

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CAMPUS SOROCABA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ANTONIO VENTRIGLIA VIEIRA

**MODELO DE REFERÊNCIA PARA O DESENVOLVIMENTO  
DE PRODUTOS MECÂNICOS**

Sorocaba  
2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CAMPUS SOROCABA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ANTONIO VENTRIGLIA VIEIRA

**MODELO DE REFERÊNCIA PARA O DESENVOLVIMENTO  
DE PRODUTOS MECÂNICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, para obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção.

Orientação: Profa. Dra. Andréa Regina Martins Fontes

Co-orientação: Prof. Dr. Miguel Ángel Aires Borrás

Sorocaba  
2016

Ventriglia Vieira, Antonio

Modelo de referência para o desenvolvimento de produtos mecânicos /  
Antonio Ventriglia Vieira. -- 2016.

88 f. : 30 cm.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, campus  
Sorocaba, Sorocaba

Orientador: Dra. Andréa Regina Martins Fontes

Banca examinadora: Dr. Miguel Ángel Aires Borrás, Dr. Cleyton  
Fernandes Ferrarini, Dr. Galdenoro Botura Júnior

Bibliografia

1. Desenvolvimento integrado de produtos. 2. Engenharia simultânea. 3.  
Redutores de velocidade planetários. I. Orientador. II. Universidade Federal  
de São Carlos. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo Programa de Geração Automática da Secretaria Geral de Informática (SIn).

DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

ANTONIO VENTRIGLIA VIEIRA

MODELO DE REFERÊNCIA PARA O DESENVOLVIMENTO  
DE PRODUTOS MECÂNICOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção do Centro de Ciência em Gestão e Tecnologia da Universidade Federal de São Carlos para obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção, Área de concentração: Gestão de Operações.

Sorocaba, 30 de março de 2016.

Orientador(a)

---

Prof. (a) Dr. (a) Andréa Regina Martins Fontes  
DEPS/UFSCar

Co-Orientador(a)

---

Prof. (a) Dr. (a) Miguel Ángel Aires Borrás  
DEPS/UFSCar

Examinador(a)

---

Prof. (a) Dr. (a) Cleyton Fernandes Ferrarini  
DEPS/UFSCar

Examinador(a)

---

Prof. (a) Dr. (a) Galdenoro Botura Júnior  
UNESP



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

Centro de Ciências em Gestão e Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

---

**Folha de Aprovação**

---

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Antonio Ventriglia Vieira, realizada em 30/03/2016:

---

Prof. Dra. Andréa Regina Martins Fontes  
UFSCar

---

Prof. Dr. Miguel Ángel Aires Borrás  
UFSCar

---

Prof. Dr. Galdeano Botura Júnior  
UNESP

---

Prof. Dr. Cleyton Fernandes Ferrarini  
UFSCar

## **DEDICATÓRIA**

*À minha esposa, Gisele pelo apoio nos momentos em que precisei e pelo incentivo para esta conquista.*

*Ao meu filho, Felipe pelo amor, compreensão e paciência durante a execução deste trabalho.*

*Aos meus pais por todo apoio e incentivo na minha vida acadêmica.*

## AGRADECIMENTOS

*A Deus pelas bênçãos e proteções em todos os momentos.*

*Aos meus pais Francisco e Ângela (in memoriam) por serem sempre meu alicerce como pessoa, pelo eterno amor e incentivo a educação.*

*A minha querida esposa Gisele, meu porto seguro, pela paciência incalculável.*

*Ao meu querido filho Felipe, razão da minha vida, que mesmo em sua pureza infantil soube me compreender e apoiar.*

*A minha orientadora Prof.(a) Dr.(a) Andréa Regina Martins Fontes pela orientação, apoio e incentivo para o desenvolvimento do trabalho.*

*Ao meu co-orientador Prof. Dr. Miguel Ángel Aires Borrás por todo apoio, incentivo e contribuição para realização deste trabalho.*

*Aos docentes e funcionários do PPGEPS, em especial ao Prof. Dr. Cleyton Fernandes Ferrarini e a Prof.(a) Dr. Patricia Saltorato por todo apoio e profissionalismo.*

*À Érica Kushikara Akim, pela eficiência e apoio dado pela Secretaria ao longo do meu período como aluno.*

*A todos os colegas de mestrado, especialmente a Luciana do Carmo e Rogério Donha, pelas experiências trocadas e pela amizade.*

## RESUMO

VIEIRA, A. V. MODELO DE REFERÊNCIA PARA O DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS MECÂNICOS. Sorocaba, 2016. 88 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos.

Este trabalho, uma pesquisa-ação, foi realizado em uma empresa multinacional de origem alemã, fabricante de redutores de velocidade industriais, e teve como objetivo principal comparar as diferenças entre o modelo de processo de desenvolvimento de produtos (PDP) anterior e o modelo de PDP proposto durante a realização desta pesquisa, a partir do projeto de uma série composta por treze tamanhos de redutores planetários modulares. Esta pesquisa se justificou a partir necessidade de implementação constante de ferramentas que auxiliem a minimizar os custos e maximizar os resultados de produtividade nas organizações, utilizando-se como exemplo, os redutores de velocidade planetários modulares devido à sua alta demanda e potencial de mercado. Entre os benefícios encontrados em função da troca de modelo adotado estão a configuração das equipes de projeto (criação da equipe multifuncional), o paralelismo das atividades (projeto desenvolvido e validado por uma equipe), uma melhor forma de integrar os clientes do projeto (reuniões de *brainstorm* e de *feedback*), assim como a possibilidade de utilizar ferramentas de apoio ao desenvolvimento de produtos (DFMA - *Design for Manufacturing and Assembly*, DFM - *Design for Manufacturability*, entre outras). Além disso, com a prática do modelo novo foi possível dar ênfase às preferências dos consumidores, sempre considerando a qualidade, custo e tempo no desenvolvimento para o mercado. Como principal resultado, obteve-se a implantação de um modelo de PDP integrado e simultâneo com ganho de tempo de desenvolvimento e de manufatura (redução de 70% nos retrabalhos de desenhos elaborados para a manufatura e de 50% do tempo de desenvolvimento de novos projetos), reduzindo os custos do equipamento em 7,5% se comparado ao equipamento desenvolvido de maneira sequencial. Através dessa implementação foi possível ainda a elaboração de um catálogo de redutores planetários modulares, traduzido em 5 idiomas e distribuído em mais de 13 países da Europa, Ásia e América. O catálogo também propiciou aos vendedores uma resposta mais rápida para os clientes e a divulgação do produto em todo o mundo.

Palavras-chave: DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTOS. ENGENHARIA SIMULTÂNEA. REDUTORES DE VELOCIDADE PLANETÁRIOS.

## **ABSTRACT**

VIEIRA, A. V. REFERENCE MODEL FOR MECHANICAL PRODUCT DEVELOPMENT. Sorocaba, 2016. 88 p. Dissertation (Master in Production Engineering) - Federal University of São Carlos.

This work, an action research, was conducted in a multinational Germany company, manufacturer of industrial gearboxes, and aimed to compare the differences between the product development process model (PDP) above and the PDP model proposed in this research, from the design of a series consisting of thirteen sizes of modular planetary gearboxes. This research is justified from the need for constant deployment tools that help to minimize costs and maximize productivity results in organizations, using as an example, the modular planetary gearbox due to its high and demand and market potential. Among the benefits found on the basis of the adopted model exchange are setting up the project teams (creation of cross-functional team), parallelism of activities (project developed and validated by a team), a better way to integrate the project's clients (meetings brainstorming and feedback) as well as the possibility to use in support of product development tools (DFMA - Design for Manufacturing and Assembly, DFM – Design for Manufacturability, among others). In addition, the practice of the new model was possible to give emphasis to consumer preferences, always considering the quality, cost and development time to market. The main result, we obtained the implementation of an integrated PDP model and simultaneously with development time gain and manufacturing (70% reduction in rework elaborate designs to manufacturing and 50% of new projects development time), reducing equipment costs by 7.5% compared to the equipment developed sequentially. Through this implementation, it was still possible to draw up a catalog of modular planetary gearboxes, translated into 5 languages and distributed in more than 13 countries in Europe, Asia and America. The catalog also provided to the sellers a faster response to customers and the release of the product worldwide.

**Keywords: DEVELOPMENT INTEGRATED PRODUCTS. CONCURRENT ENGINEERING. PLANETARY GEARBOX.**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação esquemática de um redutor planetário .....	19
Figura 2 - Aplicação de um redutor planetário .....	20
Figura 3: Comparação entre Engenharia Sequencial x Engenharia Simultânea.....	23
Figura 4 - Problemas comuns na implantação de engenharia simultânea .....	24
Figura 5 - PDP empregando a roda da engenharia simultânea. ....	26
Figura 6 - Modelo Proposto para o PDP e o ciclo de vida do produto .....	28
Figura 7 - Modelo Unificado de Processo de Desenvolvimento de Produto.....	30
Figura 8: Papel da Engenharia nas Empresas Integradas .....	32
Figura 9 - Efeitos das diferentes fases do ciclo de vida sobre o custo do produto .....	34
Figura 10 - Matriz de Pugh. ....	36
Figura 11 - Funil de desenvolvimento .....	37
Figura 12: O processo <i>Stage-Gate</i> genérico .....	39
Figura 13 - Fases do desenvolvimento de Produtos .....	44
Figura 14 - Fluxograma antes da adoção de um modelo de PDP .....	61
Figura 15 - Fluxograma após estudo dos modelos de PDP .....	63
Figura 16 - Comparação dos projetos .....	68
Figura 17 - Catálogo de Redutores Planetários Modulares .....	70

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Etapas do modelo de Clark e Wheelwright .....	38
Quadro 2 - Objetivos do <i>Stage-Gate</i> .....	40
Quadro 3 - Ferramentas que auxiliam na geração do conceito.....	43
Quadro 4 - Comparativo entre os modelos referenciais de PDP .....	46
Quadro 5 - Abrangência dos modelos desta pesquisa.....	47
Quadro 6 - Atividades da etapa planejar a pesquisa .....	52
Quadro 7 - Utilização das técnicas de coleta de dados .....	54
Quadro 8 - Abrangência da aplicação das etapas e conceitos propostos .....	64
Quadro 9 - Comparação entre os modelos atual x anterior .....	71
Quadro 10 - Desafios encontrados na fase de transição .....	75
Quadro 11 - Principais características da implantação do modelo .....	76
Quadro 12 - Resultados dos testes das hipóteses .....	80

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Resultados obtidos pela implementação da Engenharia Simultânea.....	23
--------------------------------------------------------------------------------	----

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>8</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>9</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>10</b>
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	<b>11</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>12</b>
<b>SUMÁRIO</b> .....	<b>13</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1 Objetivos da pesquisa.....	15
1.2 Estrutura do trabalho.....	16
<b>2. PRINCÍPIOS TEÓRICOS FUNDAMENTAIS</b> .....	<b>18</b>
2.1. Redutor de Velocidade Planetário.....	18
2.2. Desenvolvimento de Produto e Gestão de Projetos.....	20
2.2.1 Engenharia Sequencial e Engenharia Simultânea.....	21
2.2.2 Relação entre Engenharia Simultânea e a Gestão de Projeto e Produção....	25
2.3. Processo de Desenvolvimento de Produtos - PDP.....	27
2.4. Modelos de referência.....	31
2.4.1 Modelo de referência proposto por Back.....	33
2.4.2 Modelo <i>Total Design</i> de Pugh.....	35
2.4.3. Processo de Funil de Clark e Wheelwright.....	37
2.4.4. Processo de <i>Stage-Gate</i> de Cooper.....	39
2.4.5. Modelo Canvas de Kelley.....	41
2.4.6. Modelo conceitual de Baxter.....	42
2.4.7 Modelo unificado de Rozenfeld.....	44
2.5. Comparação dos modelos de referência.....	45
2.6. Equipes multifuncionais e multidisciplinares em PDP.....	48

2.7. Considerações sobre o capítulo.....	50
<b>3. MÉTODO DE PESQUISA .....</b>	<b>51</b>
3.1. Planejar a pesquisa .....	51
3.1.1. Iniciar o projeto de pesquisa.....	52
3.1.2. Definir a estrutura conceitual teórica .....	53
3.1.3. Selecionar unidade de análise e Técnicas de coleta de dados .....	53
3.1.4. Definir contexto e propósitos .....	54
3.2. Coletar os dados .....	55
3.3. Analisar os dados.....	56
3.4. Implementar ações.....	56
3.5. Avaliar resultados e gerar relatório .....	57
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>58</b>
4.1. Modelo anterior de PDP .....	58
4.2. Necessidade de adoção de um novo modelo .....	59
4.2.1 Seleção do responsável para gerenciamento do projeto.....	60
4.2.2 Mapeamento do modelo anterior.....	61
4.2.3 Seleção de um modelo de PDP.....	62
4.2.4 Formação da equipe multidisciplinar .....	64
4.2.5 Reuniões para elaboração do conceito do produto.....	65
4.2.6 Elaboração e apresentação do conceito .....	67
4.2.7 Fabricação e Análise do protótipo.....	68
4.2.8 Validação e Replicação do projeto para a série de produtos.....	69
4.2.9 Lançamento do catálogo.....	69
4.3. Comparação entre os modelos: Atual x Anterior .....	70
4.4 Considerações sobre o capítulo .....	72
<b>5. DISCUSSÃO .....</b>	<b>74</b>
5.1 Desafios durante a fase de transição.....	74

<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>78</b>
6.1. Proposta de investigações futuras.....	81
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>82</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Este trabalho de pesquisa consiste em uma pesquisa-ação realizada em uma empresa multinacional de origem alemã, fabricante de redutores industriais, e teve como objetivo principal identificar o modelo de processo de desenvolvimento de produtos (PDP) anterior e propor a utilização de um novo modelo de PDP durante a realização desta pesquisa, a partir do projeto de uma série de redutores planetários modulares. Além disso, o presente trabalho descreve como se deu esse desenvolvimento e aplicação.

Atualmente o sucesso na gestão do sistema de desenvolvimento do produto é vital para a competitividade e sobrevivência das organizações, pois de acordo com Faria et al. (2008) a vantagem competitiva de uma empresa estaria diretamente ligada à sua capacidade de introduzir no mercado novos produtos com conteúdo tecnológico e características que atendam às exigências dos consumidores. Portanto, desenvolver novos produtos que atendam essas novas exigências ou que as antecipe constitui um ponto fundamental para a longevidade das organizações.

Para Vieira et al. (2015), a evolução da tecnologia conciliada com o envolvimento da cadeia de suprimentos, cada vez mais ampla e com determinações de parcerias cada vez mais consolidadas, acaba exigindo das organizações a frequente revisão do portfólio de produtos, além da ampliação do leque de descobertas das necessidades dos clientes e da necessidade de revisão de metodologias de desenvolvimento de novos produtos.

Segundo Takahashi e Takahashi (2007), o processo de desenvolvimento de produtos determina de 70 a 90% do custo final do produto, além de determinar o seu desempenho em qualidade e diversificação. Para os autores esse processo ainda traduz as ideias, objetivos e intenções em algo concreto, pelo qual os consumidores pagarão. Sendo assim, o processo de desenvolvimento de produtos (PDP) é um processo vital para a agregação de valor ao negócio.

De acordo com os estudos de Koufteros, Vonderembse e Doll (2001), um dos principais desafios enfrentados pelas empresas contemporâneas encontra-se no desenvolvimento de produtos que atendam as perspectivas internas e externas. Assim, a engenharia aplicada na idealização de processos integrados torna-se fundamental para reduzir

as incertezas, e promover ferramentas de competitividade para as organizações (ETTLIE, 1997).

No que diz respeito ao processo de desenvolvimento de redutores planetários, devido à quantidade e variedade de informações envolvidas em seu projeto, torna-se necessário o uso de ferramentas que permitam gerenciar os processos em um todo, demonstrando a organização da documentação do processo de desenvolvimento de produtos depende do interesse pessoal de cada envolvido (ASIEDU; GU, 1998).

Nesse contexto, esse trabalho se justifica pela lacuna encontrada na literatura sobre projetos de desenvolvimento de redutores. Bem como pela importância do tema PDP no cenário industrial, uma vez que a inovação e tecnologia são fundamentais para que as empresas possam não apenas se manter competitivas no mercado contemporâneo.

Ademais, o presente trabalho serve como um guia para empresas que queiram implementar uma ferramenta para projeto de desenvolvimento de produtos.

A questão de pesquisa que norteia esse trabalho é:

**A aplicação do conceito de desenvolvimento integrado de produtos traz diferenças positivas no projeto de redutores de velocidade planetários modulares? Se sim quais os aspectos e como se dá o processo integrado?**

A questão de pesquisa demonstra o caráter prático e voltado para a descrição de situações concretas, para a ação orientada em função da resolução de um problema efetivamente detectado na organização considerada, em virtude desse viés foi escolhido como método de procedimento a pesquisa-ação, que de acordo com Coughlan e Coughlan (2002) é o método apropriado quando a questão de pesquisa relaciona-se a com descrever o desdobramento de uma série de ações ao longo do tempo em um dado grupo, comunidade ou organização (MELLO et al., 2012).

## **1.1 Objetivos da pesquisa**

O objetivo central da pesquisa é comparar o modelo de PDP existente na empresa antes da pesquisa, com o modelo de PDP proposto para o projeto de redutores planetários

modulares com intuito de descrever como ocorreu a identificação e transição dos modelos. Assim, tal pretensão levou ao surgimento dos seguintes objetivos periféricos:

- Investigar as principais teorias sobre modelos de PDP e processos e projetos integrados;
- Propor um modelo de PDP integrado no gerenciamento dos processos de desenvolvimento de produtos na indústria de redutores de velocidade planetários.
- Demonstrar como se dá o desenvolvimento e aplicação de processos de desenvolvimento integrado em redutores planetários;

Depois de formulada a questão problema, a busca pela sua resposta levou a formulação das seguintes hipóteses:

- H1 - A implantação do modelo integrado de PDP maximiza os resultados dentro de projetos de redutores de velocidade planetários modulares (reduzindo mão de obra e minimizando custos logísticos do projeto).

- H2 - A implementação de um modelo de gestão de PDP possibilita a organização das informações, facilitando a rastreabilidade e o resgate do histórico.

## **1.2 Estrutura do trabalho**

Considerando o problema de pesquisa e os objetivos mencionados este trabalho está dividido em seis capítulos, a saber.

Este primeiro capítulo apresenta a contextualização e justificativa da pesquisa, o problema de pesquisa, os objetivos e as hipóteses da pesquisa.

No segundo capítulo, será definido o conceito de Processo de Desenvolvimento do Produto (PDP), em seguida será apresentado o conceito de engenharia sequencial e simultânea e suas diferenças, depois serão apresentados alguns modelos de referência: o modelo de referência proposto por Back (1983); o modelo *Total Design* de Pugh (1991); o modelo funil de Clark e Wheelwright (1993); o modelo *Stage-Gate* de Cooper (1993); o modelo canvas de Kelley (2003); o modelo de processo do projeto conceitual de Baxter (2007) e o modelo

unificado de Rozenfeld (1996). Em seguida é apresentado um quadro resumo sobre os principais aspectos de cada modelo focando o objetivo da pesquisa e um quadro comparativo das principais características de cada um dos modelos. Finalizando o capítulo é apresentado o conceito de trabalho multidisciplinar em PDP.

A metodologia de pesquisa estará exposta no capítulo três e apresentará o método de pesquisa utilizado neste trabalho, no caso, pesquisa-ação com ênfase em dados. O capítulo também apresentará as etapas para o planejamento da pesquisa.

Os resultados serão apresentados no capítulo quatro. Este capítulo irá dar embasamento para entender como era o sistema de PDP anterior, ou seja, antes da realização deste trabalho, e também ilustrará como ocorreu toda a transição para seleção e implantação do novo modelo de PDP.

A discussão e os desafios encontrados na implantação serão apresentados no capítulo cinco.

No sexto, e último capítulo apresentam-se as conclusões e sugestões para futuras pesquisas.

## **2. PRINCÍPIOS TEÓRICOS FUNDAMENTAIS**

Neste capítulo, serão apresentados os principais assuntos relacionados pela literatura ao Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), foco principal deste estudo.

Inicialmente é importante conhecer o conceito de redutor de velocidade planetário e logo em seguida, serão apresentadas as metodologias de gestão de projetos de engenharia sequencial e engenharia simultânea e o relacionamento de ambas com o PDP. Sete modelos de referência de PDP foram selecionados e serão descritos neste capítulo por focarem na gestão do processo de desenvolvimento e no projeto do produto.

Finalizando o capítulo, é apresentado o conceito de trabalho multidisciplinar importantíssimo para o projeto integrado de PDP.

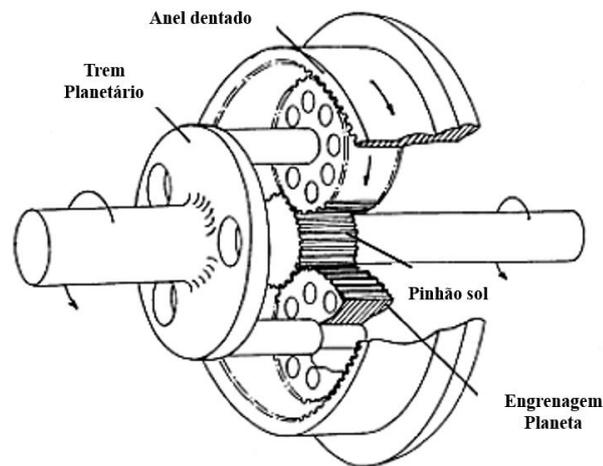
### **2.1. Redutor de Velocidade Planetário**

Os redutores planetários são utilizados quando se necessita de redução de velocidade e aumento de torque em espaços compactos. A terminologia 'redutor de velocidade planetário' vem da semelhança do arranjo físico das engrenagens com o sistema solar. O pinhão sol está localizado no centro do mecanismo e está em contato com vários planetas que orbitam em torno dele. Os planetas são montados em um suporte denominado trem planetário que pode ser fixo ou rotativo.

