

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
Claudiney de Freitas Ramos

**APLICAÇÃO DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA
ENTRE A ENGENHARIA DO PRODUTO COM A
PRODUÇÃO**

Taubaté - SP
2018

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
Claudiney de Freitas Ramos

**APLICAÇÃO DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA
ENTRE A ENGENHARIA DO PRODUTO COM A
PRODUÇÃO**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, da Universidade de Taubaté, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Produção
ORIENTADOR: Prof. Dr. Luis Fernando de Almeida

Taubaté - SP
2018

**Ficha Catalográfica elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado
de Bibliotecas – UNITAU - Bibliotecas das Engenharias**

R175a Ramos, Claudiney de Freitas
Aplicação da engenharia simultânea entre a engenharia do produto com a produção. / Claudiney de Freitas Ramos - 2018.

116f. : il; 30 cm.

Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Mecânica na área de Gestão da Produção) – Universidade de Taubaté. Departamento de Engenharia Mecânica, 2018
Orientador: Prof. Dr. Luis Fernando de Almeida,
Departamento de Matemática e Física.

1. Desenvolvimento do produto. 2. Engenharia simultânea. 3. Produção. I. Título.

Claudiney de Freitas Ramos
APLICAÇÃO DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA ENTRE A ENGENHARIA DO
PRODUTO COM A PRODUÇÃO

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data: _____

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Luis Fernando de Almeida
Assinatura _____

Universidade de Taubaté

Prof. Dr. Evandro Luis Nohara
Assinatura _____

Universidade de Taubaté

Prof. Dr. Cesar Augusto Botura
Assinatura _____

Centro Universitário Salesiano

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais e irmãos, em especial a minha irmã Maria José, pela dedicação e apoio em todos os momentos difíceis.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté, pela oportunidade de realização de trabalhos em minha área de pesquisa.

Aos colegas do PPGEM da UNITAU e ao meu orientador Dr. Luís Fernando de Almeida, pelo seu auxílio nas tarefas desenvolvidas durante o curso e apoio na revisão deste trabalho.

A minha família que me apoiou constantemente durante todo o período de estudo e que por períodos longos não puderam ter a minha presença, mas que me enchiam de alegria e me davam força pela simplicidade dos carinhos e sorrisos.

Há mais pessoas que desistem do que pessoas que fracassam.

Henry Ford

RESUMO

Na atual conjuntura de competitividade do mercado, caracterizada por lançamentos de produtos diversificados e respectivo ciclo de vida reduzido, uma das áreas fundamentais dentro de uma empresa é o processo de desenvolvimento do produto. Decorrente disso, tornam-se necessários métodos estratégicos de planejamentos e processos nos desenvolvimentos, que permitem integrar as áreas de Projeto do Produto e Produção. Esta dissertação visa avaliar e apresentar uma sistemática para aplicação da Engenharia Simultânea, integrando as áreas de Desenvolvimento do Produto com a Produção, permitindo que as empresas se tornem mais competitivas quanto à qualidade do produto, custos e prazos. A pesquisa aborda a filosofia da Engenharia Simultânea (ES), comparando-a com o método tradicional (sequencial) de desenvolvimento de produtos, mostrando as principais diferenças entre ambos e apresenta a importância de implantar a Engenharia Simultânea como uma ferramenta no cotidiano das empresas. A aplicabilidade da Engenharia Simultânea é apresentada através de um estudo de caso e os resultados permitem uma integração do Projeto do Produto com a Produção, agregando informações de confiabilidade, manufatura e montagem e uma melhor comunicação entre diferentes áreas da empresa

Palavras Chave: Desenvolvimento do Produto. Engenharia Simultânea. Produção.

ABSTRACT

In the current scenario, in a competitive market characterized by diversified product launches and reduced life cycle, one of the key areas within a company is the product development process. As a result, strategic planning and process methods are needed in the developments that allow the integration of the areas of Product Design and Production. This dissertation aims to evaluate and present a system for the application of Simultaneous Engineering, integrating the areas of Product Development and Production, allowing companies to become more competitive regarding product quality, costs and deadlines. The research approaches the Simultaneous Engineering (ES) philosophy, comparing it with the traditional (sequential) method of product development, showing the main differences between the two, and presents the importance of implementing Simultaneous Engineering as a tool in companies' everyday life. The applicability of Simultaneous Engineering is presented through a case study and the results allow an integration of Product Design with Production, aggregating reliability, manufacturing and assembly information and better communication between different company departments

Key words: Product Development. Simultaneous Engineering. Production.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	ESCOPO.....	15
1.2	OBJETIVO GERAL	16
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.4	DELIMITAÇÃO.....	17
1.5	JUSTIFICATIVA.....	17
1.6	METODOLOGIA	20
1.7	ESTRUTURA.....	21
2.	CONCEITOS FUNDAMENTAIS.....	23
2.1	ENGENHARIA SIMULTÂNEA (ES).....	23
2.2	PROJETO DO PRODUTO	29
2.2.1	MODELOS DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS.....	32
2.2.2	O PROJETO PARA A PRODUÇÃO.....	33
2.3	PROJETO DO PRODUTO E INTEGRAÇÃO DE EQUIPES	36
2.4	ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS.....	38
2.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
3.	ENGENHARIA SIMULTÂNEA – APLICAÇÃO E FERRAMENTAS.....	40
3.1	A ENGENHARIA SIMULTÂNEA COMO ARMA COMPETITIVA.....	40
3.2	AS VARIÁVEIS COMPETITIVAS	43
3.2.1	QUALIDADE	43
3.2.2	CUSTO	46
3.2.3	TEMPO	47
3.3	AS FERRAMENTAS PARA A ENGENHARIA SIMULTÂNEA.....	49
3.3.1	AS FERRAMENTAS DE BASE TECNOLÓGICA.....	49
3.3.2	AS FERRAMENTAS DE BASE TÉCNICA.....	51
3.4	TIMES MULTIFUNCIONAIS	53
3.4.1	GRUPOS E TIMES.....	54
3.5	ENGENHARIA SIMULTÂNEA, PADRÕES DE COMUNICAÇÃO E INTEGRAÇÃO INTERFUNCIONAL	56
3.6	VANTAGENS DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA	58
3.7	LIMITAÇÕES DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA.....	59
3.8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
4.	A IMPLANTAÇÃO DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA	62
4.1	IMPLANTAÇÃO DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA NO AMBIENTE INDUSTRIAL.....	62
4.2	OS PRIMEIROS PASSOS	64
4.3	ESTRATÉGIA DE IMPLANTAÇÃO DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA 66	
4.4	PROJETANDO NO AMBIENTE DE ENGENHARIA SIMULTÂNEA....	66
4.5	INCLUINDO OS FORNECEDORES	69

4.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
5.	SOLICITAÇÃO DE ANÁLISE DE PROCESSOS COMO FERRAMENTA DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA	73
5.1	A SOLICITAÇÃO DE ANÁLISE DE PROCESSOS	73
5.2	IMPLANTAÇÃO DA SOLICITAÇÃO DE ANÁLISE DE PROCESSOS	75
	RESULTADO DA ANÁLISE DE PROCESSOS / PROCESS ANALYSIS RESULTS.....	76
5.3	ANALISE DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO AUXÍLIADO POR SISTEMA COMPUTACIONAL.....	79
5.4	UTILIZAÇÃO DO SISTEMA WORKFLOW PARA ANALISE DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO	81
5.5	REDUZINDO O NUMERO DE ALTERAÇÃO TÉCNICAS DE PROJETO	83
5.5.1	IDENTIFICANDO E PROPONDO ALTERAÇÕES DO PRODUTO PELA ENGENHARIA DE MANUFATURA	84
5.5.2	SUGERINDO ALTERAÇÕES TÉCNICAS DO PROJETO.....	84
5.5.3	ALTERAR INFORMAÇÕES TÉCNICAS DO PRODUTO.....	85
5.6	IMPLEMENTAR MUDANÇAS.....	86
5.7	O IMPACTO DA ALTERAÇÃO TÉCNICA DO PRODUTO E SUA RELAÇÃO COM A SOLICITAÇÃO DE ANÁLISE DE PROCESSOS	88
5.8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	89
6.	ESTUDO DE CASO, UM EXEMPLO PARA APLICAÇÃO DA SOLICITAÇÃO DE ANÁLISE DE PROCESSOS	91
6.1	VISÃO GERAL	91
6.2	INFORMAÇÕES SOBRE A EMPRESA ALVO DO ESTUDO	91
6.3	ESTRUTURA ORGANIZACIONAL	93
6.4	APLICAÇÃO DA SOLICITAÇÃO DE ANÁLISE DE PROCESSOS NA EMPRESA.....	94
6.5	RESULTADOS OBTIDOS.....	100
6.6	O USO DA SOLICITAÇÃO DE ANÁLISE DE PROCESSOS NA ROTINA DA ENGENHARIA.....	104
7.	CONCLUSÃO	105
	REFERENCIAS.....	108
	APÊNDICE A.....	115

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Engenharia Sequencial X Engenharia Simultânea.....	24
Figura 2: Efeito de escala de custos de mudanças do produto nos diversos estágios de desenvolvimento.	26
Figura 3: Curva de Comprometimento do Custo do Produto.....	27
Figura 4: Representação das interações entre os principais participantes de uma equipe multidisciplinar genérica de ES.....	37
Figura 5: Modelo formulário Solicitação de Análise de Processos	76
Figura 6: Fluxograma da Solicitação de Análise de Processos.....	79
Figura 7: Exemplo de workflow no processo de aprovação e liberação de documentos.....	82
Figura 8: Representação do Custo de Modificação.....	83
Figura 9: Organograma Estrutural.....	93
Figura 10: Exemplo da região do desenho técnico analisado pela Engenharia de Manufatura utilizando a SAP.....	96
Figura 11: Modelo formulário Solicitação de Análise de Processos Preenchid..	97
Figura 12: Imagem da montagem do produto após alteração técnicas sugeridas pela Engenharia de Manufatura.	98
Figura 13: Montagem final no chassi após alteração do produto.	99

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Engenharia Tradicional versus Engenharia Simultânea	25
Tabela 2: O que é e o que não é Engenharia Simultânea.....	28
Tabela 3: Diferenças conceituais entre grupos de trabalho e times.	55
Tabela 4: Diferenças entre a estrutura tradicional e a de times.	55

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Numero de alterações técnicas	100
Gráfico 2: Comparativo do Tempo necessário para processar alterações técnicas.....	101
Gráfico 3: Gastos com Alterações Técnicas.....	103

LISTA DE ABREVIATURAS

ANFAVEA: Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores

CAD: Computer-Aided Design ou Engenharia Assistida por Computador

CAM: Computer-Aided Manufacturing ou Manufatura Assistida por Computador

CEP: Controle Estatístico de Processos

DFA: Design for Assembly ou Projeto para Montagem

DFM: Design for Manufacturing ou Projeto para Manufatura

DFMEA: Design Failure Mode and Effect Analysis ou Análise dos Efeitos e Modos de Falha para o Projeto

ECR: Engineering Change Request ou Pedido de Mudança de Engenharia

EM: Engenharia de Manufatura

ES: Engenharia Simultânea

GDP: Gerenciamento de Projetos

PDP: Processo de Desenvolvimento do Produto

PPGEM: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

PVF: Projeto voltado para Manufatura

PVM: Projeto voltado para Montagem

QFD: Quality Function Deployment ou Desdobramento da Função Qualidade

SAP: Solicitação de Análise de Processos

SM: Solicitação de Modificação

TQM: Total Quality Management ou Gestão da Qualidade Total

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta o escopo, o objetivo geral, os objetivos específicos a serem atendidos, provê um pano de fundo e apresenta a motivação para o desenvolvimento desta pesquisa. Apresenta, ainda, a metodologia adotada para a realização da pesquisa e a forma como esta dissertação está organizada.

1.1 ESCOPO

Esta dissertação versa sobre a aplicação de Engenharia Simultânea (ES) para a integração entre as áreas de projeto do produto com a produção. ES é uma abordagem que antecipa para as fases iniciais do desenvolvimento de um produto requisitos oriundos dos processos subsequentes do ciclo de vida do produto.

A utilização da ES tem sido bastante discutida na literatura especializada, considerando que as profundas mudanças organizacionais e culturais não são muitas vezes facilmente aceitas. Apesar de muitos estudos mostrarem casos de sucesso ao adotar a ES, ainda são casos mais pontuais, na maioria das vezes esta implantação não é feita por completo, prejudicando o processo de desenvolvimento de novos produtos.

As empresas têm variado o modo de implantação da ES. Algumas começam por adotar avançados sistemas CAD integrados, outras iniciam pela formação de equipes multidisciplinares de desenvolvimento. Mas poucas são as companhias que tem a compreensão abrangente da Engenharia Simultânea para eficiente implantação (EVANS, 1993).

Esta dissertação tem sua aplicação no desenvolvimento de uma sistemática que faz o uso de uma ferramenta da ES para análise do processo de fabricação na fase do projeto do produto, prescrevendo meios formais de transferência de informações entre as fases do desenvolvimento e a produção de um novo produto.

1.2 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desta dissertação é realizar uma exploração das bases teórico-conceituais da Engenharia Simultânea e apresentar importância de sua aplicação prática, fazendo uso de uma ferramenta para integrar as áreas de Projeto do Produto e Produção durante a fase de conceituação e do projeto do produto, permitindo que se utilize das experiências e conhecimento “de quem produz para quem projeta”, a fim de maximizar os ganhos no processo de desenvolvimento do produto.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste trabalho são discutir, avaliar e sugerir uma sistemática de Engenharia Simultânea entre as áreas de projeto de produto e produção, preenchendo um vácuo existente na comunicação técnica entre as áreas de projeto, produção e fornecedores, criando meios formais para transferência de informações entre fases de desenvolvimento de produto e apresentar os resultados esta ferramenta da ES proporciona, de modo à:

- Antecipar o desenvolvimento das interfaces para a fase de projeto, de modo a desenvolver o conceito do produto de forma mais integrada;
- Agregar informações de confiabilidade, manufatura e montagem na definição da arquitetura do produto;
- Reduzir o tempo para desenvolvimento de um novo produto;
- Melhorar a comunicação entre diferentes áreas da empresa;
- Capacidade de alavancar o trabalho em equipe e tomada de decisão;
- Permitir uma relação estratégica com os fornecedores;
- Permitir a correção antecipada do produto;
- Reduzir gastos com correções do projeto;
- Reduzir custo do produto;
- Melhorar qualidade do produto.

1.4 DELIMITAÇÃO

O conceito de ES pode ser entendido de diversas maneiras no desenvolvimento de produtos. Pode ser entendido como a interseção entre as várias áreas do conhecimento envolvidas no projeto, pode ser a interface entre os elementos que formam um princípio de solução que cumpre determinada função, pode ser a interface entre o projetista e o problema de projeto, pode ser também a interface entre o produto em projeto e o ambiente que o cerca (inclusive com o usuário) ou pode ser a interface entre as funções ou princípios de solução associados a estas. Por ser um tema tão abrangente é necessário que se faça um recorte do mesmo.

Por isso, o presente trabalho foca-se na aplicação da ES entre as áreas de desenvolvimento de produto e produção industrial. Procurar-se a enfatizar os benéficos obtidos utilizando uma sistemática focada na redução dos prazos de desenvolvimento de um novo produto, reduzindo o número de alterações técnicas e custos de produção para o produto com enfoque nas áreas de projeto do produto e produção.

1.5 JUSTIFICATIVA

Para que uma pesquisa tenha relevância científica é necessário que existam justificativas para isso. Salomon (2004) aponta que os problemas relevantes para a ciência são aqueles que possuem relevância operativa, contemporânea e humana.

Como relevância operativa, se entende aquele problema que em sua solução demanda geração de novos conhecimentos. A relevância operativa do presente trabalho se refere, inicialmente, ao interesse crescente de desenvolvimento das fases iniciais do projeto de um novo produto constatado por estudos nos meios científicos da área de metodologias de projetos. Diversos autores (ROZENFELD et al, 2006; JIAO et al, 2005; ANDRADE E FORCELLINI, 2007), apontam a necessidade de se antecipar determinadas atividades e tarefas para as etapas

iniciais do projeto. Isto implica dizer que pela ES pode-se desenvolver o produto de uma maneira mais integrada e breve, principalmente pela disponibilidade crescente de meios computacionais de apoio ao projeto e pelo uso de experiências e integração entre equipes multifuncionais.

Assim, o desenvolvimento de uma sistemática de desenvolvimento de interfaces no projeto conceitual vem ao encontro do acima exposto uma vez que busca, com a antecipação da definição das interfaces do produto, reduzir o grau de incerteza existente nas tomadas de decisão bem como melhorar os processos de seleção e especificação técnica do projeto.

Entretanto, o desenvolvimento das interfaces requer uma série de conhecimento técnicos para produzir um determinado produto, que muitas vezes o projetista ou mesmo o engenheiro de projetos não possuem, necessitando o conhecimento da equipe de Manufatura/Produção ou mesmo dos operários do chão de fábrica, que muito podem contribuir para o sucesso de um determinado projeto. Essa contribuição do pessoal da Engenharia de Manufatura/Produção não pode ser desperdiçada e fará que o projeto de um produto se torne mais ágil, uma vez que as equipes (Projeto e Produção) trabalhem de forma integrada.

Mudanças tecnológicas contínuas estão relacionadas com a necessidade das empresas sempre estar atualizando ou lançando novos produtos. Na indústria em geral, o desenvolvimento de novos produtos se tornou essencial para a competitividade das empresas que precisará se adaptar à evolução tecnológica e lançar novos produtos na mesma velocidade que surgem novas tecnologias. Desenvolver novos produtos com maior rapidez, mais eficiência, e mais efetividade é a grande meta competitiva. A velocidade no desenvolvimento de um novo produto, segundo Hamel e Prahalad (2005), “é um componente muito importante da capacidade de passar à frente da concorrência”.

