & Carvalho, M. M. de. , 2016. Uma análise dos sistemas de gestão integrados e o desempenho baseado no triple bottom line. XXXVI Encontro nacional de engenharia de produção, 1–17. João Pessoa/PB, Brasil.
- Nidumolu, R., Prahalad, C. K., & Rangaswami, M. R. , 2009. Why Sustainability Is Now the Key Driver of Innovation. *Harvard Business Review*, 57–64.
- OECD. Organização para a cooperação e desenvolvimento econômico. , 2005. Oslo Manual. OECD Publishing. Paris
- ONU. Organização das Nações Unidas Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. , 1992. Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Relatório – RIO 92. Ministério do Meio Ambiente. Rio de Janeiro, Brasil.
- Rahdari, A. H., & Rostamy, A. A. A. , 2015. Designing a general set of sustainability indicators at the corporate level. *Journal of Cleaner Production*, 108, 757–771.
- Roca, L., & Searcy, C. , 2012. An analysis of indicators disclosed in corporate sustainability reports. *Journal of Cleaner Production*, 20, 103–118.
- Rossi, M., Germani, M., & Zamagni, A. , 2016. Review of ecodesign methods and tools. Barriers and strategies for an effective implementation in industrial companies. *Journal of Cleaner Production*, 129, 361–373.
- Rozenfeld, H., Amaral, F. A. F. D. C., Toledo, J. C. de, Silva, S. L. da, Alliprandini, D. H., & Scalice, R. K. , 2006. *Gestão do Desenvolvimento de Produtos- Uma referência para a melhoria do processo*. Saraiva, Editora, 1. São Paulo, Brasil.
- Seuring, S., & Müller, M. , 2008. From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 16, 1699–1710.
- Shibao, F. Y., Moori, R. G., & Dos Santos, M. R. , 2010. A logística reversa e a sustentabilidade empresarial. XIII Semead - Seminários Em Administração, 1–17.
- Silva, E. L. da, & Menezes, E. M. , 2005. *Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação - 4a edição*. Portal, 138p. Florianópolis, Brasil.
- Steurer, R., Langer, M. E., Konrad, A., & Martinuzzi, A. , 2005. Corporations, Stakeholders and Sustainable Development I: A Theoretical Exploration of Business- Society Relations. *Journal of Business Ethics*, 263–281.
- Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D., 2000. *Product Design and Development*. Fifth Edition. McGraw-Hill. New York.
- Ussui, P. R. S., & Borsato, M., 2011. Tendências em Indicadores de Sustentabilidade no Desenvolvimento de Produto. 8º Congresso Brasileiro De Gestão De Desenvolvimento De Produto - CBGDP 2011., 1–11. Porto Alegre, RS, Brasil.
- WCED. World Commission on Environment and Development., 1987. Brundtland Report. A Future for All (Brundtland Report). London, Oxford University Press.
- Yang, M., Vladimirova, D., Rana, P., & Evans, S. , 2013. Developing the Sustainable Value Analysis Tool (SVAT) Developing the Sustainable Value Analysis Tool (SVAT). Institute for Manufacturing, University of Cambridge, United Kindom.