Segundo Lynwander (1983), transmissões mecânicas por engrenagens planetárias foram aplicadas na indústria em 1781, quando James Watt inventou um sistema composto por um pinhão sol e uma engrenagem planeta para uma de suas máquinas. Lanchester, em 1895 ficou conhecido por ser o primeiro usuário de engrenagens planetárias em transmissões automotivas.

Na figura 1 é possível visualizar a representação esquemática de um conjunto de engrenagem planetárias composta pelo pinhão sol, pelas engrenagens planetas e pelo anel dentado. O trem planetário é uma estrutura relativamente rígida que tem a função de dar suporte as engrenagens planetas.

**Figura 1 - Representação esquemática de um redutor planetário**



Fonte: Adaptado de Lynwander (1983, p.147).

As vantagens dos redutores planetários sobre os redutores de eixos paralelos são:

- Massa e dimensões menores;
- Maior densidade de torque (maior capacidade de torque por massa do equipamento);
- Maior vida útil das engrenagens;
- Alta eficiência;
- Arranjo coaxial;

Apesar de suas inúmeras vantagens, redutores planetários também apresentam algumas desvantagens:

- Maior nível de ruídos quando comparados a engrenagens helicoidais;
- Necessidade de maior precisão dimensional;
- Maior complexidade do projeto.

A figura 2 ilustra a aplicação de um redutor de velocidade planetário no acionamento de uma moenda de cana de açúcar utilizada no setor sucroalcooleiro.

**Figura 2 - Aplicação de um redutor planetário**



Fonte: Elaboração própria

Os conjuntos de engrenagens planetárias são mecanismos reconhecidos como compactos e eficientes com uma ampla variedade de aplicações no ramo industrial, automotivo, aeronáutico, entre outros.

## **2.2. Desenvolvimento de Produto e Gestão de Projetos**

Segundo Wu et al. (2010), a engenharia de processos tem sido utilizada como ferramenta de competitividade nas organizações, uma vez que é amplamente aceita como uma estratégia viável para que as empresas reduzam o tempo de entrega e assim, obtenham economias nos custos globais. Segundo os autores, isso é crucial para a sobrevivência das empresas, pois atualmente, as organizações vivem um confronto entre a necessidade de acelerar seus ciclos de desenvolvimento, aumentar a complexidade de produtos, acelerar mudanças tecnológicas, e reduzir o ciclo de vida dos produtos.

Para Campos et al. (2011) a excelência em desenvolvimento de produtos ocorre quando a empresa organiza adequadamente estratégia, estrutura organizacional, sistematização das atividades, habilidades técnicas, abordagens para resolução de problemas e mecanismos de aprendizagem. De acordo com Susman (1992), o envolvimento precoce na fabricação, poderia reduzir o tempo desde a concepção de projeto até a entrega do produto,

pois é plausível que potenciais problemas sejam identificados cedo o suficiente para evitar atrasos onerosos após a finalização do projeto.

Ogliari et al. (2008) afirmam que 80% dos custos do produto são comprometidos nas atividades iniciais do projeto, e que o projeto compromete 70% dos custos do produto final, esses valores, segundo os autores, reforçariam a importância de se adotar práticas adequadas para o desenvolvimento do produto.

A atividade de desenvolvimento de produtos, sempre opera por meio de projetos, que são por definição, um esforço temporário elaborado progressivamente em etapas por pessoas e com recursos finitos, com intenção de produzir um bem ou serviço exclusivos (VARGAS, 2008).

De acordo com Amado et al. (2006), desenvolver um produto com flexibilidade, tecnologia e conhecimento é imperativo para as empresas, no entanto para isso não basta apenas criar um produto, é necessário conhecer seu processo, seu real potencial de desenvolvimento e desempenho.

Diante disso, a análise de processo de desenvolvimento de produto (PDP) passa a ser de grande relevância, Amado et al. (2006) ressaltam que o PDP tem sido abordado de diferentes formas ao longo da história e seu escopo tem se ampliado.

Até o início da década de 1980, a gestão de desenvolvimento sequencial era muito empregada como metodologia de processos, visando a excelência funcional através da sistematização das atividades, melhorando a eficiência, facilitando a obtenção de soluções, a avaliação e o detalhamento de processos de fabricação (ROZENFELD et al., 2006). A partir da década de 1980, inicia uma maior preocupação e um cuidado maior com o projeto de produto, até então, não havia uma cultura gerencial disseminada, na qual a gestão de projetos fosse considerada como peça estratégica para as empresas (VARGAS, 2008).

### **2.2.1 Engenharia Sequencial e Engenharia Simultânea**

O método de gestão de projetos mais utilizado pela indústria é o encadeamento linear de suas etapas, também chamada de engenharia sequencial, no qual cada etapa de um projeto

é desenvolvida a partir da finalização da anterior, e as decisões são tomadas independentemente (FABRÍCIO, 2004; VARGAS, 2008).

De acordo com Fabrício (2004), esse método possui diversos problemas: não há interação entre as especialidades do projeto; as interferências tem que ser resolvidas ao final do processo, necessitando uma adaptação; projetos onerosos, uma vez que decisões de etapas anteriores precisarão ser revistas em decorrência de demandas eventuais, além do tempo e recursos utilizados e estimativas incorretas; não existe comprometimento conjunto para o resultado final do trabalho; falta de discussão de propostas alternativas; lacuna entre os profissionais das diversas áreas; fragmentação dos dados e perda da informação ao longo do projeto.

Clark e Fujimoto (1991), afirmam que um passo na direção de uma mudança de paradigma da produção industrial foi dado no fim da década de 1980 e início dos 1990, com o desenvolvimento de projetos de pesquisa envolvendo a manufatura enxuta, a gestão de processo e desenvolvimento de produtos e a valorização dos projetos. Estes primeiros trabalhos, de cunho puramente analítico, geraram conceitos aplicados por grande parte de pessoas que estudam e trabalham com desenvolvimento de produto atualmente.

Nesse sentido, a Engenharia Simultânea, tradução do termo *Concurrent Engineering*, tem sua origem vinculada às deficiências do modelo de gestão sequencial de projetos. Seu conceito se baseia na integração total e precoce dos atores envolvidos no processo, abrangendo simultaneamente o projeto de produto, os projetos complementares e o projeto de produção, em um ambiente de cooperação, comunicação e interatividade, tornando o processo coletivo e multidisciplinar (FABRÍCIO, 2004; VARGAS, 2008).

De acordo com Sohlenius (1992), a engenharia simultânea fornece ferramentas para integrar projetos de produtos, que permitem com que as empresas reduzam o tempo de projeto e alcancem como consequência a redução geral dos custos. Sendo assim, tarefas multidisciplinares, que são caracterizadas por compartilhamento de conhecimento, são realizadas simultaneamente em projetos afim de reduzir o tempo necessário para lançamento de novos produtos ou serviços otimizando as atividades durante os projetos. Os resultados de projetos feitos com a utilização de engenharia simultânea, em comparação com a engenharia sequencial, são tempo de desenvolvimentos mais curtos e menor custo total de projetos e processos.

Segundo Carter e Baker (1992) e Hartley (1998), a abordagem da Engenharia Simultânea conduz a melhores projetos e apresenta melhorias no desenvolvimento de produtos. Estas melhorias são quantificadas com os dados constantes na tabela 1.

**Tabela 1 - Resultados obtidos pela implementação da Engenharia Simultânea**

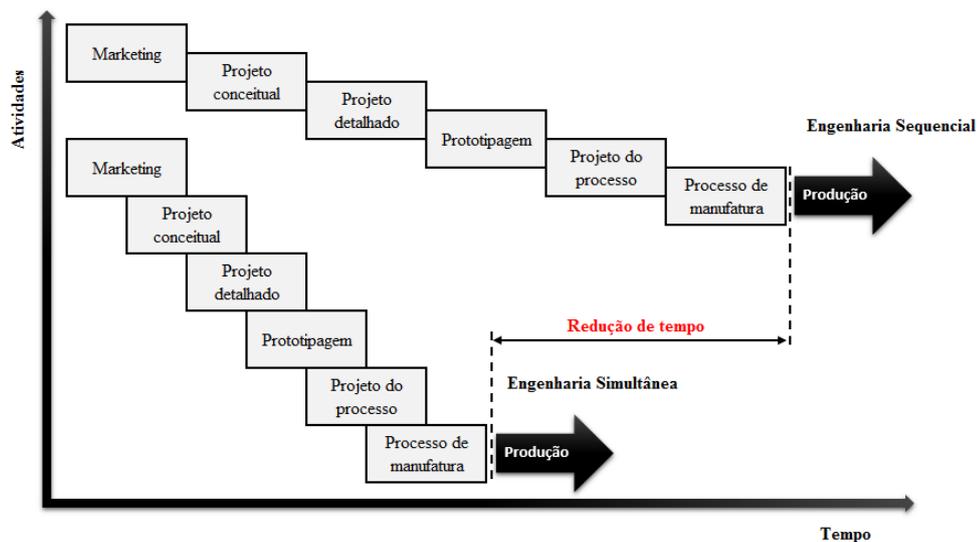
Características	%	Comentários
<b>Tempo de Desenvolvimento do Projeto</b>	30% - 70%	Redução
<b>Alterações de Projeto e Retrabalho</b>	65% - 90%	Redução
<b>Tempo de Lançamento de Produto</b>	20% - 90%	Redução
<b>Qualidade Total do Produto</b>	200% - 600%	Melhoria
<b>Produtividade</b>	20% - 110%	Melhoria
<b>Retorno sobre Vendas</b>	5% - 50%	Melhoria

Fonte: PIMENTEL (2003, p. 25).

Conforme pode ser visto na tabela 1, o tempo de desenvolvimento do projeto apresenta redução de 30 a 70% comparado com a abordagem de Engenharia Simultânea.

Ogliari et al. (2008) apontam que a prática da engenharia simultânea soluciona os problemas relacionados ao gerenciamento do desenvolvimento dos produtos, aumenta o ciclo de vida e a qualidade do produto, além de diminuir expressivamente os custos e o tempo empregados nos processos. A figura 3 ilustra a comparação gráfica entre a metodologia de engenharia sequencial e engenharia simultânea.

**Figura 3: Comparação entre Engenharia Sequencial x Engenharia Simultânea.**



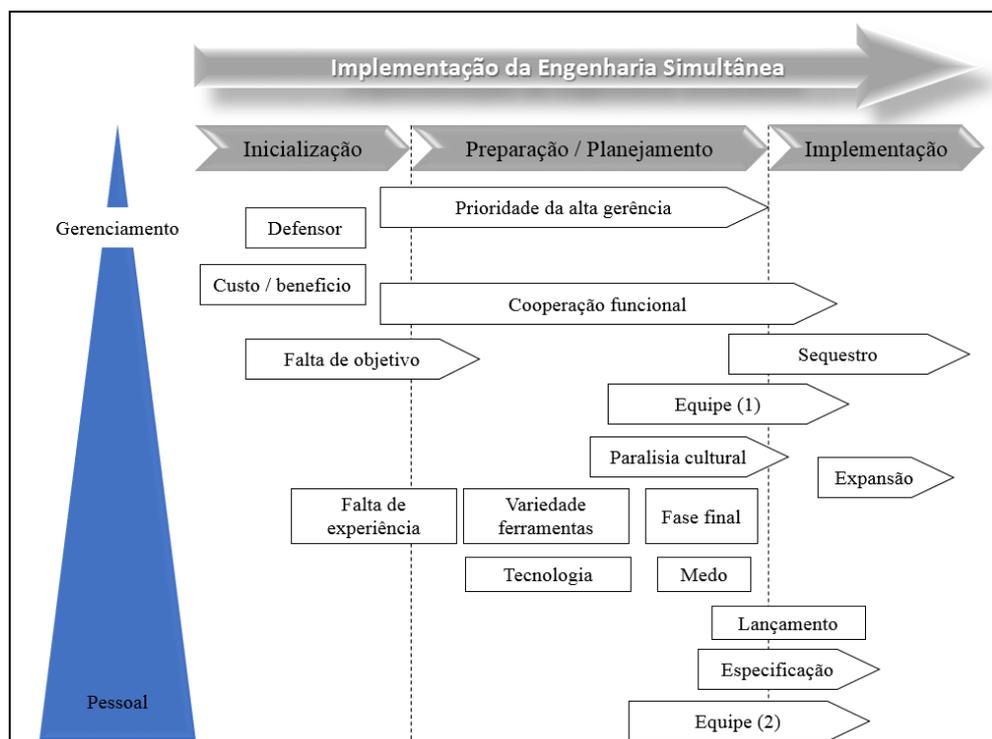
Fonte: Adaptado de Ogliari e Back (2001, p.7).

A partir da figura 3, percebe-se a redução de tempo na abordagem da engenharia simultânea quando comparada a engenharia sequência, isso ocorre devido ao paralelismo entre as fases de desenvolvimento.

A implementação da engenharia simultânea encontra algumas dificuldades principalmente no que diz respeito ao trabalho em equipe, pois cada departamento possui especificidades e muitas vezes os profissionais não estão acostumados a trabalhar em equipe (SACCHELLI, 2007). O autor sugere ainda que as barreiras a implementação da engenharia simultânea podem ser divididas em organizacionais e técnicas. As barreiras organizacionais são deficientes no suporte da gerência, clima organizacional inadequado, resistência da gerência, gratificação inadequada, falta de envolvimento do cliente e fornecedor e barreiras a criatividade (SACCHELLI, 2007). No que diz respeito a barreiras técnicas, Sacchelli (2007) cita a utilização errada de *softwares* CAD/CAM, que se utilizados corretamente possibilitam o trabalho simultâneo e facilitam a comunicação devido a possibilidade de integração com demais áreas da empresa.

A figura 4 apresenta as principais razões para falhas na implementação da engenharia simultânea sugeridos por Ogliari et al. (2008).

**Figura 4 - Problemas comuns na implantação de engenharia simultânea**



Fonte: Ogliari et al. (2008, p. 15).

A figura 4, expressa os principais problemas em cada fase do processo de implementação da engenharia simultânea: inicialização, planejamento e implementação em si. Na primeira fase os principais problemas são relacionados ao cálculo do custo benefício, ao comprometimento da alta gerencia com o projeto, à clareza dos objetivos e a falta de experiência na organização em engenharia simultânea.

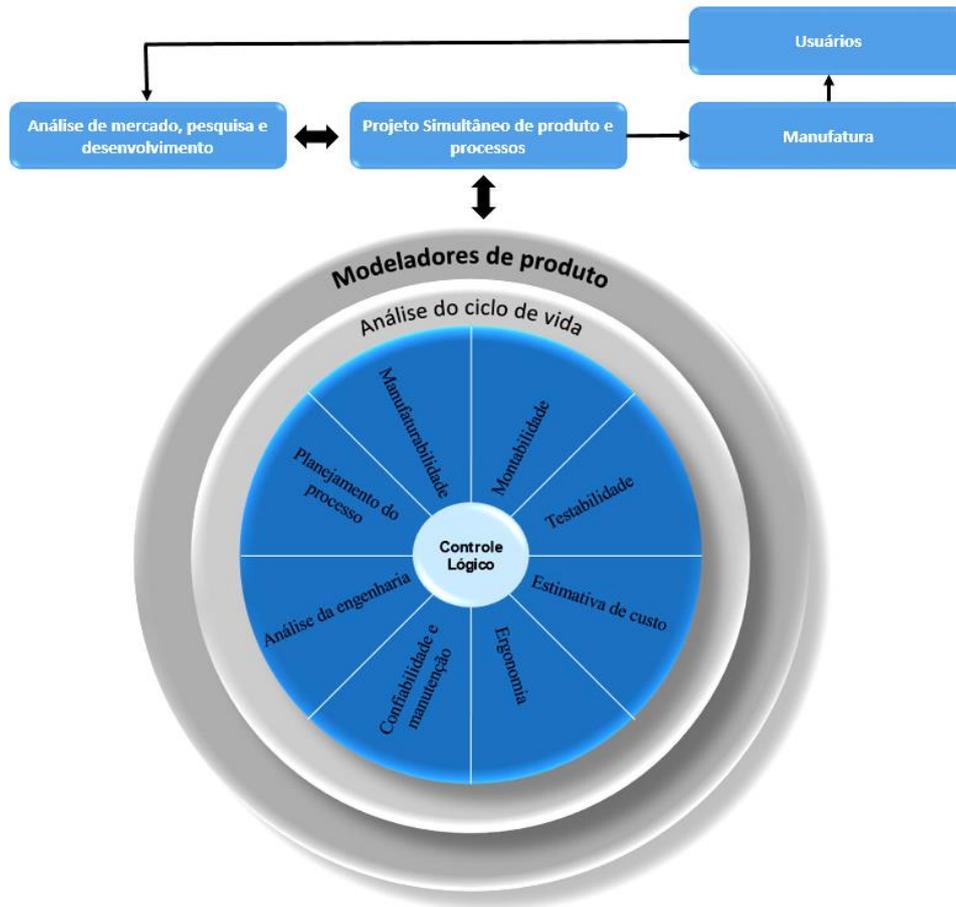
Os problemas na fase seguinte, planejamento, são referentes a cooperação funcional, participação da equipe, prioridade da alta gerência e variedade das ferramentas disponíveis. Por fim, na fase de implementação os problemas são referentes ao medo do insucesso, especificações do projeto e lançamento do produto. Há ainda problemas referentes à fase de execução, que são: envolvimento da média gerencia, redução da dedicação da equipe e expansão do programa (OGLIARI et al., 2008).

### **2.2.2 Relação entre Engenharia Simultânea e a Gestão de Projeto e Produção**

Segundo Vargas (2008), a relação entre a engenharia simultânea e a metodologia de gestão de projeto e da produção pode ser notada através de algumas características como: organização do fluxo de projeto e produção, através da sobreposição cronológica e espacial das atividades, reduzindo o tempo de projeto; equipes multidisciplinares e multifuncionais; desenvolvimento simultâneo do produto e de seu processo de manufatura; ênfase no gerenciamento do processo de projeto; concentração de recursos no início do projeto; utilização de ferramentas para otimizar os processos; ênfase na disponibilidade de informação; interface com clientes e fornecedores e foco na melhoria continua e aprendizado.

A figura 5 apresenta o desenvolvimento do produto empregando a roda da engenharia simultânea de Ogliari et al. (2008).

Figura 5 - PDP empregando a roda da engenharia simultânea.



Fonte: Ogliari et al. (2008, p. 8).

A figura 5, representa parcialmente a integração de elementos da filosofia da engenharia simultânea, mostrando uma forma de implementação baseada em recursos computacionais. A camada externa da roda representa os modeladores do produto que promovem condições para que os projetistas avaliem e otimizem o projeto. O núcleo representa o controle lógico, que envolve ferramentas que auxiliam a busca por um projeto satisfatório, as camadas intermediárias, são as funcionais que compreendem ferramentas de ciclo de vida (OGLIARI et al., 2008).

Ainda no que diz respeito ao ciclo de vida do produto, Alting, Hauschild e Jeswiet (2004), salientam que o foco da indústria atualmente são produtos e processos que não agridam o meio ambiente, o uso do produto e sua destruição fazem parte da responsabilidade industrial, bem como uma preocupação dentro de seu sistema de produção, ou seja, cada produto ou serviço tem seu ciclo de vida. Os autores definem ciclo de vida do produto como a

abordagem integrada que orientada por meio de informações para todos os aspectos da vida de um produto, desde o conceito de projeto, fabricação, manutenção e remoção do mercado. Refere-se ao tempo do primeiro lançamento do produto ao mercado até a sua retirada definitiva.

Okumura, Canciglieri e Rudek (2011), salientam que as agregações de outras funções no produto aumentam a complexidade do processo de desenvolvimento de produtos (PDP), requerendo conhecimentos multidisciplinares. Diante disso, Back et al. (2008), sugerem a necessidade de abordar o PDP em ambientes de engenharia simultânea ou de equipes integradas, visando assim uma filosofia de cooperação multifuncional, considerando aspectos como gerenciamento do ciclo de vida do produto, incluindo ainda integração do planejamento, projeto e fases relacionadas (OKUMURA; CANCELIERI; RUDEK, 2011).

De acordo com Bórnia e Lorandi (2008), houve uma redução significativa no ciclo de vida dos produtos em decorrência das mudanças na preferência dos consumidores, nesse contexto o processo de desenvolvimento de produtos (PDP), foco deste trabalho, é um fator crítico para a manutenção da competitividade, uma vez que a agilidade no surgimento de novas ideias de produtos e seu rápido desenvolvimento são questões de sobrevivência para qualquer organização.

### **2.3. Processo de Desenvolvimento de Produtos - PDP**

Bórnia e Lorandi (2008), definem PDP como o modo como as atividades e tarefas relacionadas ao projeto de produtos são desenvolvidas, está relacionado com o gerenciamento do conjunto de atividades, partindo da necessidade de mercado e das possibilidades tecnológicas, considerando as estratégias corporativas, de negócios e de produto da empresa, até chegar as especificações de projeto e do processo de produção.