No atual ambiente de rápida mudança e severa competição (ALVAN e AYDIN, 2009) e a necessidade de se lançar novos produtos o mais rápido possível, obrigou as empresas a adotar a ES entre áreas multifuncionais. Teoricamente, esse conceito resulta em alterações importantes na organização do trabalho, que passa a ser executado em times envolvendo pessoas de diversas áreas, atuando em conjunto do início ao fim dos projetos, ou seja, a "Engenharia Simultânea é a integração do projeto do produto e de processo em toda a empresa" (FINGER, 2002).

Apesar do caráter multidisciplinar, a atuação das áreas funcionais no desenvolvimento de produtos se dá, tradicionalmente, de forma sequencial e isolada. As atividades de uma área só são iniciadas quando as atividades anteriores forem concluídas (CLAUSING, 1994). Essa abordagem tradicional de desenvolvimento de produtos resulta em ciclos de desenvolvimento excessivamente longos (PRASAD, 1996). Além disso, uma grande quantidade de alterações ocorre muito tardiamente, quando o custo de modificações é mais alto, já que um número maior de decisões já tomadas precisa serem invalidado (SYAN, 1994).

Segundo Peixoto (1998), percebe-se que a competitividade é fortemente relacionada com o desenvolvimento de produto, embora não determinada exclusivamente por esse processo. Isso porque, de um modo ou de outro, a capacidade da empresa responder satisfatoriamente a todas as exigências que lhe são impostas pelo mercado competitivo é direta e fortemente influenciada pelo desenvolvimento de produto. Para exemplificar, pode-se citar que, segundo Asiedu e Gu (2010), Kaplan e Cooper (1998) e Ragatz et al (1997), de 75% a 85% do total do custo de um produto, em todo seu ciclo de vida, é determinado nos estágios iniciais do seu projeto.

Acredita que a sistemática a ser desenvolvida auxiliará na integração entre o projeto e a produção, visto a importância de um projeto de um novo produto desde as fases iniciais, motivando essa dissertação a seguir o conceito “todo trabalho deve ser desenvolvido em parcerias”, seja entre áreas multifuncionais das empresas ou com os fornecedores. Esta integração entre equipes provoca uma redução tempo de desenvolvimento e, conseqüentemente do *time-to-market*. Também em função disso há uma redução do custo do produto e aumento da competitividade da empresa. Dentro do mercado globalizado este pode ser um diferencial para as empresas e assim, uma garantia de sobrevivência das mesmas.

Espera-se também que o método desenvolvido seja viável para aplicação nas indústrias e não apenas nos ambientes de pesquisa.

1.6 METODOLOGIA

Segundo Silva e Menezes (2005), a metodologia tem como função mostrar e como andar no “caminho das pedras” da pesquisa, ajudando a refletir e instigar um olhar sobre o mundo, um olhar curioso, indagador e criativo.

Em termos da natureza desta pesquisa, pode-se dizer que é uma pesquisa aplicada, pois objetiva gerar conhecimento para verificar os resultados da aplicação prática da ES, visando um aumento na antecipação de informações de modo gerar requisitos para as etapas iniciais de desenvolvimento do produto. Do ponto de vista da sua abordagem, esta é uma pesquisa qualitativa e quantitativa, pois envolve uma verificação em todos os aspectos do tema abordado, sejam eles processos, tarefas ou atividades, sendo os resultados traduzidos em números.

Sob os aspectos de seus objetivos, esta é uma pesquisa explanatória, realizada a partir de levantamento bibliográfico nas áreas de ES e aplicações práticas. Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, foi utilizada uma pesquisa bibliográfica, consulta a especialistas dos temas abordados como citado acima, e um estudo de caso, pois a realização dessa pesquisa inclui a realização da adição da sistemática de ES proposta em uma determinada empresa.

A fim de obter fundamentação teórica, conceitos e definições para o desenvolvimento deste trabalho, além das interações constantes com especialistas, uma busca intensa de referências bibliográfica e até mesmo a participação deste autor no curso específico de Engenharia Simultânea na organização SAE (*Society of Automotive Engineers*).

Com o objetivo definido, o trabalho foi realizado em algumas etapas, sendo a primeira delas um aprofundamento na revisão bibliográfica, com base inicial em documentos e recomendações práticas da ES e de outros documentos relevantes, além da interação com os especialistas da área. Na sequência, foi realizado um estudo de caso, aplicando a ES de forma disciplinada dentro de uma determinada empresa.

O Estudo de Caso permite estudar com profundidade um problema de modo a poder estabelecer parâmetros ou comparações por meio dele. Gonsalves (2003) aponta que o estudo de caso:

(...) é o tipo de pesquisa que privilegia um caso particular, uma unidade significativa, considerada suficiente para análise de um fenômeno. Retrata a realidade específica e a multiplicidade de aspectos globais. (...) objetiva colaborar na tomada de decisões sobre o problema estudado, indicando as possibilidades para a sua modificação (GONSALVES, 2003).

Neste trabalho, o Estudo de Caso procurará validar a sistemática proposta com base nas informações levantadas para a identificação do problema de pesquisa. Serão realizados estudos de caso na área de projetos de sistemas mecânicos, ou seja, procurar-se á enfatizar projetos que possuam interfaces mecânicas. Esta é uma limitação necessária para não se correr o risco de tornar a pesquisa excessivamente ampla.

Assim, o modelo proposto será aplicado em pesquisas nas quais foi utilizado uma ferramenta de desenvolvimento sistemático de produtos, integrando as áreas de produto e produção, focando características de confiabilidade, manufatura e montagem do projeto de produtos desenvolvidos a partir das concepções levantadas.

1.7 ESTRUTURA

Esta dissertação está estruturada em sete capítulos.

O Capítulo 1 faz uma introdução do trabalho realizado, apresentando o escopo, os objetivos geral e específicos, a motivação para a realização da pesquisa, a metodologia adotada e a forma como a dissertação está estruturada.

O Capítulo 2 apresenta os conceitos fundamentais para entendimento e compreensão deste trabalho, a saber, uma visão geral de ES e a forma tradicional de projeto sequencial, desenvolvimento do produto e integração entre equipes.

O Capítulo 3 apresenta de forma sucinta o que foi encontrado na literatura sobre que outros autores estão realizando sobre os tópicos principais deste trabalho, a respeito da aplicação da ES, ferramentas, vantagens e limitações.

O Capítulo 4 discorre de forma mais detalhada sobre implantação da ES.

O Capítulo 5 apresenta a proposta de implantação da Solicitação de Análise de Processos como ferramenta para aplicação da ES, buscando demonstrar todos

os processos e/ou atividades que estejam relacionados com o processo de desenvolvimento de um novo produto.

O Capítulo 6 apresenta o estudo de caso e os resultados obtidos com a implantação da ES no processo de desenvolvimento do produto e finalmente, o Capítulo 7 apresenta as conclusões e oportunidades futuras.

2. CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Este capítulo destina-se a apresentar conceitos fundamentais da ES, projeto de desenvolvimento do produto e integração entre equipes.

2.1 ENGENHARIA SIMULTÂNEA (ES)

No início dos anos 80 foi iniciado um estudo pelo *Defense Advanced Research Project Agency* (DARPA) para aumentar o grau de paralelismo das atividades, reduzindo o ciclo de desenvolvimento dos produtos. O estudo realizado pelo DARPA definiu Engenharia Simultânea (ES), como uma abordagem sistemática para o desenvolvimento integrado e paralelo do projeto de um produto e os processos relacionados, incluindo manufatura e suporte.

Essa abordagem procura fazer com que as pessoas envolvidas no desenvolvimento considerem, desde o início, todos os elementos do ciclo de vida do produto, da concepção ao descarte, incluindo qualidade, custo, prazos e requisitos dos clientes. (WINNER et al., 1988 apud PRASAD, 1996).

A partir deste período surgiram novos estudos e o conceito de Engenharia Simultânea tornou-se mais abrangente; como define Kruglianskas (1995) “a engenharia simultânea como modelos de gestão do desenvolvimento do produto”. Outras definições da ES e suas fontes são conforme segue:

Engenharia Simultânea é uma abordagem sistemática que considera todos os aspectos do gerenciamento do ciclo de vida do produto incluindo a integração do planejamento, projeto, produção e fases relacionadas. (PRASAD, et al., 1998).

Engenharia Simultânea é um termo aplicado para uma filosofia de cooperação multifuncional no projeto de engenharia, a fim de criar produtos que sejam melhores, mais baratos e introduzidos no mercado mais rapidamente. (SMITH, 1997).

Engenharia Simultânea é uma abordagem sistemática para o projeto simultâneo e integrado de produtos e de processos relacionados, incluindo manufatura e suporte. Procura considerar todos os elementos do ciclo de vida do produto desde a concepção até a disposição, incluindo qualidade, custo, programação e requisitos dos usuários. (SPRAGUE, et al., 1999).

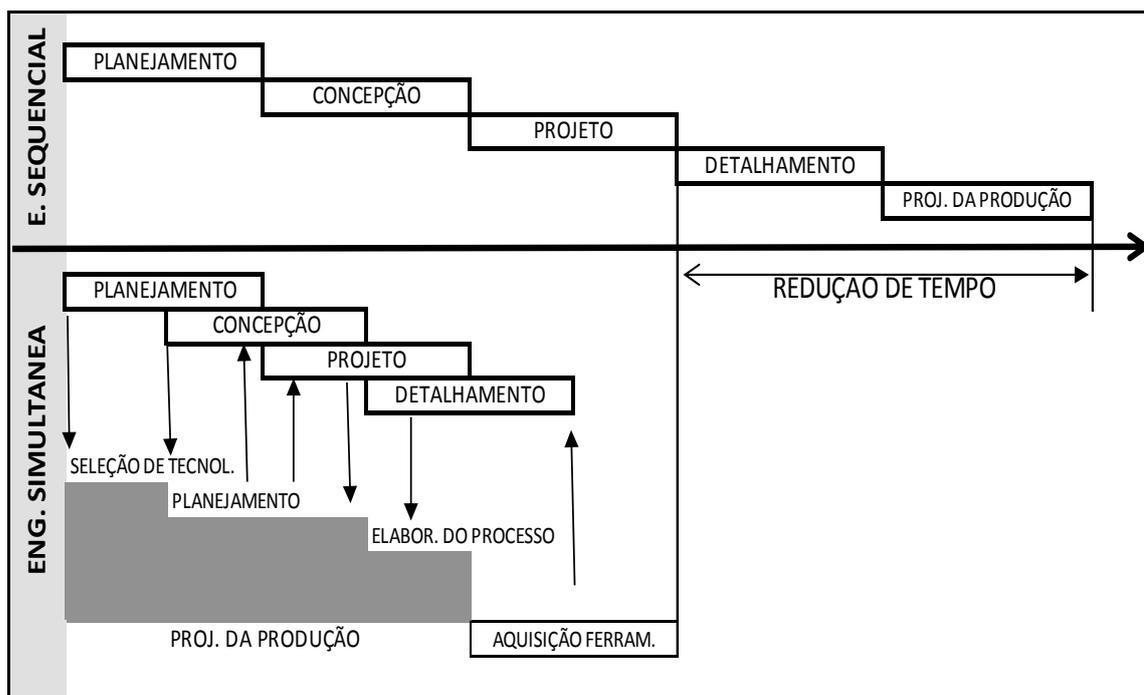
Engenharia Simultânea é a integração do projeto do produto e de processo em toda a empresa. (FINGER, 1993).

Engenharia Simultânea é tipicamente definida como “a integração dos processos de projeto, do produto e de manufatura”. O objetivo desta integração é reduzir o tempo de desenvolvimento do produto, reduzir o custo e fornecer um produto que melhor atenda às expectativas dos clientes. (NOBLE, 1993 apud ROMANO, 2000).

Uma forma simples de entendimento da ES é que ela antecipa e traz para as etapas iniciais de desenvolvimento (concepção) do produto as necessidades de cada processo do seu ciclo de vida. Desta forma, podem-se identificar melhorias e evitar mudanças em fases mais avançadas do produto. Na prática, a ES trata dos processos do ciclo de vida isoladamente e aperfeiçoa o projeto do produto, buscando para cada processo do ciclo de vida um aumento na eficiência (LOUREIRO, 2006).

Dentre as definições da ES é importante destacar que as etapas do projeto devem ser realizadas paralelamente, conforme Takahashi (1996), diferente de forma sequenciada e que as mudanças do produto, se necessárias, devem acontecer o quanto antes, o que torna o processo mais rápido, vantajoso e econômico, conforme representado na Figura 1.

Figura 1: Engenharia Sequencial X Engenharia Simultânea.



Fonte: Weck (1991) adaptado Takahashi (1996).

Ao se comparar a Engenharia Simultânea com a Engenharia sequencial, pode se dizer que a ES é uma evolução, capaz de antecipar a detecção de problemas. “A Engenharia Simultânea concentra as tendências de forma coerente e substitui as melhorias em pequenas doses por ganhos em todos os aspectos do produto.” (HARTLEY, 1998).

Como observado na Figura 1, a ES é a execução em paralelo de algumas fases e tarefas do desenvolvimento de produto. Desse modo, o desenvolvimento do produto torna-se um processo composto de fases executadas paralelamente e de outras executadas sequencialmente (SMITH e EPPINGER, 1998; HAUPTMAN e HIRJI, 1996; KING e MAJCHRZACK, 1996; KRISHNAN, 1996; NUMATA e TAURA, 1996 e SCHNIEDERJANS e HONG, 1996).

A escolha do modo de execução das atividades “se simultâneo ou se sequencial” deve considerar, primordialmente, o risco de a sobreposição aumentar o custo e/ou o tempo de desenvolvimento (KRISHNAN, 1996). Para o sucesso do desenvolvimento da ES é sugerido por Krishnan (1996) que sejam observadas as mudanças nas perspectivas organizacionais requeridas para a transição, cujas características comparativas entre a visão tradicional e a da ES são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Engenharia Tradicional (sequencial) Versus Engenharia Simultânea

Sob a visão da Engenharia Sequencial	Sob a Visão da Engenharia Simultânea
A informação do projeto é transmitida apenas uma vez - na forma finalizada,	A informação é trocada muitas vezes, bem antes de ser finalizado,
A informação do projeto é disponível para mudanças somente no fim da fase de geração,	A troca de informações pode ocorrer em pontos intermediários da fase de geração,
A duração das fases é constante, sem nenhuma interação planejada,	As fases possuem durações variáveis para incorporar mudanças de projeto nas interações futuras,
Pontos intermediários na evolução da informação do produto não são reconhecidos,	O conhecimento da evolução é usado na execução das fases simultaneamente,
O efeito de mudanças nas trocas de informações é ignorado,	A troca de informações é usada em paralelo nas fases que se juntam,
A comunicação entre fases é mínima,	A comunicação entre fases é frequente. Não somente no conteúdo da informação trocada varias vezes, mas também nos níveis de detalhe como evolução e sensibilidade.

Fonte: Krishanan (1996).

Do modo tradicional, a visão de materiais, segurança, manutenção, manufaturabilidade e custo, somente poderiam surgir após o projeto estar completo; na ES estão sendo considerados desde o início do projeto. O maior benefício da ES

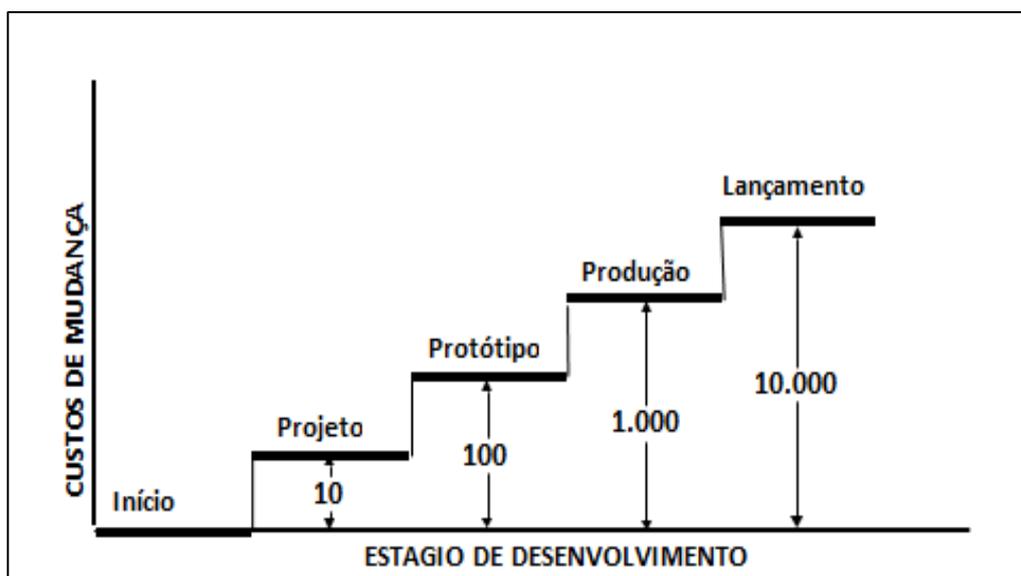
é diminuir o ciclo de fabricação dramaticamente, através de ganhos entre a transferência eficiente dos dados de projeto para o chão de fábrica através de sistemas como CAD e CAM (BEERCHECK, 1990).

Posteriormente, na fase de fabricação, Faria (1998) aponta como resultado da desagregação entre projeto do produto e projeto de processo, a necessidade de modificações e adaptações, em fases que se aproximam do lançamento, aumentando os custos e arriscando a qualidade do produto. Já Ogliari (2000) complementa que mudanças em estágios avançados de desenvolvimento, podem comprometer o empreendimento e as relações com os stakeholders.

Junto a esse panorama, Hartley (1998) cita a antipatia natural entre projetistas de produto e engenheiros de processos, dificultando ainda mais a integração das equipes. Na engenharia convencional, a experiência e conhecimento dos profissionais da manufatura são pouco aproveitados.

Quando o projeto chega até a produção, suas opiniões enfrentam resistência por parte dos projetistas, além de haver pouco tempo para construir uma célula de teste e confirmar os novos métodos propostos. Caso a Engenharia de Produto ou a Engenharia de Manufatura observe a necessidade de alteração de um produto e essa alteração ocorre tardiamente, essa necessidade afeta diretamente a finanças da empresa (BACK E FORCELLINI, 2003).