Para Rozenfeld et al. (2006), PDP é um processo de negócios, ou seja, um conjunto de atividades pelas quais se busca, a partir das necessidades do mercado, das possibilidades e restrições tecnológicas e ainda, considerando as estratégias competitivas e de produto da empresa, chegar às especificações de projeto de um produto e de seu processo de produção, de maneira que a manufatura seja capaz de produzi-lo, atendendo as necessidades de um cliente interno ou externo.

Segundo Clark e Fujimoto (1991), PDP é o processo pelo qual uma organização transforma dados sobre oportunidades de mercado e possibilidades técnicas em bens e informações para a fabricação de um produto

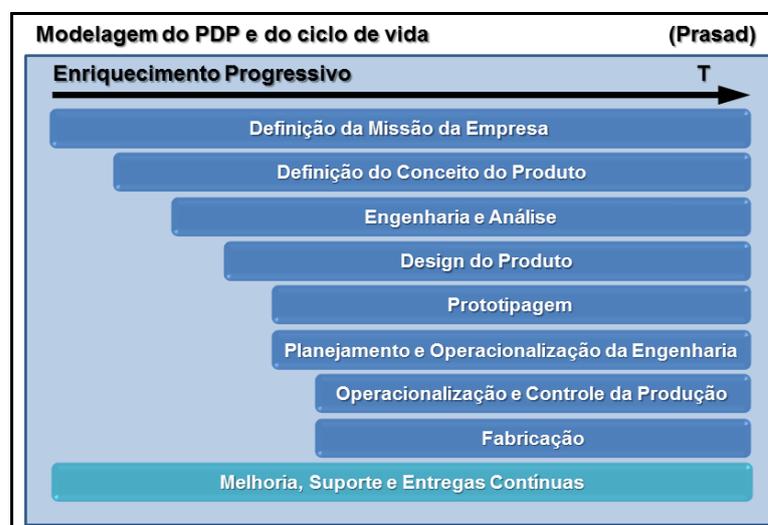
Para Pugh (1991), PDP é a atividade que se faz necessária desde a identificação do mercado, abrangendo as necessidades por parte dos seus usuários e a venda final deste mesmo produto, capaz de satisfazer estas necessidades – é uma atividade que engloba o produto, os processos, as pessoas e a organização.

Souza (2012), sugere que através de uma ampla participação funcional na aquisição e interpretação dos dados algumas características de projetos, tais como: fabricação, complexidade e design de qualidade, possam ser melhoradas, levando à menor estipulação de prazos e mais tarde no ciclo de vida de produtos, preços “*premium*”, além de uma melhor qualidade.

O projeto de um produto é um processo de múltiplas etapas, o PDP é o gerenciamento de como essas etapas devem ser estruturadas e operacionalizadas, de forma a tornar o processo eficiente e eficaz. Não se caracterizando como uma atividade simples, pois exige esforço coordenado do trabalho de diversos setores ao longo do tempo (BORNIA; LORANDI, 2008).

A figura 6 descreve a maioria das atividades de planejamento, execução e controle ao que estão relacionadas com o desenvolvimento do produto.

**Figura 6 - Modelo Proposto para o PDP e o ciclo de vida do produto**



Fonte: Adaptada de Rozenfeld (1997, p. 4).

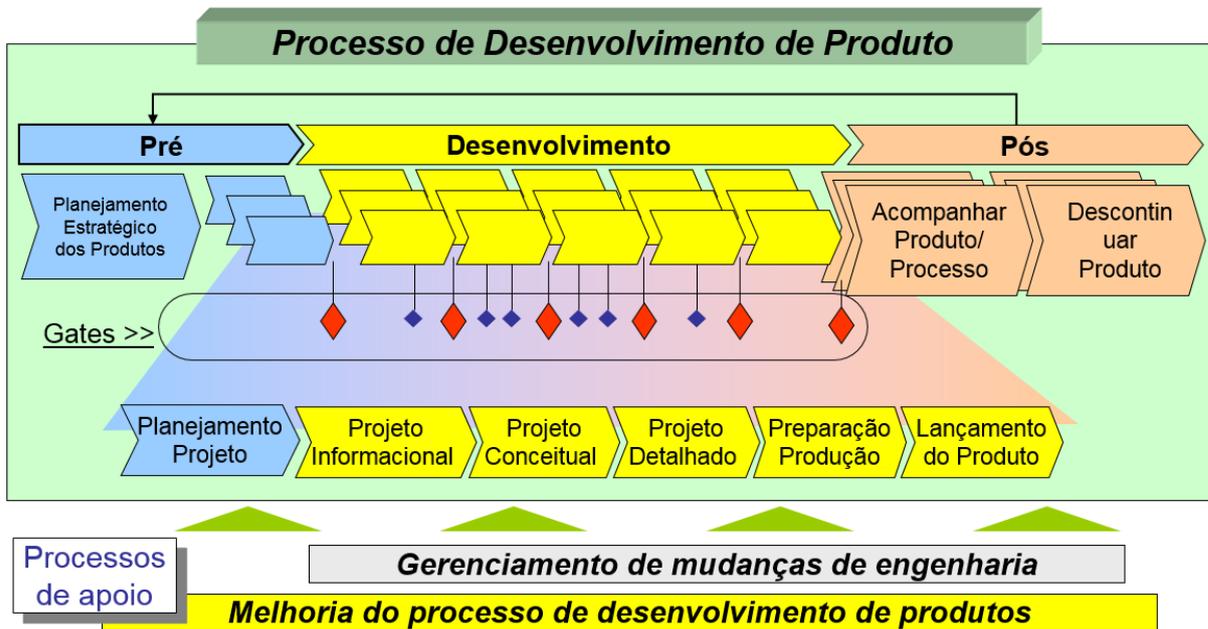
Pode se notar pela figura 6, que as atividades do PDP englobam as estratégias corporativas, de negócios e de produto da empresa, as especificações de projeto de um produto e de seu processo de produção, além do acompanhamento do produto após o lançamento, para realizar mudanças na sua utilização e planejar sua descontinuidade, ou seja, envolve todo o ciclo de vida do produto, além disso, é embasado no conceito de paralelo temporal de atividades proposto pela engenharia simultânea (ROZENFELD et al., 2006).

Para Pugh (1996), a existência de diversas visões parciais na área de gerenciamento do processo de elaboração do produto, é uma grande dificuldade, uma vez que no campo de ensino e pesquisa, o produto vinha sendo tratado de maneira particular pelas diversas áreas de conhecimento especializado, com isso, profissionais de engenharia tendem a pensar no desenvolvimento de produto como atividades específicas de cálculos e testes; projetistas ou programadores visuais como no resultado de estudos de conceito; administradores como no conhecimento relacionado à algo mais abstrato, independente do conteúdo ou contexto tecnológico e voltado para as problemáticas organizacionais e estratégicas; especialistas em qualidade como na aplicação de ferramentas específicas; dentre outros.

Para se beneficiar das vantagens multidisciplinares que o PDP oferece, uma empresa deve ter times de desenvolvimento de produtos compostos por profissionais qualificados nesta abordagem, ao invés de profissionais que trabalhem isoladamente em funções específicas. Para formar esses times os profissionais devem combinar a expertise com a capacidade de trabalhar eficientemente em grupo, formando relacionamentos produtivos com clientes e fornecedores. Além de refletir criticamente sobre as práticas organizacionais e se necessário mudá-las (MUNDIM et al., 2002).

A figura 7 ilustra as fases ou etapas de desenvolvimento de um produto propostas pelo modelo unificado de Amaral et al. (2006).

Figura 7 - Modelo Unificado de Processo de Desenvolvimento de Produto



Fonte: Amaral et al. (2006, p. 48).

Conforme pode ser visto na figura 7, para Amaral et al. (2006), as fases ou etapas de desenvolvimento de um produto são geradas por meio do planejamento do projeto, conceitualmente definidas como: pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento.

O pré-desenvolvimento envolve o planejamento estratégico do produto e o planejamento do produto, tendo como objetivo definir o portfólio de produtos da empresa baseado no seu plano estratégico, nas fontes internas e externas, bem como, nas oportunidades e restrições (AMARAL et al., 2006).

A etapa de desenvolvimento é responsável desde o projeto informacional até o lançamento do produto. Nessa etapa os objetivos são estabelecer especificações do projeto, do produto e dos processos de manufatura e manutenção, além de vendas, distribuição e serviços pós-vendas (AMARAL et al., 2006).

Por fim, a etapa de pós-desenvolvimento é responsável por acompanhar o produto, o processo e sua descontinuidade, visa identificar melhorias para o produto, processo produtivo e também para seu PDP (AMARAL et al., 2006).

De acordo com Amaral e Rozenfeld (2008) um PDP bem estruturado pode resultar em: redução no *lead-time* de desenvolvimento, repetibilidade dos projetos de desenvolvimento, maior racionalização no uso das informações, maior facilidade para treinar novas pessoas no processo e reutilização de conhecimentos gerados em outros projetos. Estruturar o PDP significa dotar a empresa de um padrão a ser seguido pelos diferentes times de desenvolvimento no planejamento e realização dos projetos de desenvolvimento de produtos.

Segundo Davila (2000), o PDP é um processo incerto, e por essa razão é necessário que seja estruturado através de fases bem definidas, que terminem com a decisão sobre o futuro do projeto. Essas fases, segundo Paula e Mello (2013), representam o processo de negócio como um fluxo contínuo de atividades, com entradas e saídas distintas que determinam o sucesso ou não do lançamento de um produto no mercado. As fases podem ser agrupadas em modelos de referência, que são elaborados a partir das melhores práticas do PDP e representam uma aplicação mais ampla e geral que pode ser utilizada como referência para o desenvolvimento de modelos específicos (AMARAL, 2000).

#### **2.4. Modelos de referência**

Embora cada projeto seja peculiar e cada desenvolvimento de produto único, é possível ter um processo único que norteie todos os projetos, funcionando como um direcionamento e um *check-list* de etapas e atividades a serem realizadas, como modelos de referência (AMADO et al., 2006).

Para Bornia e Lorandi (2008), embora o desenvolvimento de cada produto apresente peculiaridades, depois de iniciado, tem uma sequência cronológica de eventos formando um processo comum, daí a necessidade de se criarem modelos de referência (BORNIA; LORANDI, 2008).

Os modelos de referência são uma abstração da realidade expressa por meio de um método de modelagem em função do objetivo do usuário, permitindo uma visão de como o processo deve ser realizado, explicitando atividades e responsabilidades de cada participante.

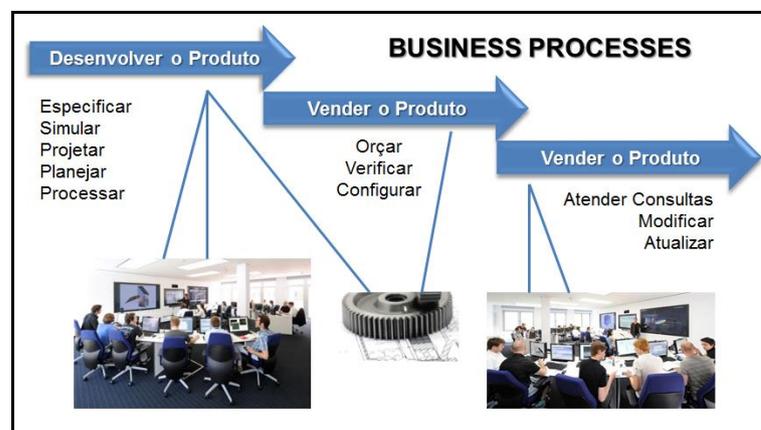
Salgado et al. (2010) definem o modelo de referência como sendo a união das melhores práticas relacionadas a um determinado processo de desenvolvimento, sendo estas representadas de forma clara para qualquer pessoa.

O modelo de referência, segundo Back et al. (2008), contribui para que as empresas executem um PDP mais formal e sistemático integrado aos demais processos da empresa, com participantes da cadeia de fornecimento e clientes finais, fornece também meios para que a empresa inove e desenvolva novos produtos. Servindo de diretriz para a implementação do PDP em diferentes organizações (BORNIA; LORANDI, 2008).

Segundo Amaral e Rozenfeld (2008) o objetivo de um modelo de referência é prover a empresa de uma base, a partir da qual ela pode definir um modelo de processo específico, construir um modelo de referência é realizar uma descrição mais abrangente possível de um determinado processo de negócio de forma que possa ser customizado para diferentes situações. O modelo deve agregar as atividades necessárias às diferentes instâncias do processo, as informações e recursos utilizados e a organização necessária para que sejam realizadas (AMARAL; ROZENFELD, 2008). Salgado et al. (2010), ressaltam que como os modelos são interpretados e aplicados por seus usuários, um mesmo modelo pode ser usado e aplicado de diferentes maneiras, dessa forma, a prática do desenvolvimento de produtos pode ser melhorada pela execução de novos modelos.

Na figura 8, está representado um modelo de referência para o “*business process*” de desenvolvimento de produto, que resultou em vários trabalhos conjuntos com empresas de manufatura, ajustando às empresas aos padrões existentes.

**Figura 8: Papel da Engenharia nas Empresas Integradas**



Fonte: Adaptada de Rozenfeld (1997, p. 7).

A partir da figura 8, percebe-se que é possível visualizar o processo em desenvolvimento e organizar as atividades e informações referentes a cada etapa. Em cada etapa há elementos de entrada e saída, que avaliados dão ou não continuidade ao processo (BORNIA; LORANDI, 2008).

Para fins desta pesquisa, foram escolhidos sete modelos: o modelo de referência proposto por Back (1983); o modelo *Total Design* de Pugh (1991); o modelo funil de Clark e Wheelwright (1993); o modelo *Stage-Gate* de Cooper (1993); o modelo Canvas de Kelley (2003); o modelo de processo do projeto conceitual de Baxter (2007) e o modelo unificado de Rozenfeld et al. (2006), devido ao fato de focarem na gestão do processo de desenvolvimento, além de caracterizarem também o projeto do produto (PAULA; MELLO, 2013). A seguir apresentam-se sintetizados os modelos de referência escolhidos por ordem cronológica de desenvolvimento.

#### **2.4.1 Modelo de referência proposto por Back**

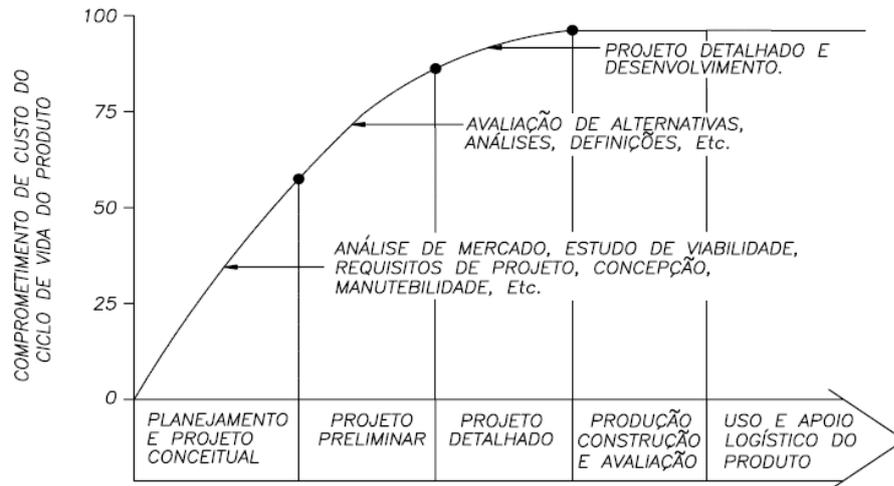
De acordo com Back (1983), o projeto de um produto apresenta características próprias, no entanto, depois iniciado se desdobra em uma sequência de eventos que seguem em ordem cronológica, gerando um modelo comum a todos os projetos. Para o autor, a ordem sequencial das fases de um projeto permite a transformação de recursos em objetivos proveitosos.

Em seu modelo, Back (1983) traça uma linha global quanto às conceituações e delimitações do desenvolvimento de produtos. Segundo o autor, o desenvolvimento do produto é um conceito amplo e compreende os aspectos de planejamento e projeto, ao longo das atividades da sequência do processo, desde: a pesquisa de mercado; o projeto do produto e seu processo de fabricação; passando pelo plano de distribuição, uso do produto até seu descarte.

O modelo de referência proposto por Back (1983), é constituído por fases estruturadas para a criação de projeto de produtos, sendo uma de pré-desenvolvimento (estudo de viabilidade), três de desenvolvimento (projetos preliminar e detalhado, revisão e testes e planejamento para produção, mercado e consumo) e uma de pós-desenvolvimento (planejamento da obsolescência).

Segundo Back e Ogliari (2000), na figura 9 observa-se que praticamente 80% dos custos do produto são comprometidos com os resultados das atividades iniciais do projeto (conceitual e preliminar) e que os efeitos das decisões tomadas nas fases iniciais do projeto podem comprometer o desempenho do produto ou do próprio empreendimento.

**Figura 9 - Efeitos das diferentes fases do ciclo de vida sobre o custo do produto**



Fonte: Back e Ogliari (2000, p. 03).

Back (1983), afirma que o projeto deve sempre começar com um estudo de viabilidade e ainda, que um projeto de desenvolvimento de produto tem como objetivo a elaboração de um conjunto de soluções úteis até o planejamento de obsolescência.

De acordo com Back (2007), o desenvolvimento de produto deve ser planejado de maneira global, mensurando desde a matéria prima até o descarte final. Para o sucesso desse procedimento é necessário que haja trabalho em equipe multidisciplinar desde o planejamento, e que os requisitos e restrições do produto sejam considerados ou pensados simultaneamente.

Ademais, o desenvolvimento integrado de produto considera todo o processo de transformação e geração de informações necessárias na identificação da demanda, na produção e no uso do produto (BACK, 2007).

### 2.4.2 Modelo *Total Design* de Pugh

O modelo de gerenciamento de projetos *Total Design*, foi proposto por Pugh (1996) e está centrado diretamente no produto, pois sem ele, os negócios não existiriam. Assim, define-se o projeto total, sistematicamente, iniciando-o com a identificação da necessidade do mercado ou do cliente indo até a venda de um produto triunfante que compreenda a lacuna do mercado em relação à essa necessidade, anexando, também, as peculiaridades do processo, das pessoas e da organização (MELLO, 2005).

No projeto total há um núcleo central de atividades e, de forma imperativa, estabelece-se para qualquer projeto, independentemente do domínio. Há seis etapas neste projeto-núcleo: mercado; especificação de projeto do produto; conceito; projeto detalhado; manufatura e vendas (MELLO, 2011).

De acordo com Pugh (1996), o mercado quando satisfeito com o projeto, se ajustará ao mercado existente, ou criará um mercado a parte. Com a manifestação da necessidade, a especificação do projeto dará início à especificação do produto a ser gerido. Dessa forma, a especificação do projeto é como um manto, envolvendo os estágios restantes do projeto-núcleo. Logo, ela é uma forma de controlar, a partir dos limites estabelecidos pela especificação do projeto, as atividades subsequentes do projeto-núcleo (MELLO, 2011).

A partir do conceito de projeto-núcleo, Pugh (1996) desenvolveu uma matriz onde ele analisa a escala de avaliação, onde serão inseridos os símbolos +, que significa substancialmente melhor, - significa claramente pior (ou falho) e S de *same* que significa igual.

Um projeto convencional melhor pode ser usado como um dado em oposição no qual os novos projetos são comparados e enquanto o grupo completa a matriz avaliativa, isso faz com que novas ideias sejam geradas e, assim, adicionam-se novos conceitos sobre a matriz. Este processo repete-se até um conceito dentro da matriz emergir e não poder ser derrubado, isso é feito a partir da remoção dos elementos negativos da matriz (LUMSDAINE, 2006). A figura 10 representa um exemplo da matriz de Pugh.

Figura 10 - Matriz de Pugh.

Matriz de PUGH							
Critérios Chaves	Grau de importância	Benchmark - Opções	Alternativas				
			Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D	Alternativa E
Critério 1	4		S	+	+	-	-
Critério 2	1		-	S	+	+	+
Critério 3	3		+	-	+	S	S
Critério 4	2		S	+	+	-	+
Critério 5	5		-	S	S	+	S
Soma dos Positivos			1	2	4	2	2
Soma dos Negativos			2	1	0	2	1
Soma dos Iguais			2	2	1	1	2
Soma dos positivos (grau de importância)			3	6	10	6	3
Soma dos negativos (grau de importância)			6	3	0	6	4
TOTAL			-3	3	10	0	-1

Fonte: Elaboração própria a partir do conceito de Pugh (1996, p. 58).

Nessa relação da matriz, os conceitos selecionados continuarão passando pelas etapas de desenvolvimento do produto, com os mesmos critérios (aplicabilidade, exequibilidade e pertinência) e, aos critérios são dados pesos onde a soma vertical da coluna é 100%. É utilizada uma escala de 1 a 5, onde a nota 5 é a de máxima importância e a 1 a de nenhuma importância. O grau de importância dos pesos é o produto das colunas pesos dos critérios e a avaliação. Logo depois, é feita a somatória e o *ranking* dos conceitos, sendo que continuará aquele que ficou em primeiro lugar (SALLES; CUTOVOI, 2013).