Figura 2: Efeito de escala de custos de mudanças do produto nos diversos estágios de desenvolvimento

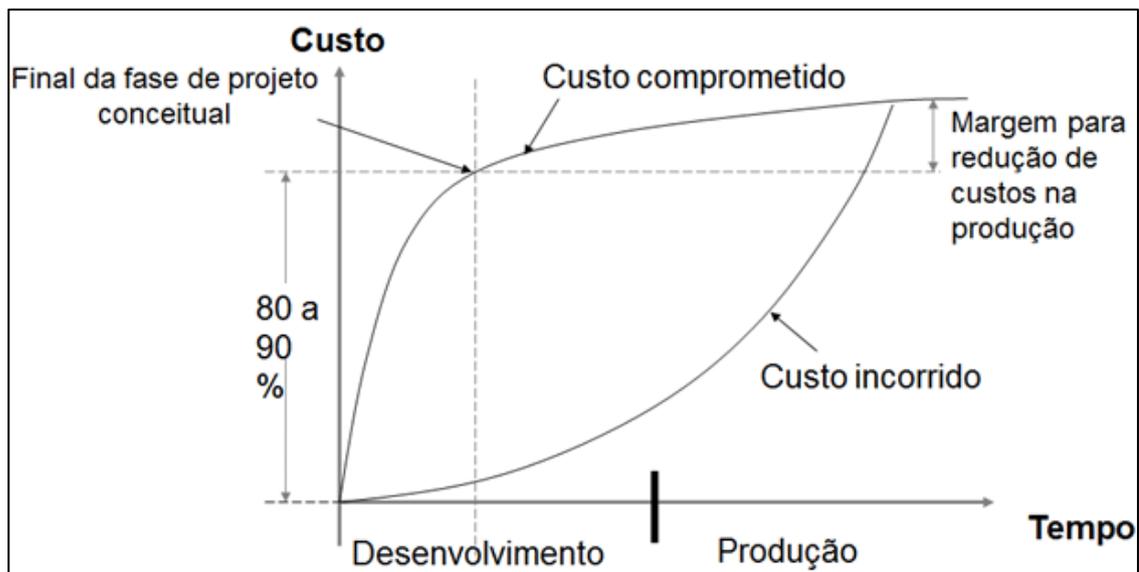


. Fonte: Back e Forcellini (2003).

Conforme representado na Figura 2, Back e Forcellini (2003) mostra que mudanças promovidas em estágios avançados de desenvolvimento do produto podem, em função da elevação geométrica dos custos, comprometer o projeto como um todo. Este exemplo de Back e Forcellini (2003) reforça a importância de se adotar práticas adequadas para o desenvolvimento de produtos, procurando-se minimizar decisões empíricas ou por tentativa e erro. Ainda, sugere que abordagens tradicionais de projeto devem ser revistas, principalmente com relação ao envolvimento dos vários interessados no desenvolvimento do produto, já que as decisões posteriores da fase de desenvolvimento podem afetá-los diretamente.

A maioria das decisões – ou, pelo menos, as mais importantes – devem ser tomadas nas fases iniciais do projeto do produto, justamente na etapa onde o número de incertezas é muito grande (ROZENFELD et al., 2006), devido à falta de informação ou dificuldade de enxergar o real objetivo do projeto. Estima-se que os custos de projeto são da ordem de 5% do custo total do produto, porém, os efeitos das decisões tomadas nesta fase ultrapassam os 70% (ROZENFELD et al., 2006), como pode ser visto na Figura 3.

Figura 3: Curva de Comprometimento do Custo do Produto.



Fonte: ROZENFELD. (2006)

Grande parte dos empreendimentos se torna inviabilizada, pelo fato das empresas considerarem rodadas de reprojeção do produto e do processo para

correções e ajustes de conceitos, como parte integrante do processo de desenvolvimento de produtos, ao invés de tratar estas questões nas etapas iniciais do projeto.

Nessa direção, têm surgido diferentes propostas para o desenvolvimento de produtos baseados na ES. A lógica por trás deste raciocínio é que quanto mais cedo o problema for descoberto, mais fácil e menos oneroso será corrigi-lo. Profissionais da ES afirmam que ela promove o aumento da qualidade do produto, maior rapidez de desenvolvimento e menores custos tanto para os desenvolvedores como para o usuário (WISEGEEK, 2003).

Em função de todas estas colocações, Evans (1993) procura esclarecer numa linguagem coloquial, mais voltada para a fábrica, através da Tabela 2, resumidamente o que é e o que não é ES. Deste modo, pode-se notar que segundo Evans (1993), a ES é algo atingível e factível desde que haja disposição para mudança no pensamento de toda a sistemática de desenvolvimento de um produto.

Tabela 2: O que é e o que não é Engenharia Simultânea

Engenharia Simultânea é:	Engenharia Simultânea não é:
Busca na cooperação	Cara
Muito bom para vocês	Alta tecnologia
Um pacote de ferramentas	Complicada
Fácil de implantar	Alto risco
Diferente para cada um	Uma grande implementação
Orientada ao cliente	Uma cultura
Repensamento do processo do projeto	Impossível de iniciar
Demanda de gerenciamento	Alguma coisa para o próximo ano

Fonte: Evans (1993).

Para Hartley (1998) apud Romano (2000), a ES pode, a princípio, ser aplicada com benefícios para qualquer tipo de processo produtivo, independente do porte da organização ou ramo de atividade. Essa flexibilidade permite, por outro lado, variações nas definições e abordagens da ES, que se adaptam conforme os objetivos, o ambiente produtivo e as necessidades levantadas. As empresas que usam conceitos da ES podem focar na atividade que lhe é primordial.

2.2 PROJETO DO PRODUTO

Projeto em si é a parte conceitual do produto que poderá vir a ser produzido, tendo como objetivo primordial a satisfação das necessidades de seus eventuais consumidores, concomitante aos recursos disponíveis e objetivos de desempenho estabelecidos para o produto/serviço. Slack (2002) conceitua projeto como os processos através do qual as exigências funcionais das pessoas são satisfeitas com o uso do produto, que representa a tradução física do conceito. Enquanto Corrêa (2006) define projeto como um conjunto de atividades inter-relacionadas para produzir um resultado definido dentro de um prazo determinado, utilizando recursos específicos.

A arquitetura do produto ou configuração do produto pode ser definida, segundo Ulrich (2004), como sendo o arranjo de elementos funcionais de modo que a partir destes se obtenham os componentes físicos e então se especifique as interfaces entre os componentes físicos que interagem entre si. A importância da definição da arquitetura do produto é assinalada por Anderson (2004) o qual aponta que “60% do custo cumulativo do ciclo de vida do produto é determinado até a fase de otimização da arquitetura do produto” e por Dahmus e Otto (2001) que colocam que “determinar a arquitetura do produto é um passo crítico em qualquer atividade de desenvolvimento de produto”.

Já a estrutura do produto, é definida por Gomes Ferreira (1997) como sendo “a representação de um produto através de suas entradas e saídas desejadas”, já segundo Rozenfeld et al (2006), a estrutura do produto é “a representação, de forma hierárquica e estruturada, da lista de funções que o produto deve possuir”. Para a determinação da estrutura funcional do produto é necessário que se trabalhe com elementos que definam o comportamento desejado para o produto. Estes elementos são denominados de funções. As funções são responsáveis pela representação abstrata do produto, ou seja, a função é modelada como uma “caixa-preta”.

Segundo os autores, isto se faz de forma a representar o produto “dissociado de qualquer sistema físico concreto” (GOMES e FERREIRA, 1997) o que propicia uma manipulação mais fácil dos componentes formadores do produto. Além disso, deve-se considerar que “em um sistema técnico, apenas as propriedades de

energia, material e sinal, bem como os seus fluxos é que são alterados” (BACK 1983).

É importante que se diferencie arquitetura do produto de estrutura do produto. A primeira diz respeito ao arranjo em módulos ou agrupamentos funcionais de modo a definir a forma de combinação destes elementos. Já a estrutura do produto está ligada diretamente ao conceito de estrutura funcional o qual diz respeito às funções e fluxos de energia, material e sinal que compõem o produto conforme mostrado nas definições acima.

A partir das funções, da estrutura funcional e da arquitetura do produto são obtidos os princípios de solução. Estes são os meios físicos pelos quais as funções são implementadas. Roozenburg e Eekels (1995) apontam que um princípio de solução, “é a representação idealizada da estrutura de um sistema ou subsistema, na qual as características dos elementos e as relações que são essenciais ao seu funcionamento são qualitativamente determinadas”.

Pela união dos princípios de solução obtém-se a Concepção do Produto. Esta, segundo Gomes Ferreira (1997), pode ser definida como “(...) uma ideia do que é ou do que possa vir a ser o produto”. Outra definição é apresentada por Rozenfeld et al (2006). Nesta os autores apontam que concepção do produto:

(...) é uma descrição aproximada das tecnologias, princípios de funcionamento e formas de um produto, geralmente expressa através de um esquema ou modelo tridimensional, que, frequentemente pode ser acompanhado por uma explicação textual. É uma descrição concisa de como o produto irá satisfazer as necessidades dos clientes. Pode conter a estrutura inicial do produto mostrando as relações entre os sistemas, subsistemas e componentes principais. (ROZENFELD et al., 2006).

A partir desta definição pode-se constatar que a concepção para um produto nada mais é que a geometria do mesmo. Para a determinação desta concepção é necessário que se agrupem informações de diversas áreas envolvidas no projeto tais como: a manufatura, montagem, vendas, distribuição, descarte, entre outras. Estas áreas estão ligadas ao que Fonseca (2000) chama de Ciclo de Vida do produto.

A natureza do projeto é a tradução do conceito, a partir da especificação detalhada, em um produto em consonância com os objetivos de desempenho (qualidade, rapidez, confiabilidade, flexibilidade e custo) propostos, pois estes

afetam diretamente na escolha do produto/serviço pelos consumidores (SLACK, 2002).

Um ponto crucial para Slack (2002) ao desenvolvimento de um projeto de produto é a criatividade, desde sua concepção (ideia) até o detalhamento final do projeto (especificação), visto que a competitividade do produto depende das escolhas que o projetista irá fazer durante as etapas do projeto em relação às inovações que o diferenciará dos demais existentes no mercado. Para minimizar erros de tomada de decisões utiliza-se o balanceamento entre criatividade e avaliação, segundo critérios de viabilidade, aceitabilidade e vulnerabilidade do projeto (SLACK, 2002).

Ao desenvolver novos produtos, no tocante à participação de mercado, é crucial o tempo que será despendido desde a concepção do projeto até a efetiva chegada do produto no mercado. Segundo Davis (2001) o mercado está cada vez mais competitivo, mudando a todo instante devido à necessidade de reagir às inovações e ao ciclo de vida dos produtos estarem mais curtos. Os objetivos do projeto, na visão de Stevenson (2001), é satisfazer aos clientes e obter lucro razoável.

Para Corrêa (2006) as fortes pressões competitivas do mercado globalizado levam os projetistas a buscarem a redução dos tempos de ciclo dos produtos, além de aliar os objetivos estratégicos da organização com as decisões táticas de cada função. E uma boa pesquisa de marketing dá a organização o escopo do qual ela precisa para manter as margens de lucro desejadas, com os constantes lançamentos de novos produtos no mercado (DAVIS, 2001).

Para Stevenson (2001) há um elo entre projeto e sucesso organizacional, uma vez que os produtos são a essência de qualquer organização e quando bem projetados conseguem realizar as metas melhor do que as demais. A criação de produtos inovadores dentro das empresas tem se mostrado ponto crucial para o estabelecimento no mercado, este cada vez mais competitivo.

Quando se tem um projeto de produtos que satisfaz as necessidades dos consumidores e atende às suas expectativas, tem-se um viés à vantagem competitiva da organização, pois sabidamente o projeto de produtos e serviços inicia-se e termina com o consumidor, relata Slack (2002). Portanto, ao projetar produtos, o projetista esculpe cuidadosamente o conceito segundo os desejos dos clientes, o pacote composto pelo produto e o processo pelo qual o produto será

produzido, já que os consumidores observarão cuidadosamente os benefícios atuais e futuros que o produto/serviço proporcionará.

Corrêa (2006) enumera dois princípios básicos para projeto em manufatura: simplificação, ao reduzir o número de partes e componentes do produto para que se torne mais simples e barato sem perder a qualidade; e padronização, ao intercambiar peças para permitir maiores economia de escala, rapidez e facilidade de manutenção e menores estoques. Claro que sem deixar de lado os elementos principais do projeto de produto, a satisfação das necessidades e os desejos dos consumidores.

A facilidade com que a área de produção consegue executar as características do projeto, chamada de manufaturabilidade, levando em conta os custos, o mercado alvo e as funções, é para Stevenson (2001) o fator-chave na produção de bens. Este autor relata ainda acerca do projeto voltado para manufatura (PVF) que leva em conta a forma como o produto será fabricado e o projeto voltado para a montagem (PVM) que leva em conta a forma como o produto será montado, reduzindo o número de peças, os métodos e a sequência do processo.

2.2.1 Modelos de Desenvolvimento de Produtos

Na literatura existem diferentes abordagens de desenvolvimento de produtos. Dentre esses modelos destacam-se os modelos prescritivos. Estes modelos descrevem as fases do projeto na forma de diagramas de desenvolvimento que buscam estabelecer uma sequência lógica para o desenvolvimento de produtos.

Dentre estes modelos pode-se citar o apresentado por Gomes Ferreira (1997) e Ogliari (2000), os quais procuram sintetizar diferentes modelos de projeto em um modelo Denominado “Modelo Consensual”. Este possui uma série de características, entre elas pode se apontar a sua sequencialidade de fases, etapas, tarefas e atividades e a sua disposição didática de representação.

Outra forma de desenvolvimento de produtos é o desdobramento da função qualidade (*Quality Function Deployment* – QFD) proposto por Clausing (1994). Neste modelo o projeto se desenvolve pelo desdobramento sucessivo e evolutivo de diversas matrizes cujas informações levam ao produto final.

Também pode-se citar o modelo axiomático de desenvolvimento de produtos (SUH, 1990). Neste modelo o autor utiliza-se de axiomas de projeto para o atendimento de requisitos funcionais e estabelece os parâmetros de projeto os quais procuram solucionar de forma independente os requisitos apresentados.

Os modelos de projeto de produtos modulares também se apresentam como formas de estabelecer um caminho para a resolução do problema de projeto. Dentre estes modelos encontram-se os de Huang e Kusiak (1996), Ishii (1998), Ulrich e Eppinger (2004), entre outros. Nestas propostas os autores apontam modos de projeto específicos para produtos modulares, baseados em modelos prescritivos e em ferramentas que apontam para a modularização dos produtos.

Por fim, pode-se citar o modelo de Rozenfeld et al (2006). Este modelo procura definir o desenvolvimento do produto como um conjunto das melhores práticas de projeto de produtos. Isto significa que os autores fizeram um apanhado de diferentes modelos e representaram o mesmo num modelo de referência para o Processo de Desenvolvimento do Produto (PDP).

2.2.2 O Projeto para a Produção

A realização do Projeto para a Produção tem o potencial de reduzir custos e melhorar o desempenho do produto, já que todo o processo de produção é pensado antes, o que possibilita a adoção da solução mais adequada. Melhado (1998) observa que a etapa de elaboração do projeto assume relevância na medida em que este funciona como sistematizador e transmissor de informações de caráter essencial à eficiência da atividade produtiva, destacando-se como elo fundamental da cadeia de produção. Melhado (1998) verificam que a partir de um bom projeto torna-se possível elaborar um planejamento e uma programação eficientes, assim como um programa efetivo de controle de qualidade para materiais e execução.

Na opinião de Melhado (1998), o projeto constitui-se em ferramenta importante para diminuição de custos de produção, obtenção do desempenho esperado do produto, e redução da ocorrência de falhas no processo de produção e no produto, pela otimização das atividades de execução. Na opinião de Cambiaghi (1992) “as empresas estão buscando novas tecnologias, novos sistemas

construtivos, custos menores de construção, e tudo isso exige que a concepção do projeto seja pensada junto com o sistema construtivo, para que o desenvolvimento do projeto seja economicamente viável”.

O projeto para produção, definido por Melhado (1998) e comumente descrito em outros trabalhos, tais como Souza (1994), como projeto que integra a fase de projeto à produção, tem sido apontado como mecanismo para solução de diversos problemas da etapa de concepção e desenvolvimento do projeto. Melhado (1998) destacam que a caracterização da produção (projetos para produção) conjuntamente com o desenvolvimento do produto (projetos do produto) tem como uma das funções permitir uma melhor tradução das características e especificações do produto em procedimentos e sequências de produção, minimizando a possibilidade de execução inadequada ou incompleta destas especificações.

A realização do Projeto de um novo produto, voltado com vistas para o processo de produção tem o potencial de reduzir custos e melhorar o desempenho do produto, já que todo o processo de produção é pensado antes, o que possibilita a adoção da solução mais adequada. Melhado (1998) observa que a etapa de elaboração do projeto assume relevância na medida em que este funciona como sistematizador e transmissor de informações de caráter essencial à eficiência da atividade produtiva, destacando-se como elo fundamental da cadeia de produção.

Considerando-se que o projeto de desenvolvimento do produto e a manufatura (produção) estão diretamente relacionados, então é necessário o envolvimento de pessoal destas etapas. Assim, para o desenvolvimento do produto são importantes informações de montagem, manufatura, uso, descarte, manutenção, aparência e custo. Estas informações são detalhadas a seguir:

- Montagem – a montagem diz respeito à união dos componentes que compõem o produto na sua forma final;
- Manufatura – é o processo de fabricação das peças que compõem o produto, onde normalmente existem restrições tecnológicas para a produção;
- Manutenção – meio pelo qual o produto é mantido em operação, isto é cumprindo sua função;
- Ergonomia – está relacionada com as características, habilidades, necessidades das pessoas e com as interfaces entre as pessoas e os produtos;

- Custo do produto – custos associados com o desenvolvimento, produção, operação e descarte do mesmo, deve-se levar em conta o lucro esperado e o lucro obtido com o mesmo.