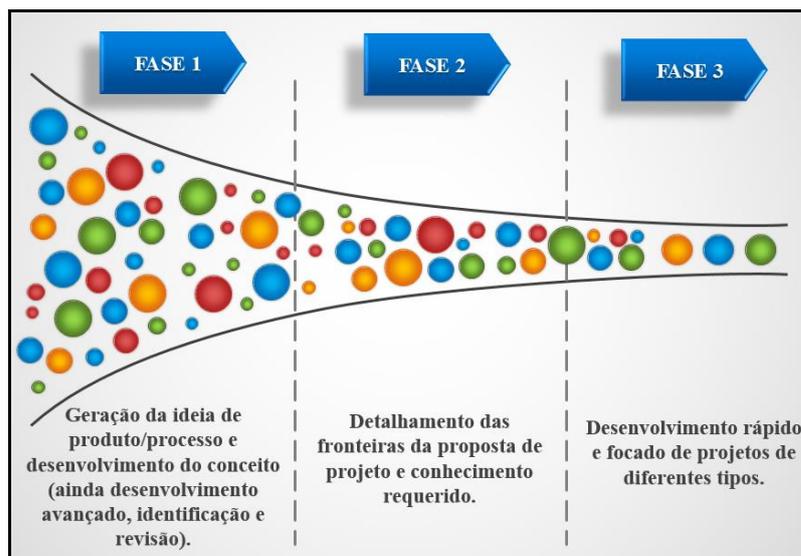
A relação mercado-vendas é definida como o fluxo principal do projeto e é, também, um processo iterativo, pois um novo conceito pode aparecer mesmo depois de alcançado o projeto detalhado de um produto. Se este novo conceito for atrativo ao desenvolvimento do projeto e o tempo permitir, o desenvolvimento do projeto voltará para o estágio anterior até ser recriada a solução. Em todos os estágios da produção do produto há a interatividade da operação. Entretanto, em inspeções futuras, a sequencialidade dos estágios será mantida. Logo, qualquer ponto na atividade de projeto pode ser revertido, sempre sob o manto do projeto-núcleo, minimizando, assim, as alterações desnecessárias (MELLO 2005).

### 2.4.3. Processo de Funil de Clark e Wheelwright

Em 1993, Clark e Wheelwright, observando a tendência cada vez mais competitiva das organizações, principalmente devido à abertura de mercados multinacionais, defenderam que a produção de produtos deve estar cada vez mais atenta na busca por diferenciação, inovação, acoplagem da tecnologia em seus processos e agregação de valores sustentáveis (CLARK; WHEELWRIGHT,1993).

Foi observado ainda que grandes organizações alcançam vantagens competitivas mediante o aproveitamento dos ganhos de mercados obtidos com a curva da experiência, estando neste contexto o segredo da produção integrada com sucesso (CLARK; WHEELWRIGHT, 1993). Então dentro deste contexto foi defendido o funil de desenvolvimento, representado na figura 11.

**Figura 11 - Funil de desenvolvimento**



Fonte: Adaptada de Clark e Wheelwright (1993, p.124).

Clark e Wheelwright (1993), apresentaram uma abordagem para gerenciar através da divisão do processo de desenvolvimento de produto em três etapas de maior importância: desenvolvimento; gerenciamento do projeto específico e aprendizagem, descritas no quadro 1.

**Quadro 1 - Etapas do modelo de Clark e Wheelwright**

<b>Etapa</b>	<b>Descrição</b>
Desenvolvimento	Apresenta uma estrutura para o planejamento e gerenciamento do portfólio dos projetos em andamento
Gerenciamento do Projeto Específico	Aborda o gerenciamento, liderança, tipos de interação entre atividades e outros assuntos relacionados com um projeto específico
Aprendizagem	Apresenta formas para garantir a melhoria do processo e a aprendizagem organizacional

Fonte: Elaboração própria a partir do conceito de Clark e Wheelwright (1993).

O modelo sugerido por Clark e Wheelwright (1993), está estruturado por um conjunto de procedimentos, pessoas, estruturas e critérios que acompanham as etapas do PDP, a partir da coleta de propostas, avaliações, revisões e aprovações, desenvolvimentos e conclusões. Segundo Nogueira, Yu e Souza (2005), a partir da aprovação dos projetos, muitas decisões devem ser realizadas sequencialmente e organizacionalmente em relação às atividades, definindo marcos de acompanhamento da alta administração e formas de envolvimento com o projeto. A partir disso, têm-se três modelos que facilitam o desenvolvimento de ideias para a oferta de pesquisa e desenvolvimento em um único projeto, mais adequado.

Modelo de três fases para o desenvolvimento de ideias:

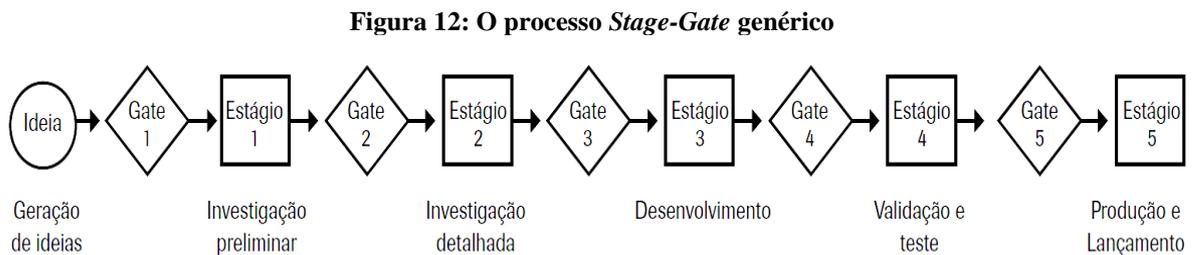
- 1- Geração da ideia e desenvolvimento do conceito,
- 2- Construção dos limites do projeto e do que é necessário saber,
- 3- Desenvolvimento rápido e focado.

Clark e Wheelwright (1993), sugerem que um funil bem estruturado ajuda a identificar problemas e fraquezas da organização, sendo uma ferramenta para guiar as escolhas e fazer combinações entre necessidades e oportunidades. A justificativa para o uso do funil se deve ao desafio da priorização das ideias relevantes para o desenvolvimento de produtos inovadores e eficientes.

#### 2.4.4. Processo de *Stage-Gate* de Cooper

O Sistema *Stage-Gate*, proposto por Cooper (1993), é considerado um bom sistema de proteção a falhas e transtornos durante a fabricação de produtos, em virtude de sua estratégia de desenvolvimento de processos que incorporam variadas ferramentas em seu desenvolvimento, além de iniciativas para o desenvolvimento de novas mercadorias (MELLO et al., 2012).

Para Cooper (1993), o modelo seria uma proposta para conduzir o PDP ao sucesso através de avaliações em vários estágios de desenvolvimento, o número de estágios pode variar de quatro a seis. Após a execução das atividades de cada estágio há um portão (*gate*) que controla a qualidade do projeto. Os *gates* são sessões pontuais onde os resultados dos processos antes executados são avaliados e então ocorre a decisão dos responsáveis sobre seguir em frente ou não com o produto em questão. Na figura 12 é representado este processo resumidamente.



Como pode ser visto na figura 12, a estrutura denominada genericamente de “*stage-gate*” é uma abordagem que divide o processo de desenvolvimento em estágios discretos e identificáveis, onde cada um é completado para que o projeto possa progredir para o estágio seguinte, antes passando por um ponto de decisão denominado de *gate*; compreende os seguintes estágios (COOPER, 1993): investigação preliminar; investigação detalhada; desenvolvimento; validação e teste, e produção e lançamento.

Em cada *gate* a continuidade do processo é decidida, geralmente, por um gerente. Essa decisão é baseada em informações disponíveis de acordo com o contexto histórico de cada época, por exemplo, o estado da economia, riscos de investimentos, entre outros fatores (SOUZA, 2012).

Quando bem aplicado, esse sistema de produção consegue obter resultados positivos quando se trata da descoberta de novos produtos e serviços para colocação no mercado de vendas, tudo isso com rapidez, eficiência e rentabilidade. A razão seria os menores ciclos de desenvolvimento criados pelo modelo e a maior integração multifuncional (MELLO et al., 2012). De acordo com Souza (2012) os sete objetivos básicos do *Stage-Gate* são: qualidade na execução; melhorar as priorizações; processamento paralelo sob ritmo acelerado; equipe multifuncional; orientação de mercado; fazer o que puder o quanto antes e produtos com competitividade. O quadro 2 descreve cada um deles.

**Quadro 2 - Objetivos do *Stage-Gate***

<b>Qualidade na execução</b>	Trata-se da realização de todos os processos da empreitada sem o acontecimento de erros, sem importar a quantidade de vezes que essas etapas se realizem;
<b>Melhorar as priorizações</b>	Ter recursos suficientes para realizar a gestão de todos os projetos que a empresa em questão possui. É preciso ter foco para saber quais projetos devem ser mantidos e quais não devem. De acordo com o <i>Stage-Gate</i> , a viabilidade econômica deve ser levada em consideração, juntamente com a qualidade do projeto;
<b>Processamento Paralelo sob ritmo acelerado</b>	Projetos devem ser realizados com rapidez e em conjunto. O gerente deve ter a capacidade de criar mais de um projeto ao mesmo tempo, lidar com eles e de forma eficiente;
<b>Equipe multifuncional</b>	Trata-se de funcionários de diferentes setores trabalhando em conjunto para alcançar o mesmo objetivo. Todos devem trabalhar sob a tutela de um gerente de projeto pré-determinado e que se dedique ao projeto em questão do seu início ao fim;
<b>Orientação de mercado</b>	Pesquisas de mercado são essenciais para evitar que produtos tenham seu lançamento fracassado. Destaca-se aí a importância do setor comercial da empresa;
<b>Fazer o que puder o quanto antes e o quanto antes puder</b>	O desempenho de um produto deve ser definido logo no início, sendo papel dos <i>gates</i> iniciais realizar análises das propostas;
<b>Produtos com competitividade</b>	Devem-se aproveitar as chances de agregar valor ao produto. Assim, o cliente verá a diferença entre o produto desenvolvido pela empresa e outro produto da concorrência. Ganha-se, assim, o mercado consumidor.

Fonte: Adaptado de SOUZA (2012, p. 38)

#### 2.4.5. Modelo Canvas de Kelley

De acordo com Wu et al. (2010) o modelo canvas ou *Design Thinking* é um conjunto de métodos e procedimentos que, em suma, leva em consideração os avanços que os projetistas têm desenvolvido ao longo das décadas a fim de criar serviços e produtos que supram às demandas humanas conciliando os dispositivos técnicos disponíveis, observando, sempre, os limites práticos do negócio. Baseado na capacidade intuitiva do ser humano, ao reconhecer padrões, desenvolver ideias que dão inteligibilidade a um fenômeno, atribuindo-lhe significado emocional e funcional, a expressão em mídias, palavras ou símbolos integram, no geral, os atributos dessa técnica de gerenciamento de projetos.

Para criar um plano, divide-se o método em quatro pilares: produto, interface com o cliente, infraestrutura e gestão e aspectos financeiros. O primeiro deles, do produto, no qual se analisa o grau de inovação da ideia, de adaptação dos produtos desenvolvidos e da proposta de valor ao mercado. Este pilar também leva em consideração a diferenciação da oferta do produto em relação à concorrência, sua vantagem competitiva e o valor a ser entregue (BUENO, 2013).

O segundo é a interface com cliente que analisa o público alvo da empresa, as formas com as quais ela entrega os produtos e oferece os serviços, como é gerido o contato com os clientes e qual o tipo de relacionamento que esta empresa deseja estabelecer com o mercado (GAVA, 2014).

O terceiro pilar é o de infraestrutura e gestão, no qual analisa as formas de organização empresarial, cria uma estrutura de cadeia de valor e insere-o à um sistema de valor. Este pilar, em específico, funciona como uma engrenagem na organização, ou seja, toda a estrutura organizativa do PDP funcionará a partir da infraestrutura e gestão. Foca-se em como atingir os objetivos estabelecidos por outros pilares, onde as capacidades internas são primordiais para o modelo de negócio (BUENO, 2013).

O quarto e último pilar se dirige aos aspectos financeiros, que estabelece o modelo de receita, como funcionarão os custos e a sustentabilidade do modelo de negócio. Por este pilar, é possível descrever a forma com a qual se gera lucros a partir dos serviços e produtos oferecidos (GAVA, 2014).

Trata-se de uma ferramenta de planejamento voltada ao gerenciamento de um negócio. Contendo os principais elementos que constituem uma empresa, o modelo é

composto pelo controle dos principais parceiros comerciais da empresa, suas principais atividades, sua proposta de valor, seu relacionamento com o cliente, o segmento dos clientes, os principais recursos necessários, os canais para se chegar ao cliente, os custos necessários e a um modelo ou fórmula de como a empresa pretende lucrar (GAVA, 2014).

#### **2.4.6. Modelo conceitual de Baxter**

O modelo de processo do projeto conceitual proposto por Baxter (2007), aborda questões que envolvem planejamento, gestão e o negócio da organização. De acordo com Baxter (2007), é necessário gerar o maior número possível de conceitos e fazer a seleção daquele conceito mais adequado ao projeto.

Para Baxter (2007), existem três categorias principais para a geração de ideias: redução do problema, expansão do problema e digressão do problema. Na redução do problema, examinam-se os componentes, características e funções do problema, tentando resolvê-lo, modificando uma ou mais características. Na expansão do problema, tenta-se explorar ideias, além do domínio imediato do problema, abrindo um grande leque de possibilidades de soluções não se restringindo ao produto existente. E por fim, na digressão do problema, procura-se fugir do domínio imediato do problema usando pensamento lateral. Começam com um problema original e estimulam as incursões laterais, afastando-se deliberadamente do problema (BAXTER, 2007).

O objetivo definido por este autor quanto ao projeto conceitual está de acordo com as restrições, os limites do problema identificado e a proposta do benefício básico para que culmine no desenvolvimento da função do produto e sua respectiva morfologia. Após a definição do benefício básico e de levantadas as informações preliminares para desenvolver o projeto conceitual, o próximo passo é a geração de conceitos que é feita para reduzir o problema do projeto conceitual aos seus elementos básicos e utilizando-se métodos para analisar diferentes características possibilitando um grande volume de alternativas possíveis. Isso se faz necessário para uma análise da tarefa, com base na observação da interação do produto com o usuário (BAXTER, 2010).

Esta observação é minuciosa e observa como o usuário interage com o produto, conseqüentemente a ergonomia e a antropometria são levadas em consideração na análise desta tarefa como parâmetros que norteiam esta etapa do projeto de desenvolvimento do

produto (BAXTER, 2010). Após a análise, o autor apresenta uma série de ferramentas que auxiliam na geração de conceitos. Entre elas, uma etapa que se refere à análise das funções do produto, feita de maneira descritiva, conforme o quadro 3.

**Quadro 3 - Ferramentas que auxiliam na geração do conceito**

<b>Etapa</b>	<b>Descrição</b>
<b>Estabelecer a função principal do produto</b>	Questões de como executar a tarefa a partir das respostas; utiliza até se obter de forma descritiva e racional a análise da tarefa e função do produto em questão. A partir das respostas obtidas pode-se iniciar a geração de conceitos. Segue a análise das funções matriz para a geração dos conceitos.
<b>Análise do ciclo de vida do produto</b>	Utilizada para diminuir a agressão ao meio ambiente, uma vez que é necessário considerar todo o processo de desenvolvimento do produto, do ponto da entrada da matéria prima até o descarte.
<b>Discussão sobre a morfologia e semiótica do produto através de painéis iconográficos do estilo de vida</b>	Expressão do produto e tema visual. O painel iconográfico deve possuir imagens que representem, ou traduzem o que o produto precisa demonstrar ou como o produto deve ser interpretado pelo público alvo.

Fonte: BAXTER (2010, p. 22)

Para Baxter (2010), a última etapa é realizada selecionando os melhores conceitos para projeto. Após uma ou duas rodadas de misturas de conceito, finalmente é gerado o conceito final do produto. Outra ferramenta utilizada na elaboração do conceito é a análise de valor que pode ser utilizada de forma parcial no projeto com ênfase na parte da percepção do valor tanto por parte da empresa que o adquire quanto por parte do usuário, que nem sempre são as mesmas pessoas.

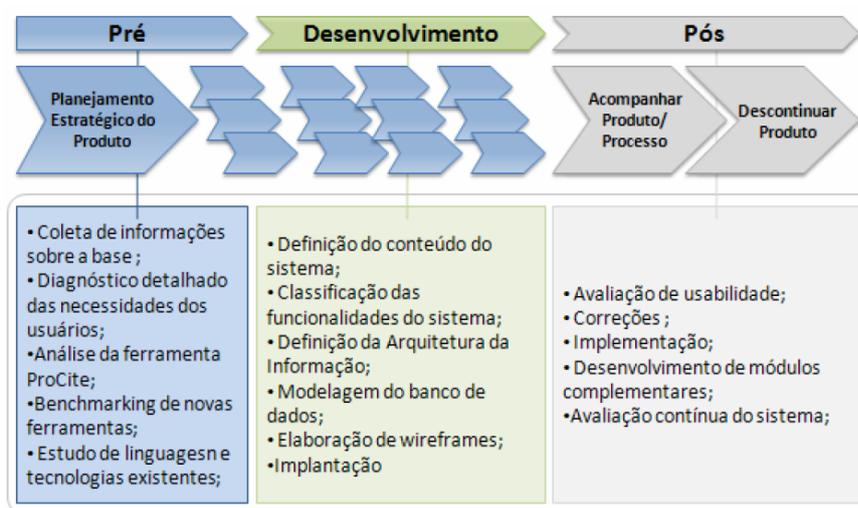
De acordo com o autor, os valores podem ser representados por unidades de avaliação e são utilizados como meio de hierarquização dos atributos do produto que está sendo desenvolvido. Os valores que são estudados e discutidos no desenvolvimento do produto podem ser adaptados quanto aos seus conceitos de valor de uso (propriedades ou qualidades que possibilitam o desempenho de uso, trabalho ou serviço), valor de estima (propriedades e características atrativas que tornam desejável a sua posse) e valor de troca (propriedades ou qualidades de um item que possibilitam sua troca por outra coisa).

O método de Baxter (2010), analisa o investimento necessário em cada etapa (viabilidade e especificação, projeto e desenvolvimento, engenharia de produção, fabricação e vendas). De acordo com Santos (2005), Baxter destaca alguns fatores que são importantes para o sucesso ou fracasso de um produto no mercado: orientação pelo mercado, elaboração de estudos de viabilidade e especificação e qualidade de desenvolvimento.

### 2.4.7 Modelo unificado de Rozenfeld

O modelo unificado, proposto por Rozenfeld (1996), leva como definição de PDP um conjunto de atividades realizadas sequencialmente, alcançando a produção de um bem ou serviço, que tem um valor para um grupo específico de clientes. Nesse modelo, divide-se o PDP em três fases: pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento como pode ser visto na figura 13. Transformando dados de entradas em saídas, os recursos demandados e o tempo a serem executados os processos são especificados como atividades dentro do processo e subdividem em fases as macro fases descritas.

Figura 13 - Fases do desenvolvimento de Produtos



Fonte: Adaptado de Rozenfeld (BUFREM et al., 2010, p. 31)

No início do projeto, o grau de incerteza ao tomar decisões é muito alto, por isso é tão importante o processo com os *gates*. Este fenômeno ocorre, pois, no início do desenvolvimento do produto existem dificuldades para prever detalhes críticos acerca dos fatores em relação aos produtos em desenvolvimento. Entre eles, destaca-se: potencial de mercado custo do projeto, tecnologia do produto, capacidade de produção da empresa, materiais, projeto de fabricação, qualificação dos funcionários, etc. (JUGEND, 2006).

Para sanar estes problemas, Rozenfeld e Silva (2007) desenvolveram uma dimensão estratégica, com quatro perspectivas diferentes: gestão do portfólio de produtos, que se refere à coordenação estratégica dos projetos em andamento ou planejamento; a avaliação do desempenho, que é um trabalho de avaliação do PDP realizado, já pronto, a fim de destacar os pontos estratégicos mais relevantes para melhorias no método; condução das alianças e parcerias para o PDP, envolvendo a negociação da participação de seus fornecedores e clientes; e, a condução das relações interfuncionais e interdepartamentais, que visa a integração estratégica de marketing, engenharia e manufatura (ROZENFELD; SILVA, 2007).

Além da dimensão estratégica destacada, Rozenfeld e Silva (2007) destacam mais três dimensões, importantes ao processo de PDP: a dimensão organização, que se refere às pessoas que estão desenvolvendo o PDP e suas localizações estratégicas; dimensão atividades/informações, onde se trata basicamente das atividades ao longo do processo de PDP, com significativos paralelismos, conforme suas especificidades e as informações manuseadas na execução das atividades. E a dimensão recursos, que dará importância aos métodos, técnicas, ferramentas e sistemas que tem a possibilidade de serem aplicados apoiando as dimensões anteriores (ROZENFELD; SILVA, 2007).

Na estrutura organizacional da empresa, define-se o modo de trabalho dos projetos como a capacidade de integração e o porte das empresas como influência direta no tipo de estrutura organizacional. O trabalho em PDP pode ser classificado em três tipos, como sendo: funcional, de projeto e matricial. Dentro da organização, os membros do projeto são funcionários especializados, que ficam com a responsabilidade de gerentes funcionais, ocorrendo pouca integração no PDP. Já na estrutura por projetos, os indivíduos reportam-se ao líder do projeto, assim apresentando um maior foco e maior velocidade. Na estrutural matricial, por sua vez, os indivíduos estão conectados ao gerente da área funcional e ao gerente do projeto, proporcionando assim maior flexibilidade, ao que se pode perceber, amortece o risco da organização e dos colaboradores (AMARAL et al., 2006).