A partir dessas definições pode-se iniciar um estudo mais aprofundado das técnicas, métodos e ferramentas empregados na fase de projeto conceitual associados ao tratamento de incertezas, geração e evolução de concepções, e definição da forma do produto. Melhado (1998) verifica que a partir de um bom projeto torna-se possível elaborar um planejamento e uma programação eficientes, assim como um programa efetivo de controle de qualidade para materiais e execução.

Na opinião de Melhado (1998), o projeto constitui-se em uma sistemática importante para diminuição de custos de produção, obtenção do desempenho esperado do produto, e redução da ocorrência de falhas no processo de produção e no produto, pela otimização das atividades de execução.

Segundo Cambiaghi (1992) “as empresas estão buscando novas tecnologias, novos sistemas construtivos, custos menores de fabricação, e tudo isso exige que a concepção do projeto seja pensada junto com o sistema construtivo, para que o desenvolvimento do projeto seja economicamente viável”.

O projeto para produção, definido por Melhado (1998) e comumente descrito em outros trabalhos, tais como Souza (1994), como projeto que integra a fase de projeto à produção, tem sido apontado como mecanismo para solução de diversos problemas da etapa de concepção e desenvolvimento do projeto, e praticado na indústria muito recentemente.

Melhado, (1998) destaca que a caracterização da produção (projetos para produção) conjuntamente com o desenvolvimento do produto (projetos do produto) tem como uma das funções permitir uma melhor tradução das características e especificações do produto em procedimentos e sequências de produção, minimizando a possibilidade de execução inadequada ou incompleta destas especificações.

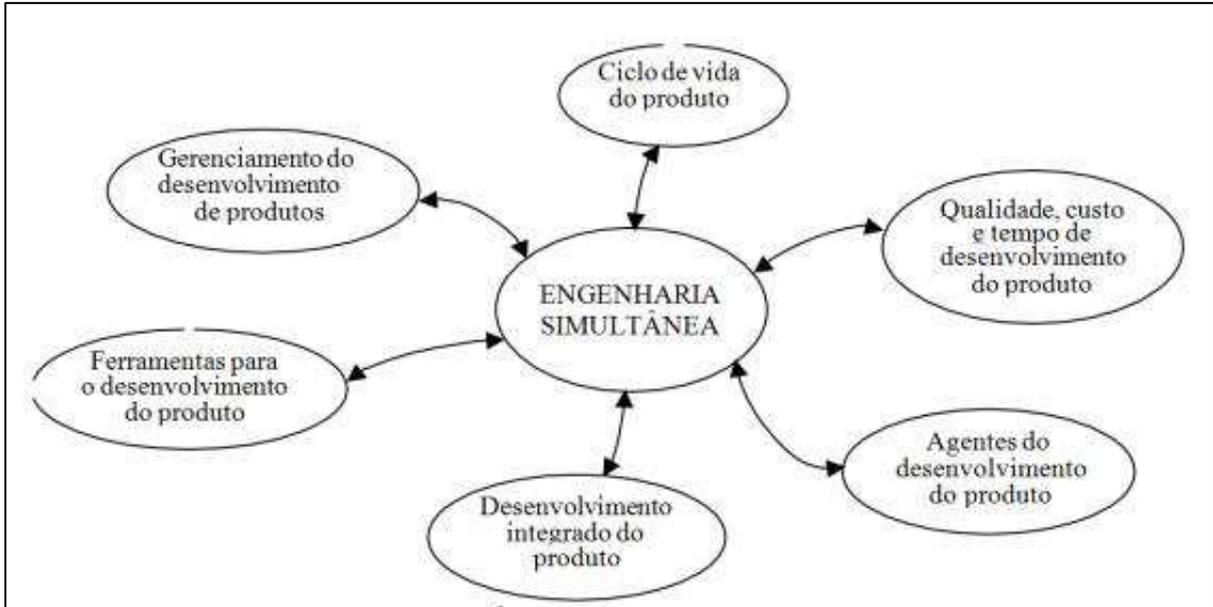
2.3 PROJETO DO PRODUTO E INTEGRAÇÃO DE EQUIPES

O emprego da ES substitui as tentativas de compatibilizar as etapas já acabadas dos projetos e uma característica básica de sua aplicação consiste em que a concepção e o desenvolvimento dos mesmos sejam feitos de forma integrada por equipes multidisciplinares, propriedade não comum nas organizações, requerendo alterações importantes na organização e na cultura dos agentes.

Para adoção de uma equipe multidisciplinar é necessário estabelecer organogramas matriciais ou funcionais, no qual equipes compostas por pessoas de diversas especialidades são reunidas com o objetivo de realizar tarefas com características temporárias e agregar aos projetos a experiência das diferentes funções. E para Hartley (1998), "... o conjunto é muito mais importante do que a soma das partes."

No arranjo da equipe multidisciplinar da ES, ilustrado na Figura 4, tem o papel de interagir com todos os intervenientes do processo e coordenar todas as atividades, associando áreas de interesse e buscar soluções integradas. Será importante representante de cada equipe, como: os projetistas do produto, processos de fabricação, fornecedores, pessoas da produção, controle de qualidade, marketing, vendas, assistência técnica, clientes e usuários para que o projeto seja desenvolvido de forma integrada.

Figura 3: Representação das interações entre os principais participantes de uma equipe multidisciplinar genérica de ES.



Fonte: Back e Ogliari (2001).

A adoção de uma gestão simultânea, permite que os membros da equipe tenham a seu dispor todas as informações sobre o projeto e interagem, planejando simultaneamente e coordenadamente, diferentes aspectos do novo produto. Para Hartley (1998), a força de trabalho, equipe, deve se dedicar integralmente e permanecer unida durante todo o projeto (com poucas ou sem substituição de seus membros).

A falta de integração entre o projeto e a produção, aliada à ausência de metodologias para a gestão da qualidade durante o desenvolvimento do projeto, pode ser considerada o ponto de origem de uma parcela considerável dos problemas com relação à qualidade existentes no setor de projetos.

Dentre as particularidades das empresas de projetos mecânicos, o que dificultam o sucesso da equipe multidisciplinar destaca-se que o desenvolvimento de um projeto pode ser iniciado e interrompido momentaneamente em função de outras diferentes prioridades, com cronograma mais apertado e que os projetistas prestam serviços a mais de um contratante ao mesmo tempo, estando envolvidos simultaneamente em diferentes projetos.

Importante ressaltar que, como o projeto é organizado e gerido de maneira singular, e cada equipe apresenta condições e demandas próprias, requerendo

exclusividade em muitos aspectos, prejudicando uma comunicação mais efetiva com a produção, ou seja, se torna difícil uma integração entre equipes.

2.4 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS

As possíveis alternativas de estrutura organizacional no desenvolvimento de produtos foram agrupadas por Clark e Wheelwright (1993) em quatro tipos básicos: estrutura funcional, “estrutura em time peso leve”, “estrutura em time peso pesado” e time autônomo. Na estrutura funcional tradicional, o desenvolvimento é organizado por departamentos. Os gerentes funcionais são responsáveis pela alocação de recursos e pela realização das atividades atribuídas aos seus departamentos. Ou seja, não existe uma pessoa responsável pelo desenvolvimento como um todo.

Na “estrutura em time peso leve”, existe um gerente de projeto que coordena as atividades de desenvolvimento por meio de representantes nos departamentos. Tais representantes formam o elo entre o gerente de projeto e os especialistas nos departamentos, uma vez que o gerente de projeto não tem autoridade direta sobre as pessoas envolvidas no trabalho.

Na “estrutura em time peso pesado”, o gerente de projeto possui mais responsabilidade e poder de influência. O trabalho é realizado nos departamentos, mas o gerente de projeto possui autoridade direta sobre as pessoas envolvidas no desenvolvimento e grande poder de influência sobre as atividades do projeto. Por fim, nos projetos de desenvolvimento estruturados por times autônomos, as pessoas envolvidas no desenvolvimento são deslocadas de suas áreas funcionais originais e dedicadas integralmente ao projeto (CLARK e WHEELWRIGHT, 1993).

Esta classificação, leva em conta fundamentalmente o tipo de divisão de responsabilidades entre gerentes de projeto, gerentes funcionais e projetistas em geral. Interfere na forma pela qual o trabalho poderá ser organizado, mas por si só não a define: as decisões citadas anteriormente (padrões de comunicação, nível de autonomia, etc.) são fatores relevantes para avaliar o projeto organizacional vigente.

Dessa forma, a natureza da integração interfuncional é definida pelas escolhas que a empresa faz sobre a organização do trabalho dos grupos, seu nível de autonomia, grau de paralelismo das atividades, formas de comunicação, entre

outras. Em outras palavras, a implantação da ES não necessariamente significa o abandono das formas clássicas de organização do trabalho.

Por outro lado, os resultados almejados pela ES parecem complementar com formas de organização do trabalho na qual flexibilidade e autonomia decisória são princípios de projeto organizacional relevante.

2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do que foi exposto neste capítulo, percebe-se que existem diferentes formas de tratamento e redução de incertezas em diferentes áreas do conhecimento, inclusive no campo das metodologias de projeto de produtos. Contudo, também nota-se que não há um caminho definitivo para a resolução destas incertezas.

Fica explícito, então, que o melhor caminho para a resolução das incertezas durante o projeto de um produto é adicionar o máximo de informações possível, o que implica que, para a geração de conceitos, é necessário que mais informações sejam agregadas. Aí entra a necessidade de integração entre projeto do produto com a manufatura. Em desenvolvimento de produtos, erros na concepção do produto repercutem por todo o ciclo de desenvolvimento.

Além dos custos de desenvolvimento, perde-se o consumidor e a oportunidade de negócio. Diante dessa realidade, as organizações buscam o aperfeiçoamento de novos e ágeis métodos para desenvolvimento de seus produtos e processo, para que se tornem cada vez mais competitivas neste parâmetro de desempenho, com isso a engenharia simultânea vem despontando tendência no conceito de projetos em grandes indústrias de vários setores. No próximo capítulo será apresentado aplicação e ferramentas da ES para integração de equipes.

3. ENGENHARIA SIMULTÂNEA – APLICAÇÃO E FERRAMENTAS

Neste capítulo é realizada uma avaliação das vantagens e aplicação de projetos de ES existentes na literatura bem como outras atividades que se relacionam com o desenvolvimento das interfaces entre produto e manufatura. Para tanto, será realizado um levantamento da aplicação da ES proposta na literatura, de modo a definir as especificações para o modelo de integração entre as áreas de projeto e produção na fase do processo de desenvolvimento do produto.

3.1 A ENGENHARIA SIMULTÂNEA COMO ARMA COMPETITIVA

A ES, como verificada, é praticamente uma reavaliação do processo de concepção, desenvolvimento e lançamento de novos produtos utilizando-se da execução de passos ou atividades simultâneas nas várias fases previstas no desenvolvimento do processo em referência. Vem tornando-se um fator preponderante para a redução do *“time to market”* (tempo desde a concepção até o lançamento no mercado de um produto), fazendo com que este tempo seja reduzido através de interações contínuas entre os componentes de um time, facilitando o desenvolvimento, sem afastar-se dos propósitos ou características iniciais definidas para o produto, o que pode garantir uma maior qualidade do produto final.

Nos capítulos anteriores foram apresentadas as condições do ambiente e da própria organização do trabalho no que se refere ao dinamismo das transformações ocorridas nos últimos anos. Neste cenário em que deve imperar a eficiência sob todos os aspectos organizacionais, a forma sequencial como são executadas as atividades de concepção e desenvolvimento de novos produtos não permite atingir a flexibilidade, os custos e o padrão de qualidade impostos.

Na concepção de Contador (1995) tão importante quanto selecionar produtos e mercados, é selecionar os campos onde a empresa irá competir e as armas que irá utilizar. Os campos da competição são atributos de interesse do comprador como preço e qualidade do produto. A arma da competição é o meio pelo qual a empresa

se utiliza para obter vantagem competitiva num campo, como qualidade no processo e produtividade, e não apresenta interesse para o comprador.

A distinção dos meios e dos fins é importante para a companhia já que uma mesma arma pode servir para competir em mais de um campo. A qualidade do processo serve para competir no campo preço e qualidade por exemplo. Os campos genéricos de competição podem ser subdivididos em cinco grupos:

1. Competição em preço;
2. Competição em produto: em projeto, em qualidade, em variedade de modelos, e em novos modelos;
3. Competição em prazo;
4. Competição em assistência: antes da venda; durante a venda; e após a venda.
5. Competição em imagem: imagem do produto, da marca e da empresa; e preservação ambiental.

Como arma competitiva, a ES pode atuar fortemente nos três primeiros itens, uma vez que um produto criado dentro de equipes multifuncionais pode se torna mais barato. O segundo item que diz respeito à competitividade do produto, a ES contribui para criação de um projeto fabricável e com atributos de qualidade que segue padrões especificados por especialistas e com experiência de casos de insucessos dentro da empresa. No que diz respeito ao prazo, a ES contribui para redução de prazos no desenvolvimento e lançamento de um novo produto porque utilizada como estratégia o trabalho em equipe, ou times multifuncionais e em paralelo, ao contrario do desenvolvimento em etapas sequenciais.

A história da ES está relacionada à própria história dos times multifuncionais, pois sem a utilização de times não é possível à concepção da ES. No Japão, os times, ou melhor, grupos de trabalho foram usados como força tarefa para identificar, analisar e resolver os graves problemas de qualidade no início dos anos 60, posteriormente para melhoria da produtividade e depois para o desenvolvimento de novos produtos.

No caso de desenvolvimento de novos produtos, os times não dispunham de uma denominação especial apenas "*paralel approach*". Quando a ideia de que as atividades de projeto e produção poderiam ser desenvolvidas de modo paralelo ultrapassou a fronteira do Japão e começou a ganhar novas denominações como:

Engenharia Concorrente, Desenvolvimento Concorrente, Desenvolvimento Integrado de Produtos ou Engenharia Simultânea.

O que levou a adoção desta nova ideia, além do próprio ambiente, foi e está sendo a verificação do distanciamento entre os engenheiros de desenvolvimento e os engenheiros das áreas produtivas, fazendo com que um produto sofra muitas revisões até poder atender todos os requisitos colocados pelo cliente, daí o trabalho em times multifuncionais ser essencial.

O propósito da produção é o de servir a companhia em encontrar suas necessidades para sobreviver, prosperar e crescer. A produção faz parte do conceito de estratégia que relaciona uma força da companhia e recursos para oportunidades no mercado. A estratégia de fabricação não pode mais ficar confinada às situações de curto prazo, e nem mesmo os gerentes restritos a apenas escolher a técnica de melhoria. É necessário que se planeje ao longo prazo, que a empresa busque e pratique habilidades que diferenciem em seus competidores, desenvolvendo assim uma grande operação de capacitação.

Para Slack (1993) a estratégia da produção deve ser formal e entre as dificuldades de se formular uma estratégia formal pelos gerentes pode-se incluir: a dispersão, uma vez que na maioria dos casos o pessoal da manufatura está disperso; a operação em tempo real, pois sua atenção não pode ser desviada da rotina da fábrica por períodos que não sejam relativamente curtos; a inércia dos recursos operacionais, já que eles impõem um conservadorismo a quem os administra; e finalmente, o efeito de todas que afetam a postura dos gerentes de longos anos, não estando acostumados a pensar, agir ou influenciar a organização de forma estratégica.

Este esforço pode valer a pena se ocorrer uma integração entre equipes, pois só o fato de que a função produção conheça o que está se propondo a fazer, já contribui para que a empresa seja bem melhor sucedida. Assim, em uma estratégia formal, os conflitos são expostos e debatidos, haja vista a definição dos propósitos e prioridades, fornecendo uma base para que as políticas e decisões individuais apontem todas na mesma direção. E o mais importante, uma estratégia formal da manufatura dissemina o conceito de competitividade dentro da organização até o chão de fábrica.

Para ter-se uma estratégia de produção eficaz, é sensato estabelecer o que se espera atingir: ser apropriada, direcionando a mudança da manufatura no sentido

da estratégia competitiva da empresa; ser abrangente, indicando de forma global como cada parte da função deve contribuir; ser coerente, com as políticas adotadas para cada parte da função indicar no mesmo sentido geral; ser consistente no tempo e ser acreditável, demonstrando que os objetivos possam ser atingíveis.

A importância deste trabalho está justamente em preencher algumas lacunas encontradas na literatura quanto à ES nas áreas de Produto e Produção, criando uma estratégia produtiva como arma competitiva, principalmente com relação aos passos para a sua implantação, já que nas empresas em que o autor pôde vivenciar estas implantações, verificou-se que nem sempre foram aplicadas de forma organizada e coerente, outras vezes ocorre de ser interpretada de forma muito particular pela empresa, não se atendo a aspectos conceituais importantes que poderiam auxiliar em uma implantação com base sólida. Entretanto, isto não significa que há uma só maneira de implantar, como uma receita a ser seguida, conforme salienta Evans (1991) trata-se de um senso comum de ideias.

3.2 AS VARIÁVEIS COMPETITIVAS

As variáveis competitivas relacionam-se aos atributos macros desejados pelo consumidor em um produto ou serviço. As variáveis competitivas são normalmente relacionadas a: qualidade, custo e tempo (STALK JUNIOR, 1988 e WASSENHOVE e CORBETT, 1993). A variável tempo pode desdobrar-se em flexibilidade, inovação e serviços (englobando confiabilidade nas entregas e suporte). Será enfocada estas variáveis devido à relação direta que tem com as vantagens da utilização da ES no que concerne a redução do tempo de concepção e lançamento de um novo produto no mercado.

3.2.1 Qualidade

Wassenhove e Corbett (1991) define qualidade como: “qualidade é o prejuízo que o produto causa para a sociedade após ser embarcado, mais que qualquer

prejuízo por suas funções intrínsecas”. Deste modo, há duas restrições: prejuízo causado por variabilidade de funções e causado pelo efeito nocivo. Para Giffi et al (1990) a qualidade é um caminho fundamental para gerenciar os negócios, normalmente os programas de melhoria da qualidade relacionam-se com flexibilidade nos trabalhos, participação dos empregados em tomadas de decisão e constitui uma busca da confiança entre os empregados e os gerentes.

As melhores definições para qualidade são as que identificam conformidade, requisitos e qualidade percebida. Gunn (1992) descreve “Os consumidores estão tornando-se muito mais educados e sofisticados sobre os produtos que eles compram, e isto traduz a sua expectativa para alta qualidade. Em adição, para muitas pessoas o tempo é tão escasso que não dispõe de tempo livre para tratar de consertar um defeito associado ao produto adquirido”.

O atual conceito de qualidade pode ser demonstrado na condição de que se uma empresa não pode oferecer elevado nível de qualidade por um preço competitivo, há outra empresa que preencherá os requisitos do cliente. Assim, esta nova ênfase traz mudanças nas práticas tradicionais de controle da qualidade. Até então a qualidade era tomada como simples inspeção, hoje está integrada à organização em todas as fases - da concepção ao produto, através do projeto, produção, marketing e nas mãos do cliente.

Todas as operações e todos os componentes organizacionais são fatores relevantes para a qualidade. Gunn (1992) complementa afirmando que a qualidade é primeiro uma atitude de toda a organização, e exemplifica em atitudes simples como: quão rápido e de que maneira as pessoas atendem o telefone, a conduta em reuniões, e como as pessoas focam o cliente mesmo sendo a próxima pessoa do processo. Garvin (1987) define oito dimensões que podem compor uma análise estratégica da qualidade:

- Desempenho (*“performance”*): “refere-se à adequação do projeto às missões fundamentais, chamadas de funções básicas ou primárias, desde que o produto seja operado apropriadamente”.
- Características (*“features”*): “estão associadas com o funcionamento básico do produto, mas não representam diretamente a missão básica”.
- Confiabilidade (*“reliability”*): “é a característica de um bem, expressa pela probabilidade de que o mesmo realize uma função requerida, durante um

certo intervalo de tempo e sob determinadas condições de uso, para a qual foi concebido”.

- Durabilidade (*“durability”*): “é a quantidade de uso que se obtém de um produto até o instante que o mesmo falhe”.
- Conformidade (*“conformance”*): “reflete o quanto um produto está de acordo com as especificações de projeto”.
- Assistência técnica (*“serviceability”*): “refere ao apoio oferecido ao usuário para instalação do produto, à orientação para o uso, bem como aos serviços de assistência técnica”.
- Estética (*“aesthetics”*): “está diretamente relacionada à aparência do produto de acordo com as preferências pessoais”.
- Imagem do produto (*“perceived quality”*): “refere-se à reputação do produto no mercado”.

As empresas não necessariamente precisam perseguir todas estas dimensões da qualidade, mas explorar aquelas que, estrategicamente, julgar essenciais para o negócio em que está inserida. Como ressalta Giffi et al (1990), as estratégias mais comumente verificadas para melhorias nos níveis de qualidade sugerem à mudança da percepção do gerenciamento “top”, a implantação da qualidade continuamente (melhoria contínua) e criar uma cultura de zero defeito.

Giffi et al (1990), salienta que alguns programas estão contribuindo para a transformação desta prioridade, e ilustra como o mais significativo a filosofia do TQM, na qual todos devem contribuir e se responsabilizar pelo melhoramento da qualidade. Outros programas que merecem destaque são os chamados programas de garantia da qualidade através do desenvolvimento e qualificação dos fornecedores.

Qualidade e custo sempre foram vistos como oportunidades incompatíveis, ou seja, se algum produto tivesse baixo custo então ele teria baixa qualidade. Mas agora, as companhias que querem competir têm que concentrar-se em baixos custos e alta qualidade, elas não podem ser eficientes em custos com pessoal que não sejam eficientes em realizar mudanças de engenharia após o produto ser lançado, a inspecionar produtos, para retrabalhar defeitos nos produtos, para assistir os clientes, etc. (GUNN, 1992).

3.2.2 Custo

Mais que uma variável competitiva, é a mais antiga das estratégias competitivas, pois a produção com baixo custo é sempre um objetivo desejável, mesmo quando o sucesso competitivo não é uma questão importante para vencer a concorrência nos preços (VANALLE, 1995). Gunn (1992) alerta que um método tradicional de redução de custos pode causar uma série de efeitos nocivos à organização, pois geralmente englobam esforços em reduzir o custo com o trabalho direto, com manutenção preventiva, com o pessoal da área de Pesquisa e Desenvolvimento, com a busca de novas tecnologias, com a força sobre os fornecedores, com salários, ou com a redução dos programas de treinamento.

Como resultado, pode tornar-se uma empresa voltada ao baixo custo e com graves deficiências em qualidade. A maneira mais inteligente de promover esta estratégia é pensar que o baixo custo é o resultado de fazer outras coisas bem feitas. Muitas companhias dispõem de grandes grupos de pessoas com esta finalidade e com uma visão holística da formação dos custos. Garvin (1987 e 1993) apud Vanalle (1995) “classifica o custo em três tipos”:

- Custo inicial: preço ou custo por se obter um produto;
- Custo operacional: o custo de operação ou o custo de utilização de um produto durante a sua vida;
- Custo de manutenção: o custo de conservação de um produto durante sua vida.

Gunn (1992) sugere que para se tornar um competidor em baixo custo a companhia deve seguir quatro passos básicos: utilizar o custo baseado no mercado para produtos e processos, entender a relação entre custo e qualidade, ter um sistema confiável para promover os custos e entender as relações de transações para os “*overheads*”. Uma técnica japonesa chamada de “*target cost/target profit*” enfatiza que os custos devem ser revistos e acompanhados durante a fase de planejamento e projeto, que é o ponto no qual todos os custos subsequentes são determinados.

Esta técnica constitui-se de um estudo das características do produto designado com o custo alvo e então durante o desenvolvimento do produto aplicam-

se opções de redução de custo do produto ao longo do tempo permitindo uma estimativa de custos durante a vida do produto. A competição em baixo custo é um desejo de todos os concorrentes, porém quando não é viável concorrer apenas nesta dimensão, há que se concentrar em outras variáveis que não necessariamente impliquem em aumento dos custos.

3.2.3 Tempo

Segundo Wassenhove e Corbett (1993) e Stalk Junior (1992) o tempo engloba as tradicionais prioridades flexibilidade e inovação (entendida como o número de novos produtos lançados por uma empresa em determinado tempo).

Esta variável é de extrema importância devido à sua relação com o conceito de lançamentos de novos produtos e suas peculiaridades, que tornam o tempo um fator preponderante de sucesso para a estratégia de concepção e lançamento de novos produtos e processos, como será verificado.

A variável tempo está relacionada com as variações; flexibilidade e inovação, e são tão importantes quanto a própria variável tempo e, portanto merecem destaque:

- Flexibilidade na produção: esta variável vem tornando-se essencial devido aos mercados cada vez mais instáveis e concorrentes por sua vez mais vorazes, que com a aplicação de tecnologia fazem com que disputem a habilidade de alternar-se em modificar aquilo que produzem (produto) e como produzem (processo).
- Flexibilidade de produto: pode ser subdividida em novos produtos velocidade (com que os novos produtos são criados, projetados, fabricados e introduzidos no mercado), customização (habilidade em produzir um produto com características específicas, determinadas pelo cliente) e modificações (modificação de produtos existentes para necessidades especiais).
- Flexibilidade de volume: fragmenta-se em incertezas nas previsões (mudanças imprevistas no volume de um produto requerido), e “*ramp up*”

(velocidade com que os novos processos podem passar de pequenos volumes para uma produção em grande escala);

- Flexibilidade de processo: subdivide-se em flexibilidade no mix (habilidade de se produzir uma variedade de produto, num certo espaço de tempo, sem modificar as instalações existentes), flexibilidade a substituições (habilidade no ajuste à mudança do mix de produtos a longo prazo), flexibilidade nos roteiros (absorver mudanças nos roteiros de produção), flexibilidade nos materiais (habilidade de absorver substituições e variações da matéria-prima), e flexibilidade nos sequenciamentos” (absorver alterações no sequenciamento da produção em razão de incertezas nas datas de liberação das matérias-primas).
- Inovação: A inovação ou inovatividade (*“innovativeness”*) é representada pela capacidade que a empresa tem para introduzir, em suas instalações, novos produtos e/ou processos num certo tempo. A inovação baseada no tempo é reconhecida como o caminho para competir como líder tecnológico, possibilitando trabalhar com margens maiores devido ao produto ser mais novo e mais desejável.

O tempo nem sempre foi um requisito de vantagem competitiva. Alta velocidade não é sempre sinônimo de melhor uso do tempo, mas atacando e eliminando atrasos invariavelmente melhora-se o tempo de atravessamento e serviços. Medidas para redução nos tempos de projeto aparecem com regularidade nos relatórios de desempenho. Eliminar atrasos e melhorar o fluxo do produto envolve criatividade, trabalhadores especializados, investimento em capital e mudanças de atitude.

A competição baseada no tempo é uma envolvente estratégia de negócios que redefine a significância das atividades da organização. Sua ênfase é no ambiente flexível interno que incrementa o fluxo de saída por eliminação nos atrasos de tempo do sistema.

Qualquer atividade que consuma tempo, mas não adiciona valor ao produto, é um alvo inicial para redução ou eliminação do desperdício. As atividades que somam valor devem ser continuamente melhoradas no sentido de redução do tempo e assim cada vez mais adicionar maior valor.

3.3 AS FERRAMENTAS PARA A ENGENHARIA SIMULTÂNEA

King e Majchrzak (1996) argumentam que as ferramentas para a ES objetivam aumentar ainda mais a concorrência do projeto, permitindo aos projetistas e membros do time se comunicarem mais rapidamente e intensamente via rede através de informações compartilhadas com uma base de dados comum. As ferramentas para ES incluem um ambiente computacional, dados de gerenciamento de produtos, gerenciamento de processos, e capacidades de suporte a decisões.

Entre elas pode-se citar: CAD, CAM, sistemas de informações distribuídas, e sistemas de suporte a decisões de grupos. Na ES é necessário desenvolver estratégias de criação de ferramentas para reforçar o desenvolvimento do trabalho, sendo que estes autores recomendam três estratégias complementares:

- Desenvolver ferramentas baseadas nos princípios de projeto centrado na integração de equipes;
- Desenvolver componentes para ferramentas de ES que capturam informações na realidade contextual na qual a ferramenta está sendo usada e usar esta informação contextual para modificar a ferramenta de acordo com as necessidades dos usuários;
- Desenvolver ferramentas para a ES diferentemente em função de se estar fazendo um detalhamento ou somente estudos.

Evans (1991) demonstra que há três grandes categorias de decisão quanto à introdução das ferramentas em ES: tecnológicas, técnicas e times.

3.3.1 As Ferramentas de Base Tecnológica

As ferramentas de base tecnológica dizem respeito às atividades de informação, principalmente do projeto, como o CAD e bases de dados de engenharia, que permitem compartilhar informações com um mínimo de esforço. Podem reduzir custos, mas afetam somente a parte do ciclo de projeto, e podem fornecer pequenos impactos no desempenho global. Entre as ferramentas tecnológicas tem-se:

- a) CAD: permite uma comunicação através de desenhos. Com o CAD 3D pode-se compartilhar ideias fora da atmosfera do projeto com os fornecedores e engenheiros de produção no início do projeto, além de permitir uma aceleração nas mudanças não críticas que se façam necessárias.
- b) Simulação rápida (*Rapid Simulation*): pode suportar o projeto através de um retorno rápido do desempenho do projeto CAD sob o ponto de vista técnico, como análise do “stress” mecânico, elétrico e/ ou térmico em apenas algumas horas.
- c) Gerenciamento de configurações e base de dados de engenharia: ataca as atividades que não somam valor no projeto, como as de encontrar e alocar informações, por exemplo, de desenhos similares.
- d) Sistemas de avisos: providenciam informações aos projetistas enquanto eles estão projetando, por exemplo, detalhes que propiciam uma melhor manufatura colocada na memória dos computadores.

A ES tal como descrita por Costa (2012) permite alocar os recursos ideais para a execução de cada tarefa, independentemente do local ou do horário em que ela será executada. Podem surgir duas situações diversas: durante a formação do grupo de trabalho de um determinado projeto, poderiam ser alocados recursos de todas as subsidiárias da empresa no mundo, inclusive podendo ser monitorada e controlada pela matriz da empresa.

As regras de hierarquia da empresa são quebradas, pois sendo o colaborador um indivíduo que conhece bem suas funções e que recebe a atribuição das tarefas através do computador, não importando quem atribuiu as tarefas a serem executadas (organização matricial); e as pessoas que realizam tarefas não dependem da interação face-a-face com os outros colaboradores do processo podendo exercer suas funções em suas próprias residências e, ainda, para mais de uma empresa ao mesmo tempo. Não há dúvidas de que ferramentas computacionais como o CAD em 3 dimensões e a interligação em redes de micro computadores são essenciais para uma comunicação eficaz entre os membros e demais interessados.

O CAD 3D, por exemplo, permite que o projeto seja desenvolvido em uma reunião e alterado em tempo real, além de permitir grande aproveitamento de soluções de outros projetos. Os “*electronic mail*” possibilitam tomadas de decisões conjuntas rápidas e permitem uma rastreabilidade dos registros das decisões.

3.3.2 As Ferramentas de Base Técnica

Várias conclusões e recomendações puderam ser extraídas dessa pesquisa quanto à classificação das técnicas e a algumas das ações a serem empreendidas visando a reduzir os problemas identificados e explorar as oportunidades detectadas. O trabalho trata das técnicas utilizadas na prática da ES e citadas na literatura:

1. Benchmarking - conjunto de procedimentos através dos quais se comparam parâmetros e especificações de um produto com o(s) concorrente(s) de máximo desempenho.

2. Controle Estatístico do Processo (CEP) - conjunto de técnicas e procedimentos, predominantemente estatísticos, aplicados às diversas fases do processo de manufatura para reduzir ou eliminar falhas na qualidade do produto final.

3. Projeto para Manufatura e Montagem (*Design For Manufacture and Assembly, DFMA*) - ferramenta que alerta o projetista de produtos sobre implicações de seu trabalho na fase de manufatura.

4. Diagrama Espinha de Peixe - também denominado Diagrama de Causa e Efeito de Ishikawa. Consiste em uma representação gráfica através da qual diferentes causas se relacionam com seus efeitos em esquema que se assemelha à coluna central do peixe e suas vértebras a ela convergindo.

5. Engenharia e Análise do Valor - abordagem sistemática para identificar a função de um produto, o estabelecimento de seu valor monetário e a determinação da forma de atender a esta função com a qualidade necessária e o menor custo, através do uso da criatividade.

6. Análise de Falhas (*Failure Mode and Effects Analysis, FMEA*) - conjunto de atividades visando a identificar possíveis falhas de um produto ou um processo e suas respectivas causas, as medidas que possam impedir ou reduzir a possibilidade de sua ocorrência e a documentação do processo cujo resultado será à recomendação de alterações para melhorias.

7. Função Perda (*Quality Loss Function*) - consiste em uma equação desenvolvida por Taguchi para calcular o custo decorrente de desvios da qualidade ótima do produto.

8. *Just-in-Time* - método de produção que procura colocar em disponibilidade, somente quando necessários, os materiais requeridos pela manufatura, reduzindo custos de estocagem.

9. Melhoria Contínua (*Continuous Process Improvement*) - consiste em estudar sistemática e continuamente um processo, visando a seu aprimoramento ao longo do tempo.

10. *Process Decision Program Chart (PDPC)* - método de planejamento que auxilia na seleção dos melhores processos a serem usados para obter resultados desejados, através da avaliação da evolução dos eventos em relação às previsões.

11. Projeto de Experimento Ortogonal – técnica desenvolvida por Taguchi para reduzir o número de experimentos necessários ao desenvolvimento de produtos/processos com economia de custos e redução de prazos.

12. Projeto por Parâmetros - é utilizado para aperfeiçoar a qualidade, admitindo que não se controla ou elimina as causas externas de variabilidade às quais o produto está sujeito.

13. Projeto por Tolerâncias - é utilizada, se necessário, após o Projeto por Parâmetros, para que a qualidade seja melhorada a custo mínimo. A Função Perda é utilizada nesta etapa para justificar os custos adicionais decorrentes de melhorias que serão introduzidas pelo Projeto por Tolerâncias.

14. Projeto Robusto - conceito introduzido por Taguchi que procura reduzir a sensibilidade do produto a fontes externas de variabilidade, através do estabelecimento de critérios dos valores que definem os parâmetros do projeto.

15. Desdobramento da Função Qualidade (*Quality Function Deployment, QFD*) - também conhecida como Casa da Qualidade. Consiste em se montar um par de quadros procurando relacionar os desejos do consumidor (atributos do cliente) com as características quantificadas de engenharia. No cruzamento entre as linhas e as colunas dos quadros são analisadas a favorabilidade e a desfavorabilidade das relações, desejos dos clientes e especificações da engenharia.

16. Relação Sinal-Ruído - conceito utilizado no desenvolvimento do projeto, visando a maximizar a relação entre as características chave do produto (sinal) e os efeitos das fontes externas de variabilidade (ruídos).

17. Qualidade Total (*Total Quality Management, TQM*) - princípios que enfatizam a busca da qualidade em todas as fases do projeto, da manufatura, da

venda e dos demais processos organizacionais por todos na empresa, visando a maximizar valores para o cliente.

Os resultados da pesquisa sugerem relativo conhecimento das técnicas por parte das empresas apesar de suas utilizações serem ainda relativamente baixa. As técnicas são consideradas bastante importantes pelas empresas que enfatizam a tecnologia, sendo que dentre as consideradas mais conhecidas e importantes estão: TQM, Melhoria Continua, Diagrama Espinha de Peixe, CAD e CEP. Entre aquelas destacadas com menor importância estão: Projeto por Tolerâncias, Projeto por Parâmetros, Projeto de Experimento Ortogonal, Relação Sinal-Ruído e Função Perda.