## **2.5. Comparação dos modelos de referência**

Levando em consideração a teoria estudada sobre os modelos de referência de PDP selecionados como foco desta pesquisa, o quadro 4 sintetiza as principais características dos modelos, no que diz respeito ao objetivo, pontos fortes e lacunas.

Quadro 4 - Comparativo entre os modelos referenciais de PDP

Autoria	Modelo	Objetivo (visão)	Evento de Início	Evento Final	Pontos fortes	Lacunas
Back (1983)	Modelo de Referência de Back	Desenvolvimento integrado do projeto.	Detalhamento das fases de planejamento, projeto informacional, projeto conceitual e modelagem de produtos industriais.	Validação.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Configuração de equipes de trabalho;</li> <li>- Paralelismo de atividades e integração dos clientes do projeto;</li> <li>- Utilização de ferramentas de apoio.</li> <li>- Estimular a criatividade;</li> <li>- Integração do Projeto;</li> <li>- Englobar produtos, processos, pessoas e organização.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- É difícil estabelecer uma métrica precisa para avaliação do progresso e do próprio resultado da adoção da filosofia.</li> <li>- Consciência da alta gestão é vital para o sucesso do modelo.</li> </ul>
Pugh (1991)	Total design	Atender a especificação técnica.	Pesquisa de mercado.	Venda.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- As ideias são acumuladas para testar a viabilidade e a conformidade com as estratégias de negócios da empresa.</li> <li>- Um funil bem estruturado ajuda identificar problemas e fraquezas da organização.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Etapa de concepção, projeto conceitual e projeto detalhado pouco detalhados.</li> </ul>
Clark e Wheelwright (1992)	Funil de desenvolvimento	Identificar e desenvolver as melhores oportunidades dentre um universo de possibilidades.	Geração de ideias e desenvolvimentos conceituais.	Sem definição precisa. Denomina-se genericamente como "embarcar".	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maior velocidade no lançamento de produtos;</li> <li>- Aumenta a lucratividade;</li> <li>- Reduz problemas causados pela mudança do mercado;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- As fontes de ideias geralmente provocam incertezas.</li> <li>- Interferências da alta administração, que oferece sugestões no decorrer do processo podem acabar tendo preferência no momento da seleção das ideias.</li> </ul>
Cooper (1993, 1994, 2008)	Stage-gate	Satisfazer estratégia de negócio.	Geração de ideias ou descoberta, conforme a versão do modelo.	Lançamento comercial.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Centrado nas pessoas;</li> <li>- Estratégias de pensamento criativo;</li> <li>- Abordagem para resolver os problemas;</li> <li>- Instigar a inovação com alto foco no usuário;</li> <li>- Abordagem estratégica e relação com investimento;</li> <li>- Baseado em experiência de mercado;</li> <li>- Destaque para a tomada de decisão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O excesso de burocracia, atividades e gates que não agregam valor ao negócio, excesso de confiança e mecanização do processo através do uso de softwares específicos e a subjetividade de entendimento que os processos têm que ser perfeitos, desviam o <i>Stage Gate Process</i> de seus principais objetivos, segundo Cooper (2008).</li> </ul>
David Kelley (2003)	Design Thinking - Modelo Canvas	Desdobrar em quatro grandes blocos de ações que permeiam todo o ciclo de vida do projeto: observação, concepção, configuração e publicação.	Definir e entender os desafios e preparar a pesquisa;	Protótipo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maior dificuldade para designers iniciantes;</li> <li>- Etapa de concepção pouco detalhada;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tem início com as habilidades que os designers adquiriram com o passar do tempo, entre elas estão a habilidade de alinhar as necessidades dos consumidores com os recursos tecnológicos disponíveis dentro da organização, a intuição, a habilidade de reconhecer padrões.</li> </ul>
Baxter (1998)	Processo do Projeto Conceitual.	Visão de negócio, inovação, investimento, gestão e planejamento estratégico do design.	Especificação do projeto.	Projeto para fabricação.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Possibilita que todos os participantes do PDP tenham uma visão única sobre o processo, os objetivos estratégicos da empresa e as necessidades dos clientes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A definição de estratégias e geração de ideias de novos produtos é limitada na macrofase de pré desenvolvimento.</li> </ul>
Rozenfeld et al. (2006)	Modelo unificado para desenvolvimento de novos produtos.	Satisfazer estratégia de negócio.	Necessidade demandada pelo planejamento estratégico.	Descontinuação do produto.		

Fonte: Elaboração Própria

A partir do quadro 4 pode-se perceber que alguns modelos visam a integração, Pugh (1991) visa a integração do projeto, Rozenfeld et al. (2006) visa a integração da visão dos participantes, Back (1983) integração dos clientes do projeto. Quanto as lacunas percebidas através do quadro, percebe-se a falta de detalhamento em algumas etapas dos modelos, como o de Pugh (1991) que não detalha bem as etapas de concepção, projeto conceitual e detalhado. No modelo de Baxter (1998) a etapa de concepção não aparece bem detalhada.

Outros problemas são o excesso de burocracia no modelo de Cooper (1993; 1994 e 1998), a falta de métrica no modelo Back (1983) e a interferência da alta gestão no modelo de Clark e Wheelwright (1992).

O quadro 5, apresenta as principais abrangências de cada um dos modelos de PDP sintetizados através da pesquisa dos modelos adotados para esta pesquisa.

**Quadro 5 - Abrangência dos modelos desta pesquisa**

Autores	Conceito do Produto			Projeto do Produto		Design de Fabricação		Desenvolvimento Simultâneo	Gerenciamento do Desenvolvimento de Produtos
	Disposição de Produtos	Requerimentos	Protótipo	Engenharia	Teste	Projeto de Processos	Organização & Fornecimento		
Back (1983)	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Pugh (1991)	●	●	●	●	○	●	●	○	○
Clark e Wheelwright (1992)	○	●	●	●	○	●	●	●	○
Cooper (1993, 1994, 2008)	○	●	○	●	●	○	○	●	●
David Kelley (2003)	○	●	●	●	●	●	●	●	●
Baxter (1998)	●	●	●	●	●	○	○	●	●
Rozenfeld et al. (2006)	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Fonte: Elaboração própria

A partir do quadro 5 percebe-se que há um maior foco dos modelos no que diz respeito ao projeto do produto, seguido do protótipo do conceito de produto e requerimentos do conceito de produto.

## **2.6. Equipes multifuncionais e multidisciplinares em PDP**

De acordo com Paula e Mello (2013) a gestão do PDP é complexa por se relacionar com todas as demais atividades da empresa, exigindo assim a integração entre as áreas funcionais através da formação de equipes multidisciplinares para uma troca de informação eficiente entre as etapas de desenvolvimento. Quanto mais complexo o grau de trabalho, mais complexas serão as interdependências entre os departamentos funcionais durante as fases do PDP (PAULA; MELLO, 2013).

Segundo Clark e Wheelwright (1993), o que realmente importa quando engenheiros de projeto trabalham com pessoas de outras áreas, como marketing e processos, para resolver problemas conjuntos de desenvolvimento é a integração interfuncional e para que seja efetiva, essa integração interfuncional precisa ser mais do que um esquema que relaciona as atividades das áreas no tempo, ela deve ocorrer no nível da execução do trabalho, baseada em fortes ligações tanto no tempo, quanto na comunicação entre as pessoas que estão atuando em problemas relacionados (CLARK; WHEELWRIGHT, 1993).

Portanto, um elemento crítico na interação dos grupos de PDP é a comunicação. Ainda de acordo com os autores quatro dimensões do padrão de comunicação determinam a qualidade e efetividade das interações: riqueza da informação (quantidade de dados), frequência de comunicação (baixa ou alta), direção (unidirecional ou bidirecional) e momento em que ocorre (início ou tardiamente). Essas dimensões variam desde um padrão de comunicação esparso até um padrão de comunicação rico, frequente, recíproco desde os momentos iniciais do projeto (CLARK; WHEELWRIGHT, 1993).

Para Zancul, Marx e Metzker (2005), a natureza da integração interfuncional é decidida pelas escolhas que a empresa faz sobre a organização do trabalho entre os grupos, sua autonomia, paralelismo das atividades e meios de comunicação. De acordo com os autores, empresas possuem barreiras internas resultantes de sua estrutura organizacional e da forma como o trabalho é organizado, limitando a implantação efetiva de PDP e restringindo seus benefícios, para remover essas barreiras as empresas devem adotar uma abordagem de

trabalho em times nos níveis hierárquicos mais baixos e a adoção de mecanismos que resultem em maior alinhamento entre as prioridades nos departamentos e as do PDP.

Clark e Wheelwright (1993), agruparam quatro alternativas de estrutura organizacional no PDP: funcional, time peso leve, time peso pesado e time autônomo. Na estrutura funcional o desenvolvimento é organizado pelos departamentos, os gerentes funcionais alocam recursos e são responsáveis pela realização das atividades atribuídas ao seu departamento, não existe uma pessoa responsável pelo desenvolvimento como um todo.

Na estrutura time peso leve, existe um gerente de projeto coordenando as atividades de desenvolvimento por meio de representantes nos departamentos, que configuram o elo entre o gerente de projeto e os especialistas nos departamentos. Na estrutura time peso pesado, o gerente de projeto possui mais responsabilidade e poder de influência, possuindo autoridade direta sobre as pessoas envolvidas com o PDP. Nas estruturas com time autônomo, as pessoas envolvidas no PD são deslocadas de suas áreas funcionais originais e dedicadas integralmente ao projeto (CLARK; WHEELWRIGHT, 1993; ZANCUL; MARX; METZKER, 2005).

Essa classificação leva em consideração o tipo de divisão de responsabilidades entre gerentes de projeto, funcionais e projetistas, interfere ainda na forma como o trabalho será organizado, mas por si só não a define, decisões como padrão de comunicação e nível de autonomia são fatores relevantes para avaliar o projeto organizacional de PDP (ZANCUL; MARX; METZKER, 2005).

Segundo Bogenhagen (2003), o processo de implementação de times multifuncionais exige muito trabalho e envolve toda a empresa, e a estrutura departamentalizada das organizações dificulta a criação de verdadeiros times interfuncionais. Daí a importância do gerente de projetos, que é o responsável pela mudança de comportamento e cultura dos integrantes do time, deve ainda fornecer recursos e dar autonomia ao time. A descentralização do processo decisório estimula e encoraja os membros a buscarem soluções criativas e correr riscos, outras características importantes são a transparência e o acesso à informação.

De acordo com Abreu (2002) para formar e manter uma equipe são necessários quatro princípios: dirigir, motivar, treinar e delegar. Dirigir, diz respeito a motivar o indivíduo a dar o melhor de seu potencial para atingir metas. Motivar, refere-se a fazer com que o grupo

entenda a importância do que estão fazendo. Treinar, diz respeito a dizer ao grupo o que fazer e porque fazer. Por fim, delegar, é dar responsabilidade e autonomia ao grupo.

Pugh (1991), afirma que a composição dos grupos de trabalho para uma atividade de projeto deve combinar as competências de especialistas e habilidade sociais, principalmente o líder do projeto, uma vez que o projeto é dependente das negociações entre os participantes e que as vantagens do trabalho em grupo muitas vezes são desperdiçadas, grupos similares podem ter estilos e resultados diferentes, grupos não similares podem ter uma estrutura diferente o que também geraria resultados diferentes e por fim, o desempenho do grupo pode ser melhorado por meio de intervenções sociais.

## **2.7. Considerações sobre o capítulo**

Este capítulo apresentou os modelos de PDP utilizados como referencial para este trabalho. Estes modelos, conforme vistos nesta etapa do trabalho, são conduzidos de forma integrada dentro do projeto por um grupo multidisciplinar, que por sua vez é constituinte de processos e funções diferentes dentro da empresa. O PDP de um novo produto está relacionado com atividades voltados aos objetivos comuns dentro da organização, onde a rápida resposta e a eficiência do PDP tem impacto direto no lançamento e sucesso de um produto.

### **3. MÉTODO DE PESQUISA**

Neste capítulo, será apresentado o método para condução e realização da pesquisa, que se caracteriza como pesquisa-ação, com ênfase em dados, pois buscou analisar o ambiente de estudo e propor melhorias, através da efetiva participação do autor deste trabalho, membro do corpo de engenharia de desenvolvimento de produtos e gestor do projeto de implantação de um modelo de PDP integrado e simultâneo. O autor desta dissertação foi o responsável pela análise dos redutores planetários antigos (não modulares) e pela elaboração de um novo equipamento modular e integrado.

De acordo com Coughlan e Coughlan (2002), pesquisa-ação, é o método apropriado quando a questão de pesquisa se relaciona com a descrição do desdobramento de uma série de ações ao longo do tempo em um dado grupo, comunidade ou organização.

Para Thiollent (2007), a pesquisa-ação é realizada dentro de uma organização na qual existe uma hierarquia ou cujos relacionamentos apresentam problemas, é ainda uma estratégia na engenharia de produção que visa produzir conhecimento e resolver um problema prático.

Portanto, a fim de facilitar a compreensão do método em questão, as etapas para condução da pesquisa foram: planejar a pesquisa; coletar os dados; analisar os dados; planejar as ações; implementações e avaliar os resultados. As etapas descritas anteriormente serão explicadas com mais detalhes.

#### **3.1. Planejar a pesquisa**

Durante a pesquisa era fundamental definir as métricas para comparação do modelo atual com o modelo que seria proposto. Para definição das métricas era necessário selecionar algum indicador que comprovasse a falta de integração das equipes, analisar documentos e conhecer a função de cada departamento na cadeia de suprimento do produto estudado, os redutores de velocidade planetários modulares.

O planejamento da pesquisa seguiu o pressuposto de Mello et al. (2012). De acordo com Mello et al. (2012) a etapa de planejar a pesquisa consiste em: iniciar o projeto de pesquisa, definir a estrutura conceitual teórica, selecionar unidade de análise e técnicas de

coleta de dados, definir contexto e propósitos, o quadro 6 apresenta as fases dessa etapa, bem como as atividades relacionadas a elas.

**Quadro 6 - Atividades da etapa planejar a pesquisa**

<b>Planejar a pesquisa</b>	<b>Atividades</b>
<b>Iniciar o projeto de pesquisa</b>	- Formação da equipe multifuncional e apresentação para a alta gerencia da empresa;
<b>Definir a estrutura conceitual teórica</b>	- Mapear a literatura; - Delinear ideias e proposições, - Determinar questão de pesquisa, definir objetivos de pesquisa.
<b>Selecionar unidade de análise e técnicas de coleta de dados</b>	- Selecionar unidade de análise; - Definir técnicas de coleta de dados; - Elaborar protocolo de pesquisa
<b>Definir contexto e propósitos</b>	- Diagnosticar a situação; - Definir tema e interessados; - Delimitar o problema; - Definir critérios de avaliação para pesquisa ação.

Fonte: Elaboração própria a partir de Mello et al. (2012, p. 6).

Cada uma das etapas da pesquisa, bem como as atividades realizadas serão descritas a seguir.

### **3.1.1. Iniciar o projeto de pesquisa**

A iniciação do projeto foi dirigida pela identificação da falta de integração no desenvolvimento dos produtos e pelos problemas de comunicação entre os departamentos da organização estudada. A falta de integração do projeto acarretava inúmeros problemas durante o processo de desenvolvimento e fabricação dos equipamentos.

A identificação da falta de integração ocorreu através da análise dos indicadores de retrabalho em desenhos liberados para a manufatura, estes indicadores eram elaborados pelo departamento de engenharia de desenvolvimento da empresa estudada.

### **3.1.2. Definir a estrutura conceitual teórica**

De acordo com Mello et al. (2012), em uma pesquisa, cuja abordagem é dirigida pelo problema, a definição da estrutura conceitual teórica é realizada após diagnóstico e definição dos problemas a serem solucionados.

As variáveis estudadas foram estabelecidas a partir da teoria explorada, a pesquisa bibliográfica e documental foi responsável por fornecer o suporte teórico necessário para a fundamentação da presente pesquisa. O estudo sobre o tema proposto baseou-se em pesquisas relacionadas às técnicas e metodologias de PDP, artigos pesquisados em plataformas de busca e bibliotecas eletrônicas, tais como SciELO (*Scientific Electronic Library Online*); banco de teses da CAPES; além de livros e relatórios publicados em relação à temática. Em suma, fundamentações teóricas que serviram como aporte para análise dos modelos de PDP.

A descoberta do modelo de PDP que melhor se encaixava no projeto, ocorreu em virtude do estudo detalhado da literatura, mediante análise dos modelos existentes, ponderando sobre as vantagens e desvantagens de cada método. A pesquisa pelos modelos de gestão de projetos e implantação, através dos pressupostos dos modelos teóricos propostos por Back (1983), Baxter (2007), Cooper (1993), Pugh (1996) e Rozenfeld (1996), tornou possível a aquisição do conhecimento necessário para seleção e implantação do modelo proposto por esta pesquisa-ação.

### **3.1.3. Selecionar unidade de análise e Técnicas de coleta de dados**

#### *Caracterização da unidade de análise*

Fundada em 1931 na Alemanha, a empresa analisada conquistou e mantém posição de liderança no mercado mundial de redutores de velocidade. A empresa está presente em 48 países e possui 15 fábricas instaladas em países como França, Finlândia, Estados Unidos, Rússia, China e Brasil. Sua estrutura ainda inclui 79 montadoras localizadas em vários pontos do mundo. Atualmente, o grupo emprega mais de 16.000 funcionários e fatura globalmente mais de 2,6 bilhões de euros por ano.

Diversas aplicações industriais necessitam que cargas pesadas sejam movimentadas de forma segura e confiável através de acionamentos mecânicos e elétricos. A empresa no Brasil, unidade na qual ocorreu a pesquisa, possui um amplo portfólio de produtos

e serviços, incluindo os redutores de velocidade planetários modulares, para utilização em regime de trabalho pesado nas indústrias de mineração, agroindústria, processamento de madeira, entre outras. Os redutores planetários modulares de alto torque desenvolvidos pela empresa no Brasil representam um diferencial em tecnologia e segurança, mesmo sob condições mais extremas de utilização.

### ***Técnicas de coleta de dados***

De acordo com Mello et al. (2012) a combinação e uso de diferentes técnicas de coleta de dados favorece a validação da pesquisa. Nesta pesquisa foram utilizadas para triangulação de dados técnicas como: observação participante, entrevistas e análise documental e do ambiente da unidade estudada. O quadro 7 demonstra como cada uma das técnicas foi utilizada.

**Quadro 7 - Utilização das técnicas de coleta de dados**

<b>Técnicas de coleta</b>	<b>Utilização</b>
Análise documental	Levantamento detalhado no sistema a ser estudado, observando organogramas, descrição de tarefas, fluxogramas, dados de produção e relatórios, para o estudo da execução, supervisão e direção
Análise do ambiente	Análise profunda do cenário em que foi implementado o projeto que está sendo apresentado
Observação participante	Reuniões de <i>brainstorm</i> com os envolvidos, registrando as informações em atas para disponibilizar em consultas futuras. As reuniões caracterizaram-se por <i>brainstorm</i> , as ideias foram anotadas para análise posterior e, caso necessário, validação da engenharia de desenvolvimento reportando em ata as justificativas para utilização ou não das ideias.
Entrevista	Para saber a percepção dos envolvidos com o projeto sobre seus benefícios. Os departamentos participantes para o levantamento e coleta dos dados foram: vendas; engenharia de processos; manufatura; planejamento; montagem e assistência técnica. Com o intuito de evitar conflitos de sugestões, cada departamento foi ouvido separadamente, sem a influência de outras áreas.

Fonte: Elaboração própria

### **3.1.4. Definir contexto e propósitos**

A ideia de criação do produto em questão, o redutor de velocidade planetário modular, teve início somente a partir da possibilidade de adoção de um modelo integrado de PDP cuja contribuição, se resume a implementação de inovações e tecnologias. O objetivo se

concentra, sobretudo, na redução de custos de desenvolvimento e fabricação dos redutores planetários e na melhoria dos resultados tais como: tempo de desenvolvimento; integração dos departamentos e modularidade do produto.

Basicamente, o projeto surgiu da necessidade de se padronizar o processo de desenvolvimento de produtos e fabricação dos redutores de velocidade planetários modulares, tendo em vista a redução de custos e a maximização da produção e desenvolvimento do produto. Tal produto era, anteriormente, desenvolvido de forma customizada, de acordo com a necessidade de cada cliente específico. O desenvolvimento do produto customizado, encarecia a fabricação e o desenvolvimento do projeto, pois cada projeto era analisado de forma individual e não aproveitava dispositivos e ferramentas de projetos anteriores.

Assim, a necessidade de criar um produto padronizado, veio da alta gestão da (gerência e diretoria) e do departamento de engenharia de desenvolvimento de produtos da empresa estudada, com o auxílio dos demais departamentos da empresa. Isso foi possível a partir da criação de uma equipe multifuncional, fundamental para a geração de ideias durante o desenvolvimento do novo produto. As áreas envolvidas no levantamento dos dados foram: vendas; engenharia de processos; manufatura; montagem e assistência técnica. A engenharia de desenvolvimento foi responsável pela análise das sugestões e pelo *feedback* a todos os envolvidos.

É importante salientar, que baseado na teoria da pesquisa-ação, que a criação do PDP incluiu processos como a chamada “sequência de eventos”, baseada em ciclos que disponibilizam e devolvem dados fundados em tarefas como planejamento, avaliação, etc. Além disso, compreendeu também a chamada “abordagem de resolução de problemas”, um processo voltado para o experimento de problemas envolvendo profissionais relacionais ao sistema de organização. (DICK, 2014).

### **3.2. Coletar os dados**

Em continuidade, o levantamento dos dados ocorreu através de reuniões de *brainstorm* com a equipe multifuncional criada para o projeto. As ideias eram anotadas e analisadas posteriormente pelo gestor do projeto e pelo departamento de engenharia de desenvolvimento. As reuniões foram registradas em atas e disponibilizadas para os interessados, preservando assim os históricos das sugestões e alterações do produto.

### 3.3. Analisar os dados

Para Mello et al. (2012) esta fase envolve a tabulação dos dados, comparação dos dados empíricos com a teoria e elaborar plano de ação.

Após coleta das sugestões, a análise dos dados foi feita pela engenharia de desenvolvimento e pelo gestor do projeto. A engenharia de desenvolvimento ficou como responsável, devido o *know-how* técnico do desenvolvimento do produto e deveria se portar de forma neutra na avaliação das sugestões. Não poderia haver a implantação da ideia, por afinidade a pessoa que deu a ideia, mas sim por motivos que fossem voltados ao benefício comum de todos e da empresa. Nenhuma ideia ou sugestão poderia ficar sem justificativa. Para aceitação ou não de uma ideia eram levados em conta o custo e os impactos na fabricação, montagem e assistência técnica do produto.

A análise das sugestões foi realizada pela engenharia de desenvolvimento e pelo gestor do projeto, isso se deveu ao *know-how* técnico em desenvolvimento do produto, essa avaliação foi feita de maneira neutra, ou seja, a implantação das ideias não poderia ser feita de maneira parcial, beneficiando quem sugeriu, e sim pelo benefício que causaria a empresa. As sugestões foram avaliadas e no caso de negativa, justificadas. Para o aceite ou recusa da ideia foram levados em consideração custo e impactos na fabricação, montagem e assistência técnica do produto.

### 3.4. Implementar ações

A atividade relacionada a essa fase por Mello et al. (2012) é a implementação do plano de ação.

A partir da análise dos dados, partiu-se para a proposta de solução, em uma etapa de intervenção para estudar alternativas de solução que mitigassem os problemas identificados, ou ainda, pontos que deveriam ser aprimorados, a partir da análise crítica. Foi necessária a escolha de alternativas que otimizassem a fabricação e montagem do equipamento. As ideias foram aplicadas em um projeto de protótipo para aprovação posterior. A engenharia de desenvolvimento ficou como responsável pela aplicação das ideias e elaboração do projeto do protótipo.

### **3.5. Avaliar resultados e gerar relatório**

Nesta fase segundo Mello et al. (2012) deve-se avaliar os resultados, prover estrutura para replicação, desenhar implicações teóricas e por fim redigir o relatório.

Os resultados da implantação das sugestões ocorreram através da elaboração de um projeto do protótipo, que foi avaliado e validado pela equipe multifuncional criada para este fim. As ideias e procedimentos adotados foram registrados em atas de reunião e disponibilizados para todos os envolvidos com o produto.

## **4. RESULTADOS**

O capítulo 4 descreve a fase de resultados, e está dividido da seguinte maneira: modelo anterior de PDP, a necessidade de adoção de um novo modelo de PDP, comparação entre os modelos anterior e o modelo adotado, desafios durante a transição e principais resultados.

### **4.1. Modelo anterior de PDP**

Não existia um modelo pré-determinado na elaboração dos projetos de redutores de velocidade na empresa. O desenvolvimento do projeto era feito de forma linear, também conhecida como engenharia sequencial, onde cada etapa do projeto era iniciada após a finalização da etapa anterior e as decisões eram tomadas de forma individual e independente dos demais departamentos da empresa. O modelo de engenharia sequencial, utilizado anteriormente no cotidiano da organização, fazia com que as atividades propostas no projeto fossem dependentes uma das outras para poder seguir sua continuidade. O processo era controlado pelas revisões formais ao fim de cada fase, de maneira que não fossem contempladas características do contexto industrial, como por exemplo, as pressões, o ambiente, a linguagem, a formação dos projetistas, entre outros.

Dentro do modelo de engenharia sequencial, não ocorria a integração entre os conhecimentos necessários para desenvolver o produto, principalmente pelo fato de que se baseiam nas habilidades individuais dos projetistas, sem a troca de experiências entre engenheiros ou mesmo entre os profissionais de outras áreas. Isso impossibilitava a troca de informações dentro da empresa, ou seja, não existiam meios formais para a transferência dessas informações entre as fases de desenvolvimento. O responsável pelo projeto trabalhava de forma individualizada, centralizando as informações e tecnologias adotada no projeto.

Esse conjunto de desvantagens fazia com que as identificações de alterações necessárias para os produtos ocorressem de forma tardia em meio aos processos, ou então, gerassem perda de tempo hábil em função da possibilidade de solução dos problemas que já haviam ocorrido em outras frentes com outros profissionais. Ocorria também o excesso de retrabalho de projetos buscando a utilização de ferramentas existentes na manufatura e consequentemente a redução de investimentos na compra de novas ferramentas e dispositivos.

Após coleta de dados e análise das ideias geradas pelo grupo multidisciplinar durante o *brainstorm*, foi possível diagnosticar os problemas que ocorriam com a elaboração sequencial dos projetos. Os problemas observados com o modelo de gestão sequencial foram:

- Peças exclusivas para o equipamento vendido, exigindo investimentos em ferramentas e dispositivos de montagem que dificilmente seriam utilizados em outro projeto;
- Retrabalhos em desenhos liberados para a fabricação e montagem;
- Compradores dedicados para o equipamento específico, pois, cada projeto exigia aquisição de itens nunca comprados;
- Estoque de peças dedicadas a um único produto, sem previsão para utilizações futuras;
- Necessidade de grande área para estocagem e armazenamento de peças brutas e acabadas;
- *Lead time* de projeto muito alto devido cada projeto ser único (servir apenas para uma venda específica);
- Necessidade de mão-de-obra especializada para o desenvolvimento dos projetos;
- Falta de padronização em desenhos;
- Falta de catálogo para facilitar a comercialização dos equipamentos (cada projeto era configurado de acordo com a necessidade do cliente).

#### **4.2. Necessidade de adoção de um novo modelo**

A empresa possuía redutores planetários em seu portfólio de produtos, porém desenvolvidos de forma customizada, atendendo as necessidades específicas dos clientes. As características de customização (redução e acessórios do equipamento), prejudicavam a negociação e seleção dos equipamentos de forma ágil, sendo necessária a intervenção rotineira da engenharia de desenvolvimento ao departamento de vendas. Em algumas

ocasiões, a análise e resposta não eram imediatas e o vendedor era obrigado a abrir uma solicitação de consulta para o departamento de desenvolvimento de produtos, a análise demorava em média três dias para ser respondida.

A motivação pela elaboração de um catálogo de redutores planetários padronizados que facilitasse e fornecesse autonomia para os vendedores externos, foi um fator importante para a percepção da necessidade de mudança e adoção de um modelo de PDP. A adoção de um modelo de PDP ocorreu de forma planejada e organizada com o apoio total da diretoria e gerência da empresa e foi elaborada conforme as etapas abaixo que serão detalhadas posteriormente.

- Seleção de um responsável para gerenciamento;
- Mapeamento do modelo utilizado anteriormente;
- Seleção de um modelo de PDP;
- Formação da equipe multidisciplinar;
- Reuniões para elaboração do conceito do produto;
- Elaboração e apresentação do conceito do produto;
- Fabricação e análise do protótipo;
- Validação e replicação do projeto para a série de produtos;
- Lançamento do catálogo.

#### **4.2.1 Seleção do responsável para gerenciamento do projeto**

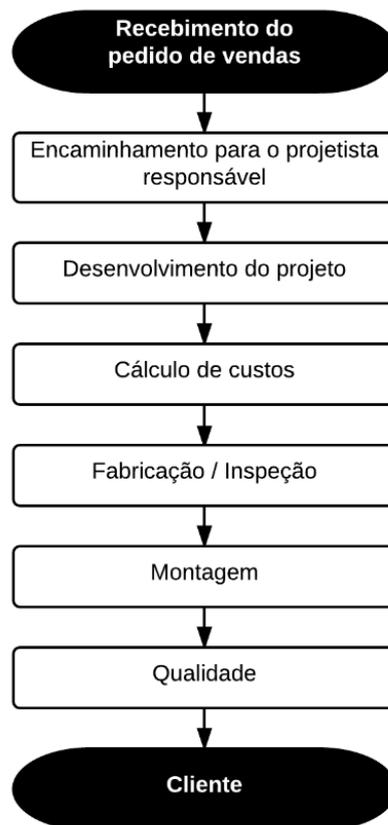
A primeira etapa para a adoção de um modelo de PDP foi a seleção de uma pessoa responsável pelo gerenciamento do desenvolvimento de um novo produto e pela implantação de um novo modelo de PDP, no caso, o engenheiro de pesquisa e desenvolvimento especialista, autor desta dissertação. A seleção do responsável foi feita pela diretoria e pela gerência da área de desenvolvimento de produtos e engenharia industrial. Como critério para seleção do responsável foram observados o tempo de experiência e maturidade no

desenvolvimento de projetos de redutores planetários. O apoio da diretoria e da gerência foi fundamental para a pesquisa e adoção de um modelo de PDP. As atribuições do responsável era propor um produto otimizado, com um *lead time* de projeto e fabricação menor, buscando atender a modularidade e as necessidades dos clientes internos e externos.

#### 4.2.2 Mapeamento do modelo anterior

Com a nomeação de um responsável pelo desenvolvimento do novo produto e implantação do novo modelo de PDP, ficou evidente a necessidade de mapeamento do fluxograma das atividades que estavam sendo elaboradas para o desenvolvimento dos produtos. Conforme pode ser visto na figura 14, toda a tarefa era executada por um único especialista, selecionado pelo supervisor da área de desenvolvimento de produtos no recebimento do pedido de vendas. Para seleção do responsável pelo projeto era considerada a experiência exigida para elaboração de tal projeto.

Figura 14 - Fluxograma antes da adoção de um modelo de PDP



Fonte: Elaboração própria

Em nenhum momento, existia a aprovação por parte de uma equipe ou por pessoas de outros departamentos da empresa. As tarefas eram de responsabilidade de uma única pessoa, dificultando a rastreabilidade e o histórico dos eventos na ausência do responsável pelo projeto.

Após o mapeamento do fluxograma, ficou evidente, a necessidade de pesquisa e adoção de um modelo de PDP para desenvolvimento de uma série de redutores planetários modulares.

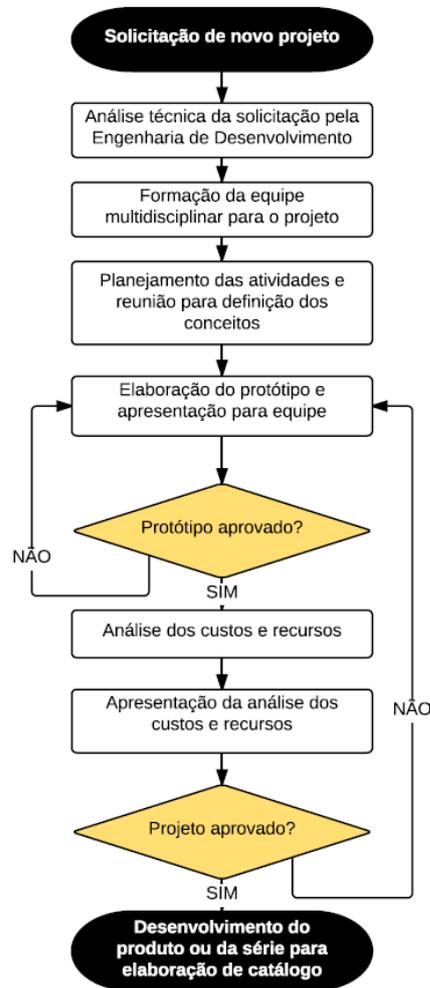
#### **4.2.3 Seleção de um modelo de PDP**

Foi proposta a adoção do modelo de desenvolvimento sob o enfoque da engenharia simultânea para substituir o modelo antigo de engenharia sequencial, apoiando-se sobre a teoria que disserta sobre seus principais aspectos, características e benefícios.

A seleção do modelo de PDP ocorreu após análise e pesquisa dos modelos de referência levantados na revisão teórica elaborada pelo autor desta dissertação, buscando atender a integração dos departamentos envolvidos diretamente com o produto e a modularidade das peças.

Após estudo dos modelos de PDP, foi traçado um fluxograma de atividades para o desenvolvimento dos redutores planetários modulares. Na figura 15 é possível verificar que o novo fluxograma atendia as necessidades de integração dos diversos departamentos da empresa envolvidos com o produto, e que o projeto passava a ser validado por uma equipe multifuncional e não apenas por uma pessoa como era feito anteriormente. Outro detalhe que pode ser observado é a atividade de análise dos custos dos equipamentos, com isso, seria possível saber o custo do equipamento antes da fabricação.

**Figura 15 - Fluxograma após estudo dos modelos de PDP**



Fonte: Elaboração própria

Para elaboração do modelo proposto foram considerados os referenciais teóricos de Back (1983), Pugh (1991), Clark e Wheelwright (1992), Cooper (2008), Baxter (1998) e Rozenfeld et al. (2006). O quadro 8 demonstra a abrangência da aplicação das etapas e conceitos propostos pelos autores em cada etapa do modelo de desenvolvimento proposto para empresa estudada. Para elaboração das etapas foram aplicadas as principais características de cada autor descritos anteriormente.

**Quadro 8 - Abrangência da aplicação das etapas e conceitos propostos**

<input checked="" type="radio"/> Abrangência <input type="radio"/> Abrangência parcial <input type="radio"/> Não abrange  Etapas	Autores						
	Back (1983)	Pugh (1991)	Clark e Wheelwright (1992)	Cooper (1993, 1994, 2008)	David Kelley (2003)	Baxter (1998)	Rozenfeld et al. (2006)
Análise técnica da solicitação pela Engenharia de Desenvolvimento.	●	◐	◐	●	●	●	◐
Formação da equipe multidisciplinar para o projeto.	◐	◐	●	●	◐	◐	◐
Planejamento das atividades e reunião para definição dos conceitos.	◐	◐	●	●	●	●	●
Elaboração do protótipo e apresentação para equipe.	●	◐	◐	◐	●	◐	◐
Análise de custos e recursos.	●	●	◐	◐	◐	◐	◐
Aprovação dos custos e recursos.	●	◐	◐	◐	◐	◐	◐
Aprovação do projeto.	◐	◐	●	◐	●	●	◐
Desenvolvimento do produto.	●	●	●	●	◐	●	◐

Fonte: Pesquisa de campo

A importância do modelo adotado está em poder assimilar as abordagens do desenvolvimento do produto absorvendo as questões de projeto do produto e da estratégia industrial e integração do PDP, demonstrando a importância da gestão e focando na importância da equipe multidisciplinar.

#### 4.2.4 Formação da equipe multidisciplinar

Uma equipe multidisciplinar ou multifuncional é um grupo composto por integrantes que atuam em áreas diferentes, mas que se completam para o desenvolvimento de um projeto específico com objetivos em comum. Tal grupo reúne uma quantidade de experiências sem que cada uma perca a sua identidade, seus métodos e teorias, assim, fazendo com que um mesmo objetivo possa ser estudado sob o enfoque de diversos departamentos diferentes.

Para formação da equipe, foram consideradas as competências individuais necessárias para o desenvolvimento do projeto. Através do mapeamento das atividades e do processo de desenvolvimento do produto, foi possível identificar os departamentos essenciais para compor o grupo. Os departamentos selecionados para formação do grupo foram: vendas

e marketing, engenharia de desenvolvimento de produtos, engenharia de processos de fabricação, departamento de manufatura, qualidade, montagem e assistência técnica.

O convite para participação da equipe multidisciplinar foi feito pelo gestor do projeto, através da solicitação de uma reunião na qual foram detalhados os objetivos e as metas para formação do grupo. Nesta reunião, foram convidados os gestores de cada um dos departamentos citados acima, a fim de selecionar as pessoas com maior experiência em cada uma das funções. Os gestores dos departamentos foram instruídos para selecionar seus colaboradores com maior experiência para participarem das reuniões que iriam ocorrer posteriormente, a fim de contribuírem com ideias para o desenvolvimento do novo produto. Cada membro da equipe contribuiu com o conhecimento e as práticas de sua área de conhecimento e adquiriu conhecimentos a respeito das práticas e funções dos demais departamentos envolvidos.

#### **4.2.5 Reuniões para elaboração do conceito do produto**

As reuniões eram administradas pelo gestor do projeto e agendadas conforme as necessidades do desenvolvimento do projeto. A ideia principal era ouvir da equipe os problemas encontrados com o produto conhecido (anterior) e as sugestões para elaboração do novo conceito.

Com a experiência adquirida com o produto anterior e a fim de evitar discussões de *trade-offs* na fase de geração dos conceitos, a equipe foi dividida em dois grupos distintos:

- Vendas e marketing, montagem e assistência técnica;
- Engenharia de desenvolvimento, engenharia de processos de usinagem, manufatura e qualidade.

O termo *trade-off* se refere à presença de ideias ou análises que conflitam entre si, isto é, essas ideias podem estar relacionadas a aspectos importantes, como pontualidade, custos, etc., e ao mesmo tempo irem de encontro a outros fatores também imprescindíveis. (SILVEIRA, 2004). O desenvolvimento do conceito, envolveria o chamado “*trade-off*”, conhecido pela ocorrência de ideias conflitantes, entre os vários departamentos que integravam a equipe multifuncional. No caso do trabalho em questão, os *trade-offs* foram

referentes à incompatibilidade de ideias para o desenvolvimento do produto entre os diversos departamentos da equipe multifuncional. A gestão dos *trade-offs* eram analisadas pelo gestor do projeto e posteriormente expostas nas reuniões a toda a equipe.

A primeira reunião serviu para expor os problemas observados durante a fabricação, montagem e assistência técnica dos redutores planetários anteriores e também para captação das ideias de otimização para o novo produto. As reuniões ocorreram de forma isolada com cada uma das equipes, com a presença de no máximo três representantes de cada departamento. Geralmente os representantes de cada departamento tinham as seguintes funções: gerente, supervisor, engenheiro sênior ou pessoa de mais experiência do departamento. Sabendo do assunto, nada impedia que cada um dos gestores de departamento se reunisse com sua equipe para a captação dos problemas e sugestões de melhoria.

As duas reuniões posteriores serviram para coleta de informações, o gerente do projeto e os engenheiros do departamento de engenharia de desenvolvimento ouviram e registraram todos os problemas do produto atual e as sugestões para elaboração do novo conceito. A captação das ideias foi feita através de *brainstorm* iniciado pela captação dos problemas e posteriormente pela captação das sugestões de melhoria. As sugestões foram anotadas para que fossem analisadas posteriormente, o gestor do projeto orientou que nenhuma análise ocorreria imediatamente, porém as sugestões seriam analisadas e respondidas posteriormente em ata de reunião. Foi utilizado como suporte para a reunião, o registro de consertos em garantia referentes aos redutores planetários do período de março do ano de 2010 a setembro do ano de 2012, fornecidos pelo departamento de Qualidade e os indicadores de retrabalho em desenhos liberados para a manufatura, coletados pelo departamento de Engenharia de Desenvolvimento.

Durante a coleta das ideias, em algumas ocasiões era percebido que a ideia sugerida visava uma melhoria pontual que traria benefícios apenas para o departamento proponente. Os benefícios da sugestão poderiam ser de interesse do proponente, porém a mesma sugestão poderia ser prejudicial para os demais departamentos, ou seja, os "*trade offs*". Durante o processo de análise das sugestões, era necessário deter um alto conhecimento acerca do produto, mostrando-se neutro para não favorecer as ideias de um departamento específico e sim a empresa e as características do produto final. A maior dificuldade encontrada durante as reuniões era explicar a não utilização de uma sugestão. A justificativa

necessitava ser completa e explicativa para não frustrar as expectativas da pessoa que deu a sugestão. Também era muito importante que nenhuma sugestão ficasse sem resposta.

Uma ata foi elaborada e distribuída para os participantes de cada equipe de forma isolada, ou seja, uma ata para a primeira equipe (vendas e marketing, montagem e assistência técnica) e outra ata para a segunda equipe (engenharia de desenvolvimento, engenharia de processos de usinagem, manufatura e qualidade). Nestas atas estavam transcritos os problemas e sugestões anotados no *brainstorm* para posterior análise e *feedback*.

Todos os problemas citados e as sugestões de melhorias foram analisados individualmente pelo gestor do projeto e pela engenharia de desenvolvimento e uma ata de reunião foi elaborada para distribuição e comentário das equipes. Quando as sugestões eram aceitas, eram calculados os custos e os impactos funcionais que as mesmas teriam no novo produto e quando não era aceita era explicado o motivo. Após análise das sugestões, foi possível o desenvolvimento de um projeto piloto aplicando as sugestões aceitas.