As ferramentas da ES mais conhecidas e consideradas mais importantes são as que apresentam menores dificuldades, as mais utilizadas, as que se encontram em grau mais avançado de implantação e, segundo os respondentes, as propiciadoras dos maiores benefícios para as empresas. Por outro lado, aquelas menos conhecidas e consideradas menos importantes são vistas como as que apresentam maior dificuldade de utilização e são as menos utilizadas, com menor grau de implantação e de benefícios. Percebe-se também mesmo utilizando todas estas técnicas, a produção é tratada como uma área que não participa efetivamente do projeto do produto, tomando conhecimento da necessidade de produzir apenas após o produto já finalizado. Este fato permite admitir que haja grande demanda potencial a ser atendida, principalmente no sentido de integrar o projeto a produção, utilizando o conhecimento e experiência dos times.

Os obstáculos podem se relacionar com, entre outros motivos, o desconhecimento técnico, os desafios de caráter comportamental e as limitações de recursos. De qualquer forma, devem ser detectadas as causas e formuladas as estratégias que levem à intensificação da integração entre as áreas das empresas, pois, indiscutivelmente, isto acarretará impactos importantíssimos na competitividade.

3.4 TIMES MULTIFUNCIONAIS

Os times são essenciais para a existência da ES. Sem os times a ES não é possível devido às condições de interações dos elementos que propiciam o

atingimento dos objetivos de redução do tempo de lançamento de um novo produto no mercado, melhorar a qualidade dos produtos e diminuir os custos de desenvolvimento. Segundo Meyer (1994), os times são indispensáveis e fundamentais para a redução do tempo de desenvolvimento, pois:

- Estabelecem um fórum para aprendizado interativo incluindo as soluções de problemas;
- Tornam possível criar uma cultura de valor focada no cliente ao invés de orientada internamente;
- Providenciam grande flexibilidade para mudanças gerenciais em comparação com outras estruturas organizacionais.

Haddad (1996) em pesquisa realizada em uma indústria automobilística americana revela que o uso de times multifuncionais denota uma responsabilidade pelo projeto do início ao fim e que todos os membros detêm poder para decidir nos mais variados níveis, gerando um espírito coletivo de propriedade sobre o projeto e orgulho pelo produto desenvolvido.

3.4.1 Grupos e Times

Katzenbach e Smith (1993) enfatizam que há muitas diferenças entre um time e um grupo de trabalho e ainda complementa que times e bom desempenho são inseparáveis, normalmente não há um sem o outro. O desempenho de um grupo de trabalho é função daquilo que seus membros fazem individualmente, enquanto que em um time inclui os resultados individuais e daquilo que é chamado de produtos de trabalho coletivo (*“collective work-products”*). Os membros do grupo de trabalho não se responsabilizam por resultados que não reconhecem serem seus próprios e nenhum deles desenvolve uma contribuição de desempenho de forma incremental.

As diferenças entre times e grupos de trabalho são mostradas na Tabela 3. Pode-se notar pela Tabela 3 grandes diferenças entre um grupo de trabalho e um time. O time é muito mais que um grupo de pessoas reunidas, a maior diferença está no objetivo compartilhado.

Tabela 3: Diferenças conceituais entre grupos de trabalho e times.

GRUPOS DE TRABALHO	TIMES
Forte, claramente focado no líder	Regras de liderança distribuídas
Responsabilidades individuais	Responsabilidade individual e mutuas
O propósito do grupo é o mesmo de acordo com a missão organizacional	O time possui um propósito específico que o próprio time define
Produto do trabalho individual	Produto do trabalho coletivo
Reuniões rodam eficientemente	Encoraja as discussões e ativa as reuniões específicas para resolução de problemas
Mede sua efetividade indiretamente por suas influências nos outros (desempenho financeiro nos negócios)	Mede seu desempenho diretamente pelo sucesso do produto do trabalho coletivo.
Discute, decide e delega	Discute, decide e faz o trabalho real juntos

Fonte: KATZENBACH e SMITH (1993)

Conteam Consulting (1992) propõe que os times, se utilizados de forma correta, podem levar a organização a sair de um nível de desempenho tradicional para um nível de alto desempenho, que é demonstrado na Tabela 4.

A utilização de times favorece uma maior integração entre os vários elementos fazendo com que haja mudanças na organização através de melhoria contínua. Os times produzem discretamente através de contribuições conjuntas de seus membros e assim atingem níveis de desempenho maiores que a soma individual de seus participantes.

Tabela 4: Diferenças entre a estrutura tradicional e a de times.

ESTRUTURA TRADICIONAL	ESTRUTURA DE TIMES
Focalização sobre a tecnologia	O pessoal e a tecnologia são otimizados
Trabalhadores como parte do equipamento	O trabalhador melhora equipamentos
Trabalhadores como peça de reposição	O trabalhador é um recurso crucial
Tarefas reduzidas e especializações simples	Polivalência e especialização extensa
Controle externo e procedimentos	Auto controle, times e setores
Muitos níveis hierárquicos e com estilo autocrático	Organização plana, envolvimento
Competitiva	Colaborativa
Propósito da empresa antes de tudo	São levados em consideração também os propósitos pessoais e sociais
Adesão “é apenas um trabalho”.	Empenho “é o meu trabalho”
Não assumir riscos	Iniciativas e inovações

Fonte: CONTEAM CONSULTING (1992)

A essência de um time é o entendimento comum, e sem isto, o desempenho individual das pessoas do time pode ser comprometido. O propósito dos times é “transformar as contribuições dos fornecedores em satisfação dos clientes” para “fazer da companhia uma coisa que possa se orgulhar” ou para “providenciar que todos possam aprender com a organização”. Deste modo, a credibilidade do time

deve-se a um elemento relativo a vencer, ser o primeiro, revolucionar ou ser a referência. Outra característica importante demonstrada por Katzenbach e Smith (1993) é que os times transformam um objetivo comum em objetivos específicos de desempenho que sejam mensuráveis como reduzir a taxa de rejeitos em 50% e diminuir o tempo de concepção de um novo produto em 30%.

Segundo estes autores, as várias razões para que haja uma definição dos objetivos comuns, para então transformá-los em específicos são:

- Ajudam a definir um conjunto de produtos que são diferentes do lado organizacional e dos objetivos individuais; como resultado, alguns produtos requerem um esforço coletivo dos membros do time para fazer alguma coisa específica acontecer, e disto, somam valores reais ao resultado;
- Facilitam em clarificar a comunicação e construir conflitos com o time; quando os objetivos são claros, as discussões podem focar no propósito e reconsiderações, e por outro lado quando os objetivos são ambíguos ou inexistentes, algumas discussões são pouco produtivas;
- Ajudam a manter o foco nos resultados obtidos;
- Permitem atingir pequenas vitórias na perseguição dos objetivos.

Os objetivos específicos são essenciais para um bom desempenho. Cada um depende do outro para permanecer relevante e vital. Objetivos claros ajudam o time a manter-se e permanecer na trilha do progresso (KATZENBACH e SMITH, 1993).

3.5 ENGENHARIA SIMULTÂNEA, PADRÕES DE COMUNICAÇÃO E INTEGRAÇÃO INTERFUNCIONAL

Tradicionalmente, as etapas do processo de desenvolvimento de produtos são executadas de forma sequencial como no capítulo anterior. Para superar as desvantagens da abordagem sequencial, algumas empresas adotam a engenharia simultânea. A ES pode ser definida como “uma abordagem sistemática para o projeto simultâneo e integrado de produtos e dos processos a eles relativos. Tal abordagem procura fazer com que os envolvidos considerem, desde o início do desenvolvimento, todos os elementos do ciclo de vida do produto, do conceito ao

descarte, incluindo a qualidade, o custo, os prazos e os requisitos dos clientes.” (WINNER et al., 1988).

Com referência aos conceitos da ES, a transferência de conhecimento e informação entre os diversos atores integrantes do desenvolvimento do produto, torna-se um diferencial competitivo. Partindo do princípio que a experiência acumulada na atividade de projetar é de grande importância, faz-se necessário propor reuniões antes do início do desenvolvimento dos projetos com diversos integrantes atuantes nas etapas de desenvolvimento do produto, como o diretor, o projetista, o desenhista da empresa, o chefe de produção e outros.

Este processo seria importante para cooperação e consenso entre os envolvidos no desenvolvimento, uma vez que, reuniões antecipadas fundamentam a orientação simultânea e conjunta entre os vários profissionais na organização, de forma adequar o fluxo de informação entre eles e na condução das decisões a serem tomadas na fase inicial de concepção do produto.

A ES praticada atualmente nas empresas baseia-se no paralelismo na execução das atividades e visa à antecipação de problemas, geralmente por meio de reuniões entre as pessoas das áreas funcionais envolvidas (SOBEK et al., 1999). No entanto, essas medidas não são suficientes para garantir que o plano de marketing, o projeto de engenharia e a definição dos processos sejam efetivamente integrados. De acordo com Clark e Wheelwright (1993), a integração interfuncional que realmente importa ocorre quando engenheiros de projeto trabalham com pessoas de marketing e com engenheiros de processo para resolver problemas conjuntos de desenvolvimento. Os autores enfatizam que para ser realmente efetiva, a integração interfuncional precisa ser mais do que um esquema para relacionar as atividades das áreas no tempo.

A verdadeira integração interfuncional ocorre no nível de execução do trabalho, com base em fortes ligações tanto no tempo como na comunicação entre as pessoas que estão atuando em problemas relacionados. Assim, um elemento crítico na interação entre grupos no desenvolvimento de produtos é o padrão de comunicação. Quatro dimensões do padrão de comunicação – riqueza, frequência, direção e momento – determinam a qualidade e a efetividade das interações.

Essas quatro dimensões variam entre dois extremos, desde um padrão de comunicação esparsa, pouco frequente, unidirecional e tardio, até um padrão de

comunicação rico, frequente, recíproco e que ocorre desde os momentos iniciais do projeto (CLARK e WHEELWRIGHT, 1993).

Dessa forma, a natureza da integração interfuncional é definida pelas escolhas que a empresa faz sobre a organização do trabalho dos grupos, seu nível de autonomia, grau de paralelismo das atividades, formas de comunicação, entre outras. Em outras palavras, a implantação da ES não necessariamente significa o abandono das formas clássicas de organização do trabalho.

3.6 VANTAGENS DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA

Giffi et al (1990) e Hauptman e Hirji (1996) apontam as vantagens da ES que estão relacionadas aos próprios objetivos da ES, como sendo: melhoria na qualidade do produto através da manufaturabilidade considerada na fase de desenvolvimento do produto, diminuição do ciclo de concepção/desenvolvimento/lançamento de um produto no mercado (*"time to market"*), redução dos custos do projeto do produto e processo, altera a sequência da engenharia (protótipos, rejeitos, e retrabalho) e melhoria na eficiência da produção. Resumindo, as grandes vantagens apontam para a economia de recursos através da redução dos equívocos e retrabalhos nas fases do projeto próximas ao lançamento do produto.

Evans (1991) salienta que entre as companhias que ele vem observando, entre aquelas que praticaram a ES, há um grande número de fatores comuns como:

- Sucesso: os resultados são impressionantes e ocorre a demonstração de um grande salto em desempenho;
- Simplicidade: as empresas não tentaram implantar todas as ferramentas da ES. A utilização das ferramentas privilegiou os conhecimentos existentes, como o caso do CAD e do envolvimento dos fornecedores no início dos projetos;
- Foco: ES foi implementada para atingir um objetivo específico, não porque era o melhor ou o certo a ser feito. Limitando o número de objetivos aumentam-se as chances de atingi-los.

Em seu trabalho, Evans (1991) demonstra uma escala de melhoria de desempenho verificada em companhias que instituíram a ES e relaciona:

- O número de mudanças de engenharia pode ser reduzido em até 90%;
- O “lead time” da produção pode ser reduzido em até 30%;
- Os custos com a produção podem ser reduzidos em até 40%;
- O “lead time” de projeto pode ser reduzido em até 60%;
- Os custos com o projeto podem ser reduzidos em até 30%;
- O número de retrabalhos e refugos pode ser reduzido em até 70%.

Rosenblatt e Watson (1991) cita que com a ES pode-se “customizar” produtos rapidamente reutilizando investimentos para atender as mudanças nas necessidades dos clientes; reduzir os “*cycle time*” de ordens e fabricação; evitar os reprojets e retrabalhos; atingir na primeira passagem pela fábrica (pré-série) patamares maiores que 95% de acertos; as pessoas são mais interessadas e orgulhosas de seus trabalhos.

3.7 LIMITAÇÕES DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA

Para Back e Forcellini (2003), existem dois grupos de barreiras para a implantação da engenharia simultânea: as de cunho organizacionais e as de cunho técnico. Em cada fase da implementação da Engenharia Simultânea existem problemas potenciais que devem ser reconhecidos e evitados para o sucesso da aplicação do método (BACK E FORCELLINI, 2003).

Somando as observações apontadas por Back e Forcellini (2003), Haddad (1996) e Sprague et al (1999) aponta as restrições quanto a ES como sendo:

- Cultura organizacional: é a tradicional separação entre as várias funções dentro da organização, que normalmente inviabiliza mudanças dessa natureza com as inconstâncias de propósitos. A ES age integrando as várias funções dentro de uma cultura de times.
- Falta de comunicação: que pode ser devido à distância física entre os engenheiros de desenvolvimento e os engenheiros de produção, ou à falta de experiência, principalmente dos engenheiros de desenvolvimento nas atuações da produção, ou à falta de infraestrutura. O uso intensivo de times e de ferramentas de interação entre projeto e processo pode amenizar este problema.

- Centralização de poder: há sempre o receio da perda de poder do primeiro escalão e com isso ocorre a dúvida entre aquilo que deve realmente ser feito e aquilo que os superiores instruem para ser feito.
- Influências externas dos clientes e fornecedores: que podem alterar consideravelmente o caminhar do projeto, principalmente se mal gerenciados.

3.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ES requer a aplicação de mudanças radicais na estratégia de lançamentos de novos produtos, não sendo suficiente reunir e dizer aos engenheiros para trabalharem juntos a partir de então. É necessário treinamento, convivência com tomadas de decisão nas resoluções de problemas e ferramentas que propiciem comunicação entre os membros do grupo, que devem ser transformados em time, e o meio externo.

Quando a ES é bem utilizada, pode-se obter uma considerável redução no tempo (e custo) de desenvolvimento e lançamento de novos produtos no mercado; grande redução do desperdício tanto em material como em tempo; a qualidade é elevada substancialmente devido ao conhecimento profundo do processo e redução das revisões de engenharia que impactam a produção; as informações são mais confiáveis e precisas; as decisões são tomadas por quem realmente deve tomá-las; providenciar uma maior integração entre fornecedores e engenharia de produto e produção podendo inclusive se iniciar a construção de um ambiente com cultura da qualidade; eleva o valor depositado nos produtos com redução de custos para o cliente; proporcionar um ambiente de trabalho inovativo.

Os graus de desempenho de tarefas paralelas na ES (simultaneidade) ocorrem através das seguintes dimensões de processos de informação como:

- Amplia o fluxo de informações bilateral entre os engenheiros de desenvolvimento e representantes da produção nos times;
- Amplia o uso de soluções de problemas em paralelo entre os engenheiros de desenvolvimento e representantes da produção nos times;

- Elimina o uso de informações incertas, incompletas, e/ou ambíguas pelos engenheiros de desenvolvimento e representantes da produção nos times;
- Amplia a prontidão de engenheiros de desenvolvimento e representantes da produção no time para evitar informações ambíguas ou incompletas.

Para implementar uma ES com sucesso, as companhias devem ser preparadas para repensar sua organização e seus processos de trabalho, particularmente aqueles referentes à produção. E devem reconhecer a significância de compartilhar as experiências através dos sistemas tecnológicos de informação e determinar quão bem aplicá-los. No próximo capítulo será abordado os passos para implantação da ES.

4. A IMPLANTAÇÃO DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA

Uma discussão ampla da implantação da ES faz-se necessária, pois é neste momento que a forma utilizada para a implantação pode comprometer todo o planejamento estratégico desta metodologia. Assim verificar-se uma base teórica sobre a implantação suportada por vários autores e, depois, uma recomendação de implantação usando este referencial teórico e os fatos vivenciados pelo autor na implantação da ES em uma indústria automobilística.

4.1 IMPLANTAÇÃO DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA NO AMBIENTE INDUSTRIAL

O processo de implantação da ES tem sido bastante discutido na literatura especializada, o que é justificável, considerando que as profundas mudanças organizacionais e culturais requeridas não são, vista de regra, facilmente aceita (BACK e OGLIARI, 2001). Assim como os modelos de ES, os métodos de implantação se distinguem de setor para setor e de empresa para empresa. Algumas começam a implantar sistemas CAD, outras iniciam pela formação de equipes, mas poucas têm uma visão abrangente da ES para uma implantação eficiente (EVANS, 1993 apud BACK e OGLIARI, 2001).

A ES pode ser adotada com a intenção de: ampliar a qualidade do projeto e, por conseguinte, do produto; aumentar a sua manufaturabilidade; reduzir os prazos globais de execução; integrar os agentes envolvidos no processo e auxiliar na introdução de novas tecnologias e métodos no processo de produção.

Especialistas afirmam que o sinal mais visível da ES é o trabalho em equipe. Entretanto, sua adoção pode gerar resistências e conflitos, pois os chefes funcionais devem compartilhar autoridade com o líder em favor das equipes. Em grandes empresas, onde os cargos são bem definidos, sua implantação exige treinamento dos recursos humanos, inicialmente para a sensibilização da abordagem e posteriormente no adestramento das técnicas requeridas.

Evans (1991) admite que a primeira coisa a fazer para a implantação da ES é utilizar a ferramenta essencial: um time para a introdução do produto. Devido a não

requerer, a princípio, qualquer outra ferramenta, o uso de times não requer grandes investimentos e acima de tudo possui baixo risco. Por sua própria natureza, os times atacam o ponto central que é a simultaneidade de atividades passando sobre o grande obstáculo que é a estrutura formal de comunicação entre funções.

A segunda etapa é considerar um planejamento do projeto, enxugando as atividades. A terceira é estabelecer uma ênfase no cliente, usando de artifícios como falar com os clientes, possuir um cliente no time ou fazer um “benchmarking” com produtos competitivos. Para o sucesso, é recomendado o uso de ferramentas e ainda considerar previamente um lote piloto de produtos e boa vontade em repensar o processo.