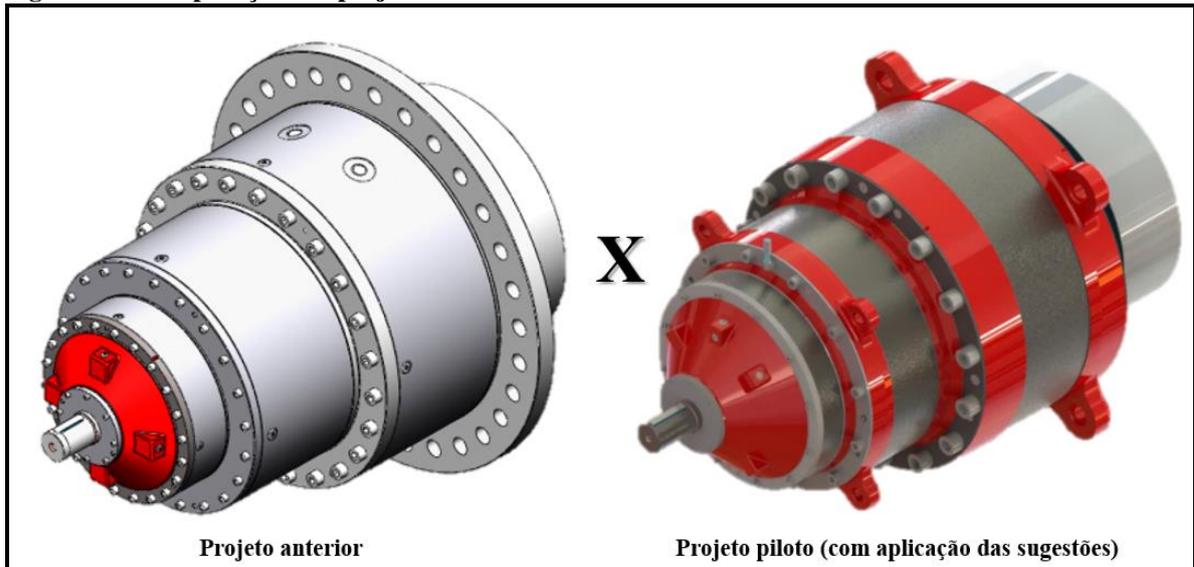
#### **4.2.6 Elaboração e apresentação do conceito**

Com intuito de desenvolver um projeto integrado, modular, e que atendesse as necessidades de todos os clientes internos e externos, foi desenvolvido um projeto piloto, modelado no software *SolidWorks 2012* da empresa *Dassault*, aplicando as sugestões aceitas dadas pela equipe multifuncional. A equipe de engenharia de desenvolvimento e o gestor do projeto ficaram responsáveis por acrescentar ou retirar o que foi solicitado, sem prejudicar o produto e procurando causar o mínimo de conflito entre as áreas. Feitas as alterações, o gestor do projeto se reuniu, com as equipes separadamente, e as informou sobre as transformações, a fim de verificar se estas estavam de acordo com o que foi solicitado. Com a aprovação das equipes, foi solicitado ao departamento de custos, a comparação dos custos de fabricação do novo conceito contra o conceito anterior.

Após análise dos custos de fabricação, comprovando que o projeto piloto desenvolvido estava com custos menores que o projeto anterior, foi agendada uma reunião com toda equipe, incluindo diretoria e gerência da empresa, para apresentação do novo conceito do produto. Nesta reunião, foram apresentados todos os conceitos aplicados no projeto piloto, elaborados através das sugestões propostas em reuniões anteriores pela equipe multifuncional. Também foi demonstrada nesta reunião, a importância da formação da equipe

no desenvolvimento de um produto, que através da cooperação e sugestão de todos, ficou validado pelos departamentos envolvidos. Após reunião, ficou definido pela diretoria e gerencia da empresa, a fabricação de um protótipo para análise prática das alterações sugeridas e validação dos conceitos aplicados. A figura xxx ilustra o projeto do redutor planetário antes e depois da aplicação das sugestões dadas pela equipe multidisciplinar.

**Figura 16 - Comparação dos projetos**



Fonte: Elaboração própria

Com a elaboração do projeto integrado e modular, foi possível reduzir 14% a quantidade de parafusos e 57% a quantidade de modelos de fundição necessários para fabricação dos flanges e trens planetários. Outra observação interessante é a elaboração de suportes para facilitar o içamento e a movimentação dos equipamentos.

#### **4.2.7 Fabricação e Análise do protótipo**

Com o modelamento dimensional e detalhamento das peças do equipamento definido no projeto piloto, foi possível a fabricação completa de um redutor planetário no novo conceito modular e integrado. Durante a fabricação, a equipe se reunia com periodicidade semanal, a fim de acompanhar se as sugestões aplicadas estavam sendo percebidas na prática. Foi feito o acompanhamento completo da fabricação, observando desde a aquisição das matérias-primas até a montagem final do equipamento. Após montagem do equipamento, foi feita uma reunião com toda a equipe multifuncional para análise dos processos de fabricação e montagem. Nesta reunião, foram relatadas as facilidades e os

problemas encontrados durante a manufatura e montagem do equipamento, permitindo assim o ajuste do projeto piloto para replicação nos demais equipamentos que iriam compor o catalogo.

Durante a fabricação do equipamento, ficou evidente a cooperação dos envolvidos e o apoio de todos nas fases. Todos queriam ver as suas sugestões aplicadas no produto final, e era possível perceber o orgulho e felicidade dos envolvidos quando o produto foi montado e testado. Contar com a equipe multifuncional, proporcionou a condensação do conhecimento prático de diversos profissionais, e conseqüentemente, a organização como um todo sofreu menos com as mudanças e implantação do novo produto. Na equipe, todos são responsáveis mutuamente pelo resultado, diferente de quando se trabalha sozinho.

#### **4.2.8 Validação e Replicação do projeto para a série de produtos**

Para a replicação do projeto piloto e elaboração de uma série completa de equipamentos planetários modulares, a engenharia de desenvolvimento fez um *benchmark* com ajuda do departamento de vendas e marketing, a fim de definir os melhores torques e relações de transmissão para os equipamentos. Após definição dos torques e das relações de transmissão, a engenharia ficou responsável por replicar todos os conceitos adotados nos demais equipamentos, sendo possível o desenvolvimento de uma série completa com 13 tamanhos de redutores planetários diferentes. Durante o desenvolvimento da série, a variação dos tamanhos permitiu o desenvolvimento de equipamentos com massa a partir de 4 toneladas até 35 toneladas.

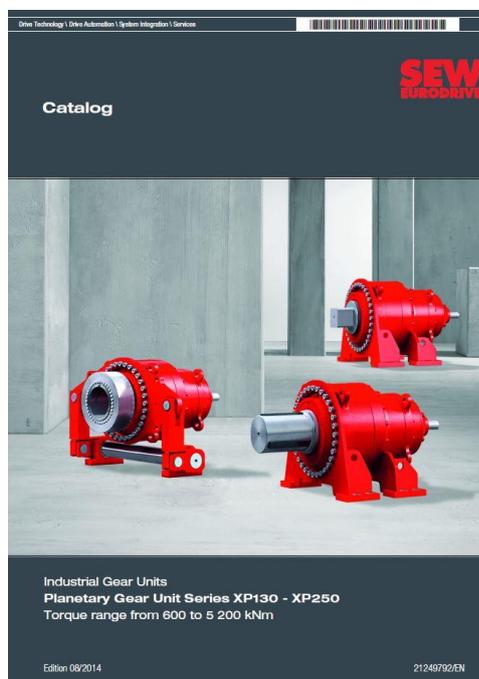
#### **4.2.9 Lançamento do catálogo**

Após desenvolvimento da série, foi possível a elaboração de um catálogo físico e digital para distribuição e consulta dos clientes e dos vendedores. Neste catálogo era possível visualizar as informações dimensionais e técnicas que facilitariam a divulgação e seleção dos equipamentos sem necessidade de auxílio da engenharia de desenvolvimento.

O conceito integrado e modular aplicado no desenvolvimento chamou a atenção da matriz da empresa na Alemanha, após auditoria da equipe de engenheiros do departamento de desenvolvimento da matriz, o catálogo foi traduzido em 5 idiomas e distribuído em mais de

13 países da Europa, Ásia e continente Americano. A figura 17 ilustra a capa do catálogo de redutores planetários modulares.

**Figura 17 - Catálogo de Redutores Planetários Modulares**



Fonte: Elaboração própria

O lançamento mundial do equipamento ocorreu na Feira de Hannover na Alemanha em abril de 2015 e o lançamento nacional em agosto de 2015 na Fenasucro em Sertãozinho, São Paulo.

#### **4.3. Comparação entre os modelos: Atual x Anterior**

No quadro 9, é possível verificar a comparação de algumas características entre os modelos atual (novo) e o modelo anterior (antigo). As características selecionadas foram de encontro com os objetivos elencados com o novo conceito do produto e adoção de um modelo simultâneo de PDP.

**Quadro 9 - Comparação entre os modelos atual x anterior**

Características	Modelo Anterior (Antigo)	Modelo Atual (Novo)
<b>Custo do produto</b>	<p>↓</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aquisição de matéria-prima e itens padronizados em quantidades muito pequenas.</li> <li>- O tempo de setup das máquinas era diluído apenas na manufatura de um único item.</li> </ul>	<p>↑</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Facilitou a aquisição de matéria-prima e itens padronizados (rolamentos, parafusos, arruelas ...). A aquisição pode ser feita em lotes maiores possibilitando a redução do preço de aquisição.</li> <li>- Possibilitou o aumento dos lotes de fabricação e consequentemente o reaproveitamento de <i>setup</i> das máquinas.</li> </ul>
<b>Integração do projeto e dos departamentos</b>	<p>↓</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- O projeto seguia a característica sequencial e era desenvolvido através da experiência de uma única pessoa.</li> <li>- Necessidade de retrabalho em desenhos por não haver dispositivos e ferramentas para manufatura das peças.</li> </ul>	<p>↑</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- O desenvolvimento e a aprovação do conceito foi feito por uma equipe multifuncional.</li> <li>- Aproveitamento de ferramentas e dispositivos existentes.</li> </ul>
<b>Modularidade</b>	<p>↓</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Não havia a preocupação na utilização das peças de outros projetos. O projetista, muitas vezes, desenhava peças similares ou idênticas para a mesma função porém com codificação diferente.</li> </ul>	<p>↑</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Projeto desenvolvido em módulos, onde cada módulo serve para dois ou mais equipamentos.</li> <li>- Possibilidade de usinagem de itens para estoque por existir a garantia de utilização da peça independente da configuração vendida.</li> </ul>
<b>Padronização</b>	<p>↓</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cada projeto saía de acordo com a experiência do projetista que estava desenvolvendo.</li> </ul>	<p>↑</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Possibilidade de padronização no desenvolvimento.</li> <li>- Facilitou a fabricação e montagem dos equipamentos.</li> </ul>
<b>Tempo de projeto</b>	<p>↑</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- O projeto é feito de forma isolada sem o reaproveitamento de peças de outros projetos. O tempo gasto para o projeto era o tempo necessário para um único desenvolvimento.</li> </ul>	<p>↓</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- O projeto foi pensado como uma série de produtos e não como um projeto isolado. Para conclusão do projeto foi necessário o desenvolvimento da série de produtos.</li> </ul>
<b>Legenda</b>	<p>↓</p> <p>Pior</p>	<p>↑</p> <p>Melhor</p>

Fonte: Pesquisa de campo

É possível visualizar no quadro 8, que a única vantagem do modelo anterior caracterizado como sequencial é o tempo de projeto. O tempo de projeto no modelo anterior era menor, pois não existia a preocupação de projetar uma peça ou equipamento para utilização em vendas futuras, era desenvolvido o projeto customizado conforme a solicitação do cliente. Para o desenvolvimento do projeto modular necessita do entendimento e do desenvolvimento da série completa para que possa existir o aproveitamento das peças ou módulos em mais de um equipamento. Com a padronização e modularidade da série de equipamentos desenvolvidos, foi possível a implementação de ferramentas automatizadas que auxiliaram na elaboração das listas de peças e desenhos para o cliente. A automatização das tarefas proporcionou a redução do tempo de projeto.

No sistema anterior, após o recebimento da ordem de venda, o engenheiro ou projetista responsável selecionado para gerenciamento do projeto desenvolvia o equipamento conforme as necessidades específicas do cliente. Posteriormente ao desenvolvimento do projeto, era fundamental a elaboração da lista de peças com todos os itens comprados e fabricados. Esta lista de peças era enviada para o departamento de planejamento da produção para elaboração das ordens de fabricação e para solicitação de compras dos itens padronizados tais como rolamentos e parafusos. Com a ordem de fabricação em mãos, o departamento de

engenharia de processos era responsável pela seleção das ferramentas de manufatura e pela elaboração dos programas CNC (Comando Numérico Computadorizado). As tarefas mencionadas anteriormente eram repetidas conforme as ordens de venda chegavam, fazendo com que houvesse a repetição de tarefas.

No modelo atual, o vendedor seleciona o equipamento conforme as necessidades dos clientes e as características dimensionais do catálogo. Com a elaboração da ordem de venda, a lista de peças é elaborada automaticamente assim como as ordens de fabricação e solicitações de compras dos itens padronizados. A modularidade das peças faz com que todos os departamentos envolvidos com o produto passem a se preocupar com o gerenciamento das atividades e não com a elaboração das mesmas.

#### **4.4 Considerações sobre o capítulo**

A seleção do modelo para o projeto foi possível devido:

- Escolha de um responsável pelo gerenciamento da mudança, no caso o autor desta dissertação;
- Criação de uma equipe multidisciplinar com a presença dos departamentos envolvidos com o produto (vendas, engenharia de desenvolvimento, engenharia de processos, manufatura, qualidade, montagem e assistência técnica);
- Atenção exclusiva voltada individualmente para os departamentos em relação às suas sugestões coletadas nos *brainstorms*;
- Cálculos de custos comparativos entre os equipamentos desenvolvidos de forma sequencial com os equipamentos desenvolvidos de forma modular e integrada;
- Apresentação do projeto piloto para validação da equipe multidisciplinar;
- Estudo das possibilidades de montagens, possibilitando a integração e modularização dos processos.

Fazer com que as pessoas da organização busquem um objetivo em comum não é tão difícil quanto parece. É necessário muita estratégia, objetivos definidos, comunicação eficaz e feedbacks constantes.

## 5. DISCUSSÃO

Os benefícios encontrados em função da troca de modelo adotado convergem com a descrição feita por Chiusoli e Toledo (2000), pois foi possível observar a configuração das equipes de projeto (criação da equipe multifuncional), o paralelismo das atividades (projeto desenvolvido e validado por uma equipe), uma melhor forma de integrar os clientes do projeto (reuniões de *brainstorm* e de *feedback*), assim como a possibilidade de utilizar ferramentas de apoio ao desenvolvimento de produtos (DFMA, DFM, DFX, entre outras). Com a prática do modelo novo, foi possível dar ênfase às preferências dos consumidores, sempre considerando a qualidade, custo e tempo no desenvolvimento para o mercado.

Com a aplicação dos ideais propostos por Amaral et al. (2006), por exemplo, a capacidade de integração dos projetos seria incentivada, propiciando um melhor desenvolvimento do produto, proporcionando maior flexibilidade e amortecendo os riscos da organização. Além disso, com a aplicação de um processo de desenvolvimento integrado, como Back (2007) propõe, o trabalho de uma equipe multidisciplinar traz uma otimização do tempo e custo dispendiosos, assim como proporciona uma análise aprimorada no desenvolvimento do produto, através da transferência de informações ao longo do processo.

### 5.1 Desafios durante a fase de transição

Ao implementar o novo modelo de PDP dentro da organização, alguns desafios foram impostos durante a fase de transição, convergindo para aqueles apontados nas descrições teóricas.

Ao transitar do modelo antigo para o novo, em função da prioridade da alta gerência, o projeto demorou aproximadamente 18 meses para ser concluído. Alguns outros fatores foram considerados desafiadores e serão apresentados a seguir, em conjunto com as propostas de solução. O quadro 10 demonstra os principais desafios encontrados na implantação do novo modelo e como foram feitos os diagnósticos e as soluções adotadas.

Quadro 10 - Desafios encontrados na fase de transição

Desafios	Como foi diagnosticado	Solução
<b>Falta de objetivos e metas</b>	- Existia apenas a necessidade de mudança do produto, porém sem objetivos claramente definidos.	- Foi necessário estabelecer os índices de desempenho, o tempo de desenvolvimento, e determinar com clareza os objetivos almejados. - Foi elaborado um cronograma de atividades e o mesmo foi gerenciado pelo gestor da implantação no novo modelo.
<b>Falta de experiência da equipe</b>	- A equipe não conhecia o conceito de modularidade e de engenharia simultânea. - Pensou-se na busca de especialistas externos para ajudar, mas esses indivíduos não possuíam conhecimentos quanto às práticas da organização.	- Ressaltou-se a importância e valorização do conhecimento sobre a organização. - Foram estabelecidos mecanismos para o aprendizado, como a revisão, análise e avaliação dos conceitos e atividades.
<b>Cooperação funcional</b>	- Para tornar o processo integrado, a equipe multifuncional deveria ter representantes de todas as áreas da empresa.	- Um dos membros da alta gerência, agendou uma reunião para esclarecer as razões pelas quais o novo modelo era necessário, assim como estabeleceu o método de operação da equipe, delegando a gestão do projeto para um responsável.
<b>Paralisia cultural</b>	- Foi um dos desafios mais complicados, já que as pessoas rejeitam rápida ou veementemente novas ideias e é necessário mudar a cultura dentro da organização.	- Para alterar a cultura da empresa, buscou-se mudar a cultura individual e a valorização de todas as ideias na fase de geração de conceitos. Todas as ideias foram ouvidas e analisadas, fazendo com que todos os membros da equipe se sentissem importantes e donos do projeto.
<b>Variedade de modelos de PDP</b>	- Em função da variedade imensa de modelos de PDP existente, seria necessário focar em alguma característica fundamental para o novo processo.	- Para a seleção do novo modelo foram analisados os modelos de PDP de 07 autores com foco na engenharia simultânea e desenvolvimento integrado.
<b>Implantação do modelo</b>	- Necessidade de adoção de um modelo integrado e do desenvolvimento de um projeto modular.	- O projeto de implantação deve ser lançado como um evento cujo planejamento e execução são fundamentais, caso contrário, não ocorre o entendimento de todos. Para tanto, precisa-se do apoio da alta gestão da organização.
<b>Medo do insucesso</b>	- Falta de experiência na aplicação de um modelo de PDP e a necessidade de lançamento do produto em uma data definida pela alta gestão.	- Esse temor em relação ao erro pode ser superado através da conscientização de que eles acontecem e podem oferecer uma rica fonte de aprendizado, desde que abertamente discutidos.
<b>Especificações do projeto</b>	- Desenvolver um equipamento com especificações que atendam todas as necessidades dos clientes internos e externos.	- Para minimizar a ocorrência de problemas, as especificações do projeto devem ser estabelecidas pela equipe de desenvolvimento, em vez de impostas à equipe.
<b>Lançamento do catálogo</b>	- Necessidade de um catálogo físico e eletrônico para dar autonomia para os vendedores e clientes.	- O projeto de implantação deve ser lançado como um evento cujo planejamento e execução são fundamentais, caso contrário, não ocorre o entendimento de todos. Para tanto, precisa-se do apoio da alta gestão da organização.
<b>Expansão e validação do modelo adotado entre outras filiais</b>	- Validação e expansão do modelo de PDP afim de tornar o lançamento do produto mundial e não apenas para o mercado brasileiro.	- O produto foi apresentado para o departamento de vendas da Alemanha e uma equipe de engenheiros veio ao Brasil para validação do projeto e do modelo adota.

Fonte: Elaboração própria

A pesquisa bibliográfica e trocas de informações com funcionários de diversas áreas da empresa foi essencial para adotar a teoria de projeto integrado como novo modelo dentro da organização. Portanto, para o planejamento efetivo da implementação desse projeto, reconheceu-se a importância do apoio da alta gerência e diretoria da empresa. Após a autorização desses membros, a engenharia tornou-se responsável por todo o desenvolvimento do projeto e implantação do modelo de desenvolvimento de produtos. O quadro 11, lista as principais características da implantação do modelo.

Quadro 11 - Principais características da implantação do modelo

Etapas	Dificuldades	Benefícios
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seleção de um responsável para gerenciamento do projeto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de experiência anterior;</li> <li>• Receio do insucesso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto nível de padronização e gerenciamento do projeto.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mapeamento do modelo utilizado anteriormente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cooperação funcional.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mapeamento dos processos.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seleção de um modelo de PDP.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paralisia cultural;</li> <li>• Variedade de ferramentas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Padronização e otimização das tarefas.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formação da equipe multidisciplinar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivelamento da equipe multidisciplinar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprendizado da equipe multidisciplinar;</li> <li>• Conhecimento das tarefas de outros departamentos;</li> <li>• Integração da equipe.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reuniões para elaboração do conceito do produto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Especificações do equipamento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aprendizado e balanceamento das informações.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboração e apresentação do conceito do produto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistência a mudanças.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pré-projeto desenvolvido de forma mais madura desde o início do projeto.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fabricação e análise do protótipo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Receio do insucesso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução no tempo de manufatura e montagem;</li> <li>• Diminuição no número de peças;</li> <li>• Redução do estoque de peças brutas e acabadas.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Validação e replicação do projeto para a série de produtos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cooperação funcional.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modularidade das peças entre os equipamentos.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lançamento do catálogo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de experiência anterior.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior autonomia para seleção dos equipamentos.</li> </ul>

Fonte: Elaboração própria.