Para começar, uma das alternativas é fazer um plano de ES, porém devido à própria natureza da ES torna-se difícil entender sem fazer. O conselho é começar pequeno e iniciar rapidamente. As seguintes fases são os estágios chave:

- Selecionar um grupo guia;
- Fazer uma ampla análise do “*lead time*” e custos dos projetos;
- Identificar um produto piloto;
- Selecionar os membros do time piloto;
- Estabelecer os objetivos com o time;
- Treinar o time;
- Iniciar.

Para a adoção de um processo de projeto orientado à integração e à simultaneidade, as principais características da ES que devem ser abordadas na construção são: Gestão da Qualidade, Grupo de Projeto, Estruturas Organizacionais e Tecnologia da Informação.

No âmbito da Gestão da Qualidade, todos os agentes são responsáveis pela qualidade da sua etapa no processo e pelo atendimento das necessidades dos clientes (internos e externos), sendo co-responsáveis pela qualidade dos produtos fabricados. Assim, a qualidade é considerada durante a concepção do produto e ao longo da sua produção e uso.

Na abordagem da Estrutura Organizacional é necessária uma constante e ampla interação entre departamentos e especialidades, de forma a integrar pessoas em grupos multidisciplinares. O objetivo é estabelecer processos de comunicação

formais interativos, cuja coordenação garanta a distribuição das informações pertinentes entre os participantes da equipe de projetos.

No que se refere aos princípios do Grupo de Projeto, que consiste em concentrar nos aspectos organizacionais e culturais relacionados ao ato de projetar, a prática de desenvolvimento da ES requer:

- Esforçar-se por fazer certo na primeira vez, o que na prática exige conceituar o projeto corretamente desde o início, considerando as necessidades de cada etapa e prevenindo as discrepâncias futuras;
- Realizar as tarefas de forma simultânea, superpondo atividades que antes seriam realizadas de modo sequencial. A implantação desse princípio se verifica através da liberação de documentação parcial para os membros da equipe que trabalham de forma a permitir avaliações preliminares desde o início.

Dean e Susman (1991) sugerem uma mudança organizacional para ir de encontro ao projeto manufaturável e então salienta quatro passos:

- Fazer com que os projetos sejam aceitos pelo cliente produção através de uma análise crítica documentada. Se aprovados, há a continuação do processo de desenvolvimento com os protótipos:
- Fazer uso de elementos integradores entre o projeto e a manufatura,
- Migrar para times multifuncionais,
- Criar um departamento único englobando as funções de projeto e processo, permitindo uma ES integrada.

As recomendações apresentadas são sugestões compatíveis com a literatura estudada e a prática vivenciada pelo autor em desenvolvimento e lançamento de novos produtos. Podem servir como um grande auxílio na implantação da ES e mais ainda, favorecer o estabelecimento de certos rumos sem cometer erros.

4.2 OS PRIMEIROS PASSOS

Para iniciar um processo de implantação da ES, é preciso antes de qualquer coisa, sentir-se convencido de que é isto que a companhia precisa, não somente no

início, mas durante todo o processo, desde a concepção até o desenvolvimento e o lançamento do produto no mercado.

Se este convencimento for parcial ou momentâneo, poderá ocorrer aquilo que os americanos descrevem como o “sabor do dia”, hoje é dia da ES, amanhã será o dia da qualidade, e assim por diante. Estando convencido de que a ES é a solução para atingir os objetivos da empresa na estratégia de desenvolvimento de novos produtos e mais ainda na melhoria contínua, faz-se necessário, então, convencer outras pessoas da alta administração e em um primeiro momento divulgar a ideia.

As formas adotadas para este convencimento são as mais diversas possíveis e dependem muito do ambiente e cultura da empresa. O meio mais tradicional e normalmente mais convincente é aquele em que uma apresentação é marcada justamente para abordar o tema.

O envolvimento sugerido é do tipo “*top-down*”, ou seja, da alta cúpula para a hierarquia inferior, pois desta forma os resultados poderão ser melhores. Por outro lado, o envolvimento do tipo “*down-top*” pode ser executado, mas sem o envolvimento do “*top*”, normalmente é tudo mais difícil.

Nesta apresentação é necessário que o interlocutor esteja bem preparado sobre o tema e que não hesite em demonstrar situações práticas demonstradas na literatura e ainda recorrer a retórica teórica, ou então usar do “benchmarking” aliado a uma empresa de sucesso, o que pode ser feito através de dois cenários:

- 1) Como estamos hoje? Quais os erros do passado?
- 2) Como seria se naquela época tivéssemos adotado a engenharia simultânea?

É convencional tratar sempre na condição de quantidade de alterações de engenharia, os impactos para a produção e os impactos para o setor de serviços e por fim aos clientes, e estabelecer custos para todas estas operações.

A unanimidade é sempre questionável, quando ela ocorrer desconfie que terá sempre alguém a atacar o “pai” da façanha e por isso utilize de estratégias participativas nas quais todos sejam o “pai” do projeto de implantação. Em nenhum momento deve-se impor algum ponto de vista.

Isto deve ser feito de maneira que todos se sintam à vontade em discutir e consigam rumar para um só caminho: o da sobrevivência da empresa. Uma vez “todos” convencidos de que a ES pode reduzir o “*time-to-market*”, melhorar a qualidade do produto e diminuir os custos de desenvolvimento de novos produtos

(Haddad, 1996), é chegado o momento de formular a estratégia de implantação e para fazer isso é necessário conhecer profundamente o assunto.

4.3 ESTRATÉGIA DE IMPLANTAÇÃO DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA

Para formular uma estratégia de implantação da ES é necessário saber onde se está e saber onde se pretende chegar. Assim sugere-se que os seguintes dados sejam levantados em um período anterior à implantação:

- Conhecer as fases detalhadas do desenvolvimento de um projeto;
- Saber o tempo normalmente usado para cada fase;
- Conhecer o número de mudanças de engenharia do projeto;
- Conhecer o custo do desenvolvimento por fase;
- Conhecer o custo dos materiais usados;
- Conhecer o processo de fabricação detalhado do produto;
- Conhecer o tempo de cada fase do processo de fabricação;
- Conhecer os recursos disponíveis e a capacidade produtiva;
- Selecionar criteriosamente o produto piloto ou ferramenta a ser utilizada.

Desta forma, tem-se uma fonte de dados para serem comparados aos objetivos a serem definidos. Os objetivos devem ser definidos juntamente com o time e deve ser como um contrato entre a companhia e o time, servindo como linha guia nas discussões que surgirão nas reuniões dos times.

Como visto anteriormente e demonstrado por Katzenbach e Smith (1993), os times transformam um objetivo comum em objetivos específicos de desempenho, que sejam mensuráveis, facilitando a comunicação e ajudando a manter o foco.

4.4 PROJETANDO NO AMBIENTE DE ENGENHARIA SIMULTÂNEA

A atividade do projeto é fundamentada em conhecimento e experiência, visando à busca de soluções ótimas dos produtos técnicos, e assim, determinar a construção funcional e estrutural (BACK et al., 2003). Além disso, ao projetar-se um

produto para uso de pessoas, Back (1983) ressalta a importância de reconhecer que o homem é dotado de capacidades limitadas, por isso deve moldar ao usuário, independente do contato direto ou indireto, seja em qual ambiente que ele se encontre, de modo que descubra a melhor forma de interpretar os requisitos, como características de projeto e incorporá-lo no produto. Neste ponto de vista, Pahl et al. (2005) especifica as atividades multifacetada de interesse da engenharia, onde abrangem quase todos os campos da atividade humana ao descrever as características técnicas, econômicas e ecológicas no desenvolvimento e projeto do produto perante o fabricante e o usuário.

Conforme Clausing (1994), com o avanço da tecnologia e a crescente complexidade dos produtos, as empresas começaram a apresentar diversos problemas e limitações, tais como: dificuldade de projetar com simplicidade, a falta de atenção com a qualidade do produto, tempos excessivos de desenvolvimento, inexistência de integração entre as fases de projeto e produção, falta de foco no cliente, pouco envolvimento com fornecedores no desenvolvimento de produtos e falhas no processo de melhoria contínua.

Através do conceito de ES, as atividades do processo de desenvolvimento passaram a ser efetuadas de forma concorrente e as decisões passaram a levar em consideração os requisitos e as experiências das diversas áreas envolvidas e as atividades relacionadas com o desenvolvimento de produtos realizadas por uma equipe multifuncional. Clausing (1994) afirma que para o sucesso da aplicação da ES, os membros desta equipe não devem ser pessoas extremamente especializadas, mas que combinem bem o escopo e profundidade de conhecimento. Quando necessário, a pessoa desta equipe deve consultar outros especialistas que, apesar do perfil mais técnico, também devem ser comunicativas e ter conhecimento da integração de seu trabalho com outras áreas.

Para chegar a uma decisão mais concisa, Shimizu (2006) enfatiza que, a análise do problema deve ser estendida a um grupo de pessoas, cada qual com estrutura própria de preferência, visualizando sequências diferentes de resultados, interesses e responsabilidades. Através da discussão em grupo, a solução de inúmeros problemas complexos e difíceis de decisão é facilitada como, (SHIMIZU, 2006):

- a) Gerando ideias criativas e planos;
- b) Resolvendo o conflito do poder;

- c) Analisando e negociando os conflitos de objetivos e de pontos de vista;
- d) Assumindo os níveis de risco e incerteza;
- e) Escolhendo a alternativa adequada para a organização;
- f) Executando a tarefa de avaliação;
- g) Efetuando o acompanhamento

Visando neste contexto, para a proposta de “*Framework*” conceitual com o propósito de unir os conceitos aplicados em ES no desenvolvimento de produtos, interessa-se por uma equipe multidisciplinar, composta de pessoas de diferentes áreas envolvidas, seja com o produto ou com o usuário final, permitindo a consulta e troca de informações de cada profissional.

Os estudos mostram que a maioria do custo total do produto é determinada nas fases de projeto, onde Barton et al (2002) apontam cerca de 70% dos custos estão definidos no início da atividade do projeto. Entre a fase de concepção e a fase de projeto, são fases que determinam desde os requisitos até a definição das especificações do produto, o qual se verifica um cenário com alto grau de incertezas, assim como um leque de escolhas, porém com pouca influência nos custos (Rozenfeld et. al, 2006).

Com a ES, segundo Schneider (1994), obtém cerca de 50% de redução no tempo de desenvolvimento do produto; entre 60% a 95% nas mudanças de engenharia; cerca de 75% nos refugos e repetição de tarefas; de 60% a 85% nos defeitos; de 20% a 90% no tempo de introdução do produto no mercado e de 60% na frequência de falhas de campo. Como consequência, a qualidade total de projeto pode melhorar de 100% a 600% mais do que os processos desenvolvidos anteriormente. Neste aspecto, com a aplicação de ES no desenvolvimento de produtos, pode-se resultar no prazo menor para fabricação, agilizando a entrega do produto com custo reduzido.

Uma das características da ES é o banco de dados com informações atualizadas pela engenharia de produtos e fabricação, com acesso disponível para todos os membros dos departamentos (HARTLEY, 1998). Back (1983) salienta que estas informações são documentos e referências particulares, os quais não são encontradas em fontes comuns e traz vantagens no apoio de futuros projetos.

Conforme Hartley (1998), na ES usam-se recursos e ferramentas informatizadas para agilizar os processos, utilizam-se de práticas gerenciais e instrumentos como TQM (*Total Quality Management*) e projetos orientado para

fabricação e montagem. Define-se também que a ES “é um ambiente de desenvolvimento, no qual a tecnologia de projeto auxiliado por computador é utilizada para melhorar a qualidade do produto, não somente durante o desenvolvimento, mas em todo ciclo de vida” (PRASAD, 1996). O uso das ferramentas CAD/CAE/CAM (software no auxílio de desenho, engenharia e manufatura) e o projeto voltado a DFA (*Design for Assembly* ou Projeto para Montagem) e DFM (*Design for Manufacturing* ou projeto para Manufatura) proporcionam a sistematização dos dados e automatização de projetar os produtos, possibilitando a previsão de problemas futuros no produto, antes mesmo da fabricação, contribuindo também para a redução dos custos, nos prazos de desenvolvimento e atribuindo qualidade nos produtos.

Dentre os diversos conceitos da ES, está o tópico de desenvolver o produto visando atender às expectativas do cliente (HARTLEY, 1998), sendo este, o principal parâmetro para o desenvolvimento do produto com objetivo de atender a necessidade do usuário dentro do contexto de acessibilidade. Contudo, para aplicação e obtenção de sucesso da ES, é imprescindível que a equipe multidisciplinar tenha entre seus elementos na execução da força-tarefa: a comunicação clara, a integração, a cooperação, a disciplina, compartilhamento das informações e a confiança (CLEETUS, 1992).

Desta forma, segundo Baxter (2000), serão geradas as melhores ideias que “devem ser convertidas em especificações de projeto, para orientar o desenvolvimento e fornecer diretrizes para controlar a qualidade desse desenvolvimento”.

4.5 INCLUINDO OS FORNECEDORES

Algumas vezes é necessário de juntar ao time representantes de fornecedores. Os fornecedores principais normalmente passam a oferecer soluções inovadoras e econômicas para certas condições de projeto, que muitas vezes o time pode julgar consagrado pelo uso em outros projetos. Através da participação do fornecedor no time, este pode fazer sugestões e diminuir o custo e “*lead time*” de entrega (HADDAD, 1996).

Para diminuir ainda mais o *“time-to-market”* e assegurar um bom nível de qualidade, a integração com os fornecedores no início do desenvolvimento é essencial, pois permite através de participação no time de desenvolvimento fazer sugestões de material e estética aliada à manufatura para melhorar a qualidade e diminuir o custo (HADDAD, 1996).

Com o fornecedor participando dos times na empresa estudada pelo autor, foi notada uma grande mudança de conceitos que eram considerados intransponíveis devido ao sucesso em projetos do passado. Novos materiais e componentes permitiram grande agilidade na produção e importante redução de custos de insumos.

O fornecedor pode ser representado por um membro da qualidade, que tem como objetivo garantir que os passos do projeto e as características fundamentais do produto não possíveis de fabricação, atendendo todos os requisitos técnicos especificados pelo cliente e que não possam acarretar riscos ao cliente final.

Os objetivos de custos do produto, custo do projeto, o *“lead time”* e a qualidade foram cumpridos integralmente em tais projetos. Todos estes projetos de implantação dos times não acarretaram em gastos adicionais para a empresa, somente na disposição do tempo do pessoal para as reuniões, e não representou nenhum risco, em nenhum momento do projeto, visto a importância de inserir o fornecedor no processo de desenvolvimento do produto. A ES deve procurar uma forma de inserir o fornecedor na fase de projeto do produto para maximizar os ganhos.

4.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As recomendações foram baseadas na literatura estudada e nos pontos vivenciados pelo autor na implantação e atuação em times de ES. Assim, de forma resumida, os passos aqui recomendados representam uma estratégia de implantação que teve em consideração as recomendações teóricas e as evidências empíricas de casos reais:

- 1- Convencer e obter a aprovação da alta cúpula: é necessário que a alta cúpula da empresa participe da decisão de rever o processo de desenvolvimento dos

- produtos, e mais que isto, precisa estar convencida de que esta é uma solução viável;
- 2- Fazer uso de análises críticas entre engenharia e produção: estabelecer o conceito cliente-fornecedor interno, principalmente entre a engenharia de desenvolvimento, engenharia de processos e produção no recebimento de novos projetos, utilizando-se de uma análise crítica formal entre estas fases;
 - 3- Estabelecer o melhor momento para formar o grupo: após os conflitos iniciais, é prudente aguardar para que se estabilize o conceito cliente-fornecedor interno entre os departamentos e então formar um grupo guia multifuncional;
 - 4- Fazer uma ampla análise do “*lead time*” e custos dos projetos anteriores: é preciso conhecer todos os dados dos produtos, como as fases detalhadas do desenvolvimento do projeto, tempo usado em cada fase, número de mudanças de projeto e os motivos, custos envolvidos etc. Somente desta forma pode-se comparar os dados atuais com os futuros e então estabelecer objetivos e linhas guia de atuação;
 - 5- Integrar os engenheiros de projeto e produção: dentro da perspectiva descrita no conceito cliente-fornecedor interno. Pode-se ainda estabelecer regras de projeto e regras de produção que devem ser respeitadas nos projetos;
 - 6- Selecionar os membros do time piloto: escolher entre os departamentos de engenharia de desenvolvimento, engenharia de processos e produção de acordo com o produto selecionado e estratégia adotada. É conveniente indicar um facilitador da média gerência e posteriormente votar juntamente com o time um líder;
 - 7- Incluir ou ouvir fornecedores nos times: os fornecedores oferecem soluções inovadoras e econômicas, muitas vezes particularizando uma aplicação.
 - 8- Estabelecer os objetivos com o time: é importante que os objetivos sejam claros e estabelecidos em conjunto com os membros do time, de forma alguma devem ser impostos pelo líder;
 - 9- Discutir e definir as ferramentas disponíveis: as ferramentas podem ser estabelecidas no desenvolvimento das atividades ou definidas antecipadamente. Treinar o time nas ferramentas;
 - 10- Iniciar;
 - 11- Examinar os resultados parciais e compartilhar com o time;
 - 12- Avaliar os resultados finais em comparação com os objetivos concordados;

De acordo com as pesquisas efetuadas, observou-se que nenhum autor fornece de forma isenta e transparente as fases para implantação da ES com menor risco possível. Todos, sem exceção, fornecem conceitos básicos, nem sempre abordando os insucessos e expectativas às vezes frustrados que muitas vezes acompanham o processo de implantação. O cerne deste trabalho está justamente em sugerir uma ferramenta para este processo, considerando-se as recomendações de diversos autores, mesmo quando limitadas a explicar apenas parte do todo, o que só foi possível pela experiência prática do autor deste trabalho.

O capítulo seguinte sugere a Solicitação de Análise de Processos, como uma ferramenta complementar da ES, para uma implantação de uma comunicação efetiva e formal para integração entre os times de Projeto do Produto e Produção.