Como principal resultado, obteve-se a implantação de um modelo de PDP integrado e simultâneo com ganho de tempo de desenvolvimento e de manufatura, resultando na diminuição dos custos do equipamento. A implantação foi necessária para atender às necessidades tanto dos clientes internos quanto externos. Através dessa implementação foi possível a elaboração de um catálogo de redutores planetários modulares, pois, dentro do processo integrado é possível a minimização de custos e maximização de resultados.

A respeito dos custos de fabricação, obtidos com a integração e modularidade do novo projeto, o resultado foi uma redução de 7,5 %, quando comparado com o equipamento desenvolvido de forma sequencial. Com a aplicação dos modelos propostos de Back (1983), Cooper (1993), Pugh (1996) e Rozenfeld (1996), a engenharia de desenvolvimento adquiriu

segurança no processo de desenvolvimento integrado para a finalização do projeto e elaboração da linha completa de redutores planetários modulares.

O desenvolvimento de um catálogo físico e digital, validado pela equipe multifuncional selecionada para o projeto, traduzido em 5 idiomas e distribuído em mais de 13 países da Europa, Ásia e continente Americano. O catálogo também propiciou aos vendedores uma resposta mais rápida para os clientes e a divulgação do produto em todo o mundo.

Além da redução de custo obtida com a modularidade, foi percebida a redução de 70% nos retrabalhos de desenhos elaborados para a manufatura e a redução de 50% do tempo de desenvolvimento de novos projetos, estes valores foram obtidos através do apontamento das atividades dos engenheiros e projetistas do departamento de desenvolvimento de produtos. A pesquisa-ação contribuiu facilitando os procedimentos de pesquisa, aplicação e validação do estudo onde foram enxergados diversos modelos de desenvolvimento de produtos.

Por fim, os resultados ficaram de acordo com o esperado desde o início da execução do estudo, isto é, foram identificados benefícios nas modificações realizadas na maneira como a engenharia vinha trabalhando e nas modificações aplicadas ao produto com a modularidade e integração de todo o projeto.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existe a convivência com um dos principais desafios reais que as empresas contemporâneas enfrentam, cotidianamente, que está no desenvolvimento de produtos capazes de atender às expectativas internas e externas, atingindo todos os objetivos e cumprindo com sua função. A área de engenharia aplicada na idealização do desenvolvimento de processos integrados é considerada como essencial para que as incertezas nesses procedimentos sejam diminuídas, fazendo com que os resultados finais sejam efetivos, eficientes e eficazes.

A realização da presente investigação foi motivada para compreender de qual forma se dá o processo integrado dos produtos e a adoção do modelo simultâneo de projeto, avaliando quais os resultados dessa prática, e se de fato é possível obter diferenciais positivos dentro de um projeto de redutores de velocidade planetários modulares. Portanto, foi proposto, de início, a utilização de um modelo de desenvolvimento integrado de produtos nesse projeto específico de redutores de velocidade. Buscou-se, ao longo do presente texto, investigar as principais teorias sobre desenvolvimento integrado de produtos, demonstrando todos os aspectos da prática desse processo.

Na empresa em que este projeto foi desenvolvido, a prática existente, fundamentada nos pressupostos de engenharia sequencial, havia uma dependência entre as etapas, em razão de que, para haver continuidade, uma dependia da outra. Durante os processos de execução e validação, a engenharia era o único departamento responsável pelo projeto, o que levava a consequências como: os clientes internos e externos não optarem nos itens do projeto; ausência de comunicação entre os membros e participantes do projeto, onde não havia troca de experiências ou de informações dentro da equipe, o que gerava perda de tempo pela execução de tarefas repetitiva e pelo aumento dos riscos de falhas.

Identificou-se, portanto, a necessidade de adotar um modelo de PDP no desenvolvimento dos produtos. Assim, o período de transição do modelo antigo para o atual trouxe consigo algumas dificuldades, como a falta de objetivos ou de experiência por parte da equipe, em um nivelamento multidisciplinar; administrar a paralisia cultural da organização, principalmente saber lidar com o medo do insucesso do projeto. Também é importante ressaltar, que situações externas também foram encontradas como desafiadoras, por exemplo, a dificuldade em vencer as barreiras do subdesenvolvimento, pois este projeto foi o primeiro

de grande porte elaborado pela equipe de engenharia de desenvolvimento da empresa no Brasil.

Para desenvolver o planejamento de modificações e implantação do novo modelo, a teoria foi fundamental para fornecer apoio e base para que o modelo, ainda que não existente anteriormente, pudesse ser melhor adaptado às condições reais e práticas da organização.

Antes de responder a questão da pesquisa é interessante lembrá-la:

**A aplicação do conceito de desenvolvimento integrado de produtos traz diferenças positivas no projeto de redutores de velocidade planetários modulares? Se sim quais os aspectos e como se dá o processo integrado?**

A resposta para a questão da pesquisa é sim, a aplicação do conceito de desenvolvimento integrado de produtos traz ganhos no projeto de redutores planetários. Os aspectos de melhoria observado foram possíveis com a união das ideias da equipe multifuncional, formada para a elaboração deste projeto. Abaixo alguns aspectos de melhoria observados:

- o projeto tornou-se totalmente integrado e modular, o que diminuiu a necessidade de retrabalho nesses projetos, e por sua vez, diminuiu os custos de fabricação;
- a integração entre os membros da equipe, permitiu grande troca de conhecimentos e experiência, e maior empenho dos envolvidos, pois se tornou mais motivada em alcançar os resultados;
- redução do número de itens, o que facilitou a armazenagem e planejamento da produção;
- diminuição do número de dispositivos e ferramentas de usinagem e fundição;
- padronização do trabalho e dos desenhos, eliminando os serviços repetitivos ou duplicados;
- diminuição do tempo de projeto e fabricação e, finalmente;

- a elaboração de um catálogo de distribuição mundial.

Em princípio, este estudo trabalhou com construção das seguintes hipóteses:

- H1 - A implantação do PDP maximiza os resultados dentro de projetos de redutores de velocidade planetários modulares (reduzindo mão de obra e minimizando custos logísticos do projeto).

- H2 - A implementação de um método de gestão de PDP possibilita a organização das informações, facilitando a rastreabilidade e o resgate do histórico.

Como pode ser visto no quadro 12, em análise da implantação do PDP, foram aceitas as hipóteses, pois esse conjunto de benefícios elencados foram trazidos para o processo de desenvolvimento dos redutores de velocidade planetários modulares.

**Quadro 12 - Resultados dos testes das hipóteses**

Hipóteses	Resultados	Indicadores
H1 - A implantação do PDP maximiza os resultados dentro de projetos de redutores de velocidade planetários modulares (reduzindo mão de obra e minimizando custos logísticos do projeto).	Aceita	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Redução de 70% nos retrabalhos de desenhos;</li> <li>- Redução de 50% no tempo de desenvolvimento de novos projetos.</li> <li>- Redução de 30% de recursos necessários para organização de inventário e aquisição de itens para projetos modulares.</li> <li>- Alocação da mão de obra para outras atividades nos seguintes departamentos:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Engenharia (20%);</li> <li>- Compras (30%);</li> <li>- Logística (30%);</li> <li>- Planejamento (30%).</li> </ul> </li> </ul>
H 2 - A implementação de um método de gestão de PDP possibilita a organização das informações, facilitando a rastreabilidade e o resgate do histórico.	Aceita	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaboração de atas de reuniões da equipe multidisciplinar facilitando o entendimento e motivo das alterações.</li> <li>- O projeto passa a ser de responsabilidade de um grupo e não apenas de uma pessoa.</li> </ul>

Fonte: Elaboração própria

### **6.1. Proposta de investigações futuras**

A confecção de um modelo de sistema abre diretamente a possibilidade da complementação do trabalho, através de um projeto, uma pesquisa, ou outro estudo que leve o trabalho a uma versão mais completa para comparação dos resultados. O maior envolvimento de conhecimentos das diversas áreas que acompanham o processo de desenvolvimento do produto é uma interessante proposição para o enriquecimento do trabalho. Comparar o método aplicado com os métodos existentes, avaliando os pontos positivos e negativos e assim aperfeiçoa-los.

## REFERÊNCIAS

ABREU, J. H. R. Formação de Equipes na Implantação da Engenharia Simultânea. Dissertação (Mestrado Engenharia de Produção), 2002 – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Itajubá, 2002, 100 p.

ALTING, L.; HAUSCHILD, M.; JESWIET, J. *Design for the environment – do we get the focus right*. Ann CIRO, v. 53, n. 1, p. 1- 4, 2004.

AMADO, R. F. et al. Investigação do processo de desenvolvimento do produto de uma média empresa de base tecnológica e definição do seu nível de maturidade segundo modelo unificado de referência. In: SIMPEP, 13, 2006. Anais... Bauru, p. 1-12, 2006.

AMARAL, C. D. Arquitetura para gerenciamento de conhecimentos explícitos sobre o processo de desenvolvimento de produtos. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica), 2002 – Escola Politécnica USP, São Carlos, 2002.

AMARAL, C. D. et al. Gestão de Desenvolvimento de Produtos - Uma referência para a melhoria do processo. ed. São Paulo: Saraiva, 2006, 541 p.

AMARAL, C. D.; ROZENFELD, H. Sistematização das melhores práticas de desenvolvimento de produtos para acesso livre e compartilhado na internet *Produto & Produção*, v. 9, n. 2, p. 120-135, 2008.

ASIEDU, Y.; GU, P. *Product life cycle cost analysis: state of the art review*. *International journal of production research*, v. 36, n. 4, p. 883-908, 1998.

BACK, N. Metodologia de Projeto de Produtos Industriais. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983. 92 p.

BACK, N.; OGLIARI A. Desenvolvimento de Produto: Engenharia Simultânea. Departamento de Engenharia Mecânica Universidade Federal de Santa Catarina, 2000. 25 p.

BACK, N. Capacitação em Desenvolvimento Integrado de Produtos - Departamento de Engenharia Mecânica Universidade Federal de Santa Catarina- 2007. 133 p.

BACK, N. et al. Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem. Barueri: Manole, 2008.

BAXTER, M. Projeto de Produto: guia prático para o design de novos produtos. Editora Edgard Blücher. 2010. 112 p.

BOLGENHAGEN, N. J. O processo de desenvolvimento de produtos: proposição de um modelo de gestão e organização. Dissertação (Mestrado Engenharia de Produção), 2003 – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003, 118p.

BORNIA, A. C.; LORANDI, J. A. O processo de desenvolvimento de produtos compartilhado na cadeia de suprimentos. Revista FAE, v. 01, n. 02, p. 35-50, 2008

BUENO, V.L.G. Inovação em modelos de negócio: um estudo sobre a aplicação do Design thinking na inovação em modelos de negócio. 2013. Tese (Mestrado em Engenharia de Produção) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

BUFREM, Leilah Santiago et al . Modelizando práticas para a socialização de informações: a construção de saberes no ensino superior. Perspect. ciênc. inf., Belo Horizonte , v. 15, n. 2, p. 22-41, Aug. 2010 .

CARTER, D. E.; BAKER, B. S. *Concurrent engineering: The product development environment for the 1990s*. Addison Wesley, 1992, 175 p.

CHIOCHETTA, J.C.; CASAGRANDE, L.F.; ECHEVESTE, M.E.; Análise comparativa entre o modelo referencial de Rozenfeld e um processo de desenvolvimento de produto. Revista TECAP, n.02, v. 02, 2008.

CHIUSOLI, R.F.Z; TOLEDO, J.C., Engenharia simultânea: estudo de casos na indústria brasileira de autopeças. II Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produtos, São Carlos, SP, 2000.

CLARK, K. B.; WHEELWRIGHT, S. C. *Managing new product and process development: text and cases*. New York: The Free Press, 1993, 93 p.

CLARK, K.B.; FUJIMOTO, T.: *Product development performance*. Ed. Boston: Harvard Business School Press, 1991, 93 p.

COOPER, R. G. *Winning at New Products: accelerating the process from idea to launch*. 2 ed. Reading: Addison-Wesley Publishing, 1993, 425 p.

COOPER, R. G.; KLUINCHIMIDT, E. *Determinants of timelessness in product development*. *The Journal of Product Innovation Management*, v. 04, n. 03, p. 381-396, 1994.

COOPER, R. G. EDGETT, S. J.; KLEINSCHIMIDT, E. J. *Best practices for Managing R&D Portfolios*. *Industrial Research Institute*, 1998.

COUGHLAN, P; COUGHLAN, D. *Action Research for operations management*. *International Journal of Operation and Prodction Management*, v..22 , n.2, p.220-240, 2002.

DAVILA, T. *An empirical study on the drivers of management control systems design in new product development*. *Account, Organization end Society*, v. 125, p. 383-409, 2000.

DICK, B., *Postgraduate programs using action research [On Line]*. Disponível em <http://www.scu.edu.au/schools/gcm/ar/arp/ppar.html> - Acesso em 10 de março de 2014.

ETTLIE, J. E. *Integrated design and new product success*. *Journal of Operations Management*, v. 15, n. 1, p. 33-55, 1997.

FABRICIO, M. M. Projeto Simultâneo: um modelo para gestão integrada da concepção de edifícios. Tese (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia e Construção Civil – Escola Politécnica da USP, 2004.

FARIA, A. F et al. Processo de desenvolvimento de novos produtos. In: Enegep, 28, 2008. Anais... Rio de Janeiro, 2008.

GAVA, E.M. Concepção e análise de modelos de negócio por meio do business model canvas. (Tese de MBA em Gestão Empresarial), 2014. Universidade do Extremo Sul Catarinense. Criciúma. 2014.

HARTLEY, J. R. *Concurrent engineering: Shortening lead times, raising quality, and lowering costs*. *Cambridge, Mass. Productivity Press*, 1998, 308 p.

JUGEND, D. Desenvolvimento de produtos em pequenas e médias empresas de base tecnológica: práticas de gestão no setor de automação de controle e processos. 2006. Tese (Mestrado e Engenharia de Produção). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 2006.

KOUFTEROS, X.; VONDEREMBSE, M.; DOLL, W. *Concurrent engineering and its consequences*. *Journal of operations management*, v. 19, n. 1, p. 97-115, 2001.

LYNWANDER, P.; *Gear Drive Systems: Design and Application (Mechanical Engineering Series)*, 432 p, 1983.

LUMSDAINE, M.; LUMSDAINE, E.; *Pugh method example: design of a car horn*. 2006. Disponível em <<https://pt.scribd.com/doc/234366232/Pugh-Method-Example>> Acesso em maio/2015.

MELLO, C. H. P. et al. Pesquisa-ação na engenharia de produção: proposta de estruturação para sua condução. *Produção*, v.22, n. 1, p.1-13, 2012.

MELLO, C.H.P. et al. Modelo para projeto e desenvolvimento de serviços. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia). Universidade de São Paulo, São Paulo. 2005.

MELLO, E. B. Processo de Desenvolvimento de produtos e o sistema Stage-Gate. *Gestão Contemporânea*, Porto Alegre, edição especial, 2012. Disponível em: <<http://seer2.fapa.com.br/index.php/arquivo>> Acesso em Janeiro/2015.

MELLO, W.B. Proposta de um método aberto de projeto de produto: três alternativas de criação. Tese (Mestrado em Engenharia). Universidade de São Paulo, São Paulo. 2011.

MUNDIM, A. P. F. Aplicando o cenário de Desenvolvimento de Produtos em um caso Prático de Capacitação Profissional. *Gestão e Produção*, v. 9, n. 1, p. 1-16, 2002.

NOGUEIRA, A.C.L.; YU, A.; SOUZA, W.H. Inovação e desenvolvimento de produtos populares no Brasil: o caso de uma empresa de sorvetes. 2005. In: SEMEAD. 8., 2015, São Paulo. Anais... São Paulo: USP. Disponível em <[http://www.ead.fea.usp.br/Semead/8semead/resultado/an\\_resumo.asp?cod\\_trabalho=410](http://www.ead.fea.usp.br/Semead/8semead/resultado/an_resumo.asp?cod_trabalho=410)> Acesso em Janeiro/2015.

OGLIARI, A. et al. Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem. Barueri, SP: Editora Manole, 2008, 601 p.

OKUMURA, M. L. M.; CANGIOLIERI, O. JR.; RUDEK, M. A Engenharia Simultânea aplicada no desenvolvimento de produtos inclusivos: uma proposta de framework conceitual. In: Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento do Produto – CBGDP, 8, 2011. Anais... Porto Alegre, p. 1-12, 2011.

PAULA, J. O.; MELLO, C. H. P. Seleção de um modelo de referência PDP para uma empresa de autopeças através de um método de auxílio à decisão por múltiplos critérios. *Produção*, v. 23, n. 01, p. 144-156, 2013.

PIMENTEL, C. L. Engenharia Simultânea e sua aplicação à indústria naval. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo: USP, 2003, 147 p.

PRASAD, B - *Concurrent engineering fundamentals: integrated product and process organization*. New Jersey: Cera Journal, 1996, 122 p.

PUGH, S. *Creating innovative products using total design: the living legacy of Stuart Pugh*. Addison Wesley. 1996, 544 p.

PUGH, S. *Total Design: integrated methods for successful product engineering*. London: Addison-Wesley Publishing. 1991, 296 p.

ROZENFELD, H. et al. Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006. 542p.

ROZENFELD, H. Modelo de referência para o desenvolvimento integrado de Produtos. In: ENEGEP, 17, 1997, Gramado. Anais... Gramado: ENEGEP, 1997.

ROZENFELD, H.; SILVA, S. Proposição de um modelo para avaliar a gestão do conhecimento no processo de desenvolvimento de produtos. *Ciência da informação*, v.36, n.1, 2007. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-19652007000100011>> Acesso em maio/2015

SACCHELLI, C. M. Sistematização do processo de desenvolvimento integrado de mlde de injeção de termoplásticos. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica), 2007 –Universidade Federal de Santa Catarina, 2007, 305p.

SALGADO, E. G. et al. Modelos de referência para desenvolvimento de produtos: classificação, análise e sugestões para pesquisas futuras. *Revista Produção Online*, v. 10, n. 04, p. 886-911, 2010

SALLES, J.A.A.; CUTOVOI, I.T.M. Aplicação do método Pugh para a sistematização do PDP na cadeia de suprimentos numa empresa do segmento automotivo. In: Congresso Nacional de Excelência em G, estão. 9, 2013. Anais. Disponível em <[http://www.excelenciaemgestao.org/Portals/2/documents/cneg9/anais/T130574\\_3140.pdf](http://www.excelenciaemgestao.org/Portals/2/documents/cneg9/anais/T130574_3140.pdf)> Acesso em maio/2015.

SANTOS, F. A. N. V. MD3E (Método de Desdobramento em 3 etapas): Uma Proposta de Método Aberto de Projeto para Uso no Ensino de Design Industrial. Tese (Doutorado em Engenharia). Universidade Federal de Santa Catarina, 2005, 179 p.

SILVEIRA, A.M. Governança corporativa e estrutura de propriedade: determinantes e relação com o desempenho das empresas no Brasil. Tese (Doutorado em administração) - Universidade de São Paulo, 2004, 250 p.

SCHILLING, M. A., Hill, C. W. L. *Managing the new product development process: Strategic imperatives. Academy of Management Executive*, v. 12, n.3, p.67-81, 1998.

SMITH, P. G.; MERRITT, G. M. *Proactive risk management: controlling uncertainty in product development. ed. Nova York: Productivity*, 2002, 246 p.

SOHLENIUS, G. *Concurrent engineering. CIRP Annals-Manufacturing Technology*, v. 41, n. 2, p. 645-655, 1992.

SOUZA, V. M.. Desenvolvimento de Ferramenta para Avaliação de Projeto de Produto do Fim de Vida Sustentável Baseada em Modelo Stage-Gate Aperfeiçoado com Abordagem Set-Based. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica e de Materiais), - PPGEM. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012. 118 p.

SUSMAN, G.I.: *Integrating design and manufacturing for competitive advantage. New York: Oxford University Press*, 1992, 320 p.

TAKAHASHI, S.; TAKAHASHI, V. P. Gestão de Inovação de produtos: estratégia, processo, organização e conhecimento. Rio de Janeiro: Campus, 2007.

THIOLLENT, M. Metodologia da pesquisa d -ação, 15 ed. São Paulo: Cortez, 2007

VARGAS, M. C. Gerenciamento de projetos por meio da engenharia simultânea: sugestões para a otimização do processo na Sudecap. Monografia (Especialização em Construção Civil), 2008 – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2008, 65 p.

VIEIRA, A. V. et al. Os benefícios da aplicação do projeto integrado no desenvolvimento de redutores planetários sob encomenda. In: SEPROSUL, 15, 2015 Anais... Sorocaba, p. 1-11, 2015.

WU, D. D. et al. *A risk analysis model in concurrent engineering product development. Risk Analysis*, v. 30, n. 9, p. 1440-1453, 2010.

ZANCUL, E. S.; MARX, R.; METZKER, A. Organização do trabalho no processo de desenvolvimento de produtos: a aplicação da Engenharia Simultânea em duas montadoras de veículos. *Gestão e Produção*, v. 13, n. 01, p. 15-29, 2006.