5. SOLICITAÇÃO DE ANÁLISE DE PROCESSOS COMO FERRAMENTA DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA

Neste capítulo é apresentada a Solicitação de Análise de Processos (SAP) como ferramenta da Engenharia Simultânea, bem como o procedimento para implantação e os possíveis resultados que esta ferramenta pode trazer para corporação.

5.1 A SOLICITAÇÃO DE ANÁLISE DE PROCESSOS

Por tratar-se de um paradigma que envolve uma transformação organizacional, a ES deve ser planejada e executada em um prazo relativamente curto dentro das empresas, sempre atentando para os pré-requisitos necessários à implantação de novas ferramentas de desenvolvimento do trabalho, não caindo nas armadilhas da "simplicidade à primeira vista". Antes de qualquer implantação de ES, como verificado, há que se investir em sistemas de informações eficientes para que haja transparência administrativa e em treinamento para o desenvolvimento talentos humanos em todos os níveis, promovendo uma maior participação de todos nas tomadas de decisões.

Seguindo estas recomendações, foi sugerido um caminho para a implantação da ES de modo a auxiliar/estimular àqueles que pretendem implantá-la, que é o objetivo principal deste trabalho. Foi então utilizado a ferramenta SAP (Solicitação de Análise de Processos) como sendo uma ferramenta complementar da ES para integração entre as áreas de Projeto de Produto com a Manufatura/Produção.

Sabendo-se que poucos projetistas conhecem processos de fabricação, elaborou-se uma ferramenta para fazer a integração prática e conseqüentemente uma comunicação formal entre o projeto do produto e a produção. Essa ferramenta foi denominada de SAP – Solicitação de Análise de Processos, o qual tem como objetivo, contribuir para maximizar os ganhos da ES no desenvolvimento de novos produtos em diversos seguimentos industriais.

Durante a emissão de cada novo desenho do produto (ou parte dele) a ser emitido pela Engenharia do Produto, a Engenharia de Manufatura/Produção deve

realizar uma análise do processo de fabricação junto a equipe responsável pela produção ou pelo fornecedor através da SAP (Solicitação de Análise de Processos) antes de a liberação do desenho definitivo ser formalizado para produção.

Nesta análise, o departamento de manufatura ou os fornecedores deverão preencher um formulário (eletrônico ou não) emitido previamente pela Engenharia do Produto, com comentários e sugestões de alteração do projeto quando aplicáveis, sugerindo modificações que podem ser introduzidas para melhoria do produto ou processo, tais como:

- Redução de custos;
- Menor tempo de usinagem;
- Simplificação do ferramental;
- Comunização de materiais;
- Melhoria da qualidade do produto;
- Redução do número de peças;
- Redução das etapas de fabricação;
- Eliminação da necessidade do uso de ferramentas especiais.

Esta análise antecipada do processo de fabricação, evitar alterações futuras no projeto. Na maioria das vezes, as necessidades de alterações são vistas como erros, naturalmente os envolvidos com sua origem tendem a procurar culpados. Benedetto e Trabasso (1997) descrevem que todas as mudanças mesmo sendo de erros, deveriam ser encaradas como uma oportunidade de melhoria. Sendo assim, a SAP tem como objetivo antecipar a necessidade de alteração devido a problemas encontrados e deve ser encarada de maneira positiva, como uma melhoria, visto que todo o conhecimento novo, fruto das avaliações na busca por uma solução e da própria execução, é um resultado positivo, o que deve ser registrado como uma lição aprendida pela empresa.

Dentre as atividades de desenvolvimento de novos produtos, como análise dos processos de fabricação, bem como o ambiente que afeta a fabricação desse produto, deve ser realizada pela Engenharia de Manufatura uma análise prévia do projeto utilizando a SAP, com foco no processo de fabricação, garantindo que toda especificação técnica do desenho, como dimensional, material, proteção superficial, acabamento ou outras especificações, possam ser atendidas no processo de fabricação, ou sugerindo ainda alterações para que durante a fase de fabricação o

processo possa atender o projeto integralmente sem a necessidade de modificações futuras. Desta forma, todo novo desenho a ser liberado para produção ou para os fornecedores devem ter uma análise previa realizada pela Manufatura/Produção registrada.

A emissão formal de um desenho técnico deve ser acompanhada pela análise de processo de fabricação através da SAP, com suporte do departamento de documentação técnica, de forma a garantir que nenhum desenho (projeto) deve ser liberado para produção sem a devida análise e posteriormente, estas informações sejam inseridas no banco de dados da empresa.

5.2 IMPLANTAÇÃO DA SOLICITAÇÃO DE ANÁLISE DE PROCESSOS

Engenharia Simultânea pode ser adotada com a intenção de ampliar a qualidade do projeto e conseqüentemente do produto; reduzir os prazos globais de execução; integrar os agentes envolvidos no processo e auxiliar na introdução de novas tecnologias e métodos no processo de produção.

Segundo Lugli e Naveiro (1996) “a chave para implantação da ES é alcançar o mais cedo possível a integração do conhecimento prático da empresa na atividade de projetar um produto”. Neste sentido, foi desenvolvida uma estratégia para implantar melhorias no produto de forma a não se criar investimentos significativos em alterações técnicas, sejam no projeto ou processo de fabricação.

Sabendo que alterações técnicas do produto envolvem custos e um grande impacto no gerenciamento da informação, já que é imprescindível garantir que todos os envolvidos no processo de fabricação de um produto estejam com o mesmo nível de informação, ou seja, é primordial garantir que todos envolvidos tenham o desenho com o mesmo nível de revisão.

Neste sentido, a SAP objetiva a identificação dos problemas de processos de fabricação decorrentes do projeto ou mesmo na qualidade do produto decorrente do processo de fabricação, sugerindo melhorias no projeto antes da liberação final do produto para fabricação. Pode se afirmar que a SAP é uma ferramenta desenvolvida com objetivo de prescrever meios formais de registros de melhorias do produto e processos, antes da emissão de um produto para produção.

O formulário (SAP) deverá ser preenchido por um responsável da engenharia de manufatura (produção) ou pelo responsável técnico do fornecedor, informando as alterações técnicas necessárias ou melhorias, de forma a garantir que o processo de fabricação possa atender integralmente as características técnicas indicadas no desenho do produto, evitando necessidade de futuras modificações.

A análise do processo de fabricação do produto deverá considerar o volume de produção indicada previamente no formulário, visto que este pode afetar diretamente na definição do melhor meio para fabricação, consideração o custo e o prazo para desenvolvimento de um novo ferramental como exemplo.

Figura 4: Modelo formulário Solicitação de Análise de Processos.

SOLICITAÇÃO DE ANÁLISE DE PROCESSOS PROCESS ANALYSIS REQUEST		No.
Item No.:	Descrição/Description:	
Volume Anual /Annual volume:	No. de anexos/ No. of attachments:	
ANÁLISE DE PROCESSO DE / PROCESS ANALYSIS OF:		
<input type="checkbox"/> Fundição em areia / Sand casting	<input type="checkbox"/> Estampagem / Stamping	
<input type="checkbox"/> Fundição em coquilha / Chill casting	<input type="checkbox"/> Usinagem / Machining	
<input type="checkbox"/> Fundição sob pressão / Die casting	<input type="checkbox"/> Tratamento térmico. / Heat treatment	
<input type="checkbox"/> Micro-fundição / Micro-casting	<input type="checkbox"/> Proteção superficial/Surface protection	
<input type="checkbox"/> Sinterização / Sintering	<input type="checkbox"/> Pintura / Painting	
<input type="checkbox"/> Forjamento / Forging	<input type="checkbox"/> Outros / Others:	
RESULTADO DA ANÁLISE DE PROCESSOS / PROCESS ANALYSIS RESULTS		
COORD.	CARACTERISICA /DIMENSÃO CHARACTERISTIC/ DIMENSION	COMENTÁRIOS/ COMMENTS
Analisado por:	Dep.:	Data:

Fonte: o autor.

O formulário deverá ser preenchido conforme a recomendação:

- 1) No: Numero do registro do documento, numero do produto, descrição e volume anual. Preenchido pela Engenharia do Produto.

- 2) ANÁLISE DE PROCESSOS: Indicar o(s) tipo(s) de processo analisado(s).
RESULTADOS DA ANÁLISE DE PROCESSOS:
- 3) COORD.: preencher com a coordenada do desenho. Ex.: B5
- 4) CARACTERÍSTICA DIMENSÃO: preencher com a dimensão ou característica analisada. Ex.: $10 \pm 0,5$
- 5) COMENTARIOS: preencher com os comentários e sugestões para alteração do desenho, quando aplicáveis. Analisar o processo de fabricação do item para condições de produção seriada, da seguinte maneira: Ex.: 10 ± 1 .

Indicar as dimensões em características referidas no desenho que não possam ser atendidas pelo processo ou equipamento disponíveis.

Ou,

Sugerir alterações que poderiam ser introduzidas para a melhoria do processo, tais como:

- Redução de custos;
- Menor tempo de usinagem;
- Menor desgaste de ferramenta;
- Simplificação de ferramental;
- Outros – descrever.

O responsável pela análise, também pode informar se for o caso, que o processo de fabricação atende totalmente aos requisitos do projeto, sem necessidade de qualquer alteração.

A SAP permite a sobreposição das atividades do projeto e processo de fabricação, excetuando-se a “qualidade do produto”, e permite a sobreposição de fases (BLACKBURN et al. 1996).

O fluxograma do processo de emissão de um novo desenho do produto, ou parte dele deve seguir os seguintes passos conforme representado na Figura 6.

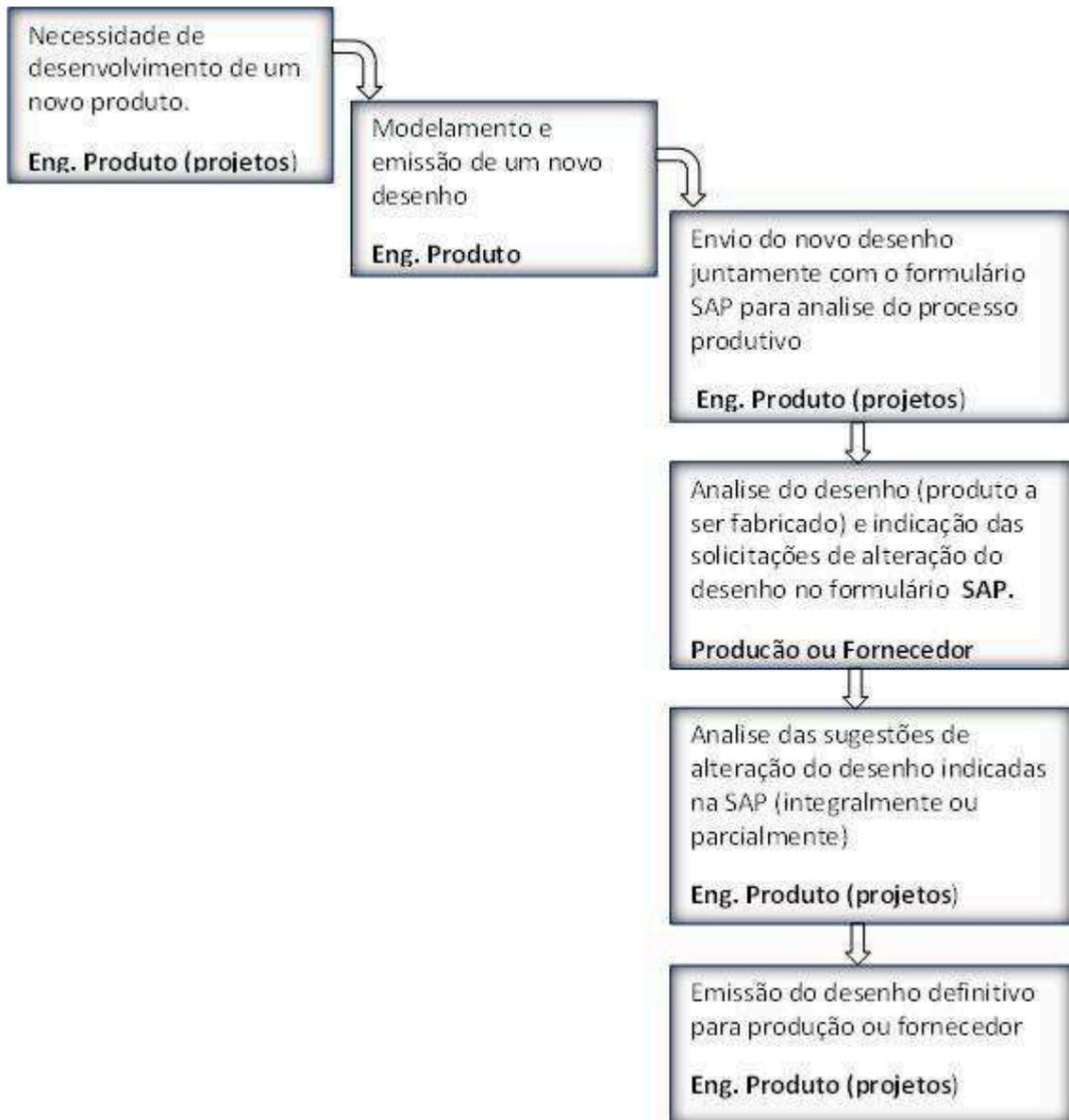
Após a entrada da solicitação de desenvolvimento de um novo produto ou parte dele, a Engenharia de produto elabora o desenho 3D e 2D via sistema CAD e emite o novo desenho juntamente com o formulário da SAP para Engenharia de Manufatura (Produção) ou para o departamento de Compras, para que se for o caso

o fornecedor possa avaliar tecnicamente o processo de fabricação desse novo produto.

No caso de o produto for fabricado por terceiros (fornecedores), o departamento de compras deverá enviar junto com a solicitação de cotação e o novo desenho do produto a ser fabricado o formulário da SAP para análise do processo de fabricação a ser realizado pelo fornecedor. É comum muitos fornecedores “vencer” o processo de fornecimento da peça baseado apenas em uma análise comercial e neste momento o fornecedor realiza apenas uma análise técnica superficial do processo de fabricação; porém, posteriormente este fornecedor solicita alterações do produto por observar que o processo de fabricação não atende algumas especificações técnicas do desenho, gerando grande quantidade de peças rejeitadas ou desvios na produção.

Após o retorno do formulário da SAP preenchido pela Engenharia de Manufatura ou pelo fornecedor, a Engenharia de Produto faz um estudo da viabilidade técnica de atender as indicações da solicitação de alteração técnica do desenho. Esta alteração pode ocorrer no desenho integralmente ou parcialmente. Alterado o desenho, o mesmo se tornará um desenho definitivo e será encaminhado para o departamento de documentação técnica e segue para produção.

Figura 5: Fluxograma da Solicitação de Análise de Processos.



Fonte: o autor.

5.3 ANÁLISE DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO AUXILIADO POR SISTEMA COMPUTACIONAL

Nas organizações, o crescimento da quantidade de informação é exponencial, o histórico precisa ser mantido e, a cada dia, novos dados são inseridos no sistema.

Gerenciar esta informação, que mais tarde será usada como conhecimento, é fundamental, este é o papel dos *softwares* vinculados a bancos de dados.

Do ponto de vista da Tecnologia da Informação, o emprego da informática e tecnologia dá apoio às decisões e são importantes ferramentas para o desenvolvimento de produtos com ES. Além de permitir, de forma mais barata e eficiente, a interatividade de pessoas alocadas em áreas geograficamente distintas, a informática e as telecomunicações possibilitam: o desenvolvimento de projetos parametrizáveis, como cálculos e simulações, que podem ser sofisticados e mais detalhados, de forma a buscar soluções melhores para as especialidades de produtos e de processos e, principalmente, permitindo uma maior integração e análise global das soluções; a formação de bancos de dados (nos quais se armazenam as soluções anteriores e os resultados obtidos), voltados a retroalimentar o processo de desenvolvimento do produto com experiências passadas.

Um *software* para emissão, registro e controle da SAP (Solicitação de Análise de Processos) deve ser avaliado pela empresa. Esta ferramenta (SAP) geralmente pode ser incorporada aos *softwares* que gerenciam as modificações ou alterações do produto.

Para Rozenfeld et al. (2006), o gerenciamento de mudanças é uma atividade complexa, formada por misturas de planejamento, tomada de decisões e uma negociação. A qualidade e atualização das informações sobre a mudança são requisitos básicos para o gerenciamento e resultado das melhores decisões. Um apoio fundamental é o das ferramentas computacionais conhecidas como *softwares* de gestão de projeto. Esses sistemas automatizam os cálculos de tempo, utilização e nivelamento dos recursos e custos. Os *softwares* de gestão de projeto podem criar cenários para visualizar diferentes alternativas e definir o melhor planejamento possível, eles aumentam a capacidade humana de monitorar as datas planejadas e compará-las com as datas reais.

Segundo Carvalho (1999), sistemas computacionais podem ser desenvolvidos e implantados para apoiar o Gerenciamento de Mudanças de Engenharia. Para atender às necessidades de integração, o trabalho sugere como facilitador para implantação da SAP, desenvolver sistemas de informação abrangentes, que pudessem tratar o maior número possível de transações de uma área ou de um conjunto de áreas, todas utilizando uma única e grande base de dados. Assim, a

integração ocorreria naturalmente, por meio de acesso direto e compartilhado a essa grande base de dados, comum às diversas áreas de negócio.

Os softwares de computador são um conjunto de instruções que executam determinadas tarefas, estes fazem a interface entre o usuário e o banco de dados. É através dos sistemas computacionais que os usuários podem acessar e inserir informações em banco de dados. Os softwares também são utilizados para gerar novas informações no conteúdo intelectual da empresa.

Para a implantação da SAP, o software pode se tornar tão importante quanto o banco de dados, pois sem a instrução correta, os dados não serão armazenados de maneira compreensiva, assim os usuários não terão as informações precisas e de forma objetiva, que pode ser em forma de relatórios, gráficos, planilhas, entre outros.

Para o gerenciamento do fluxo de informações do Desenho Técnico de Engenharia preliminar e a SAP, deverão se incorporar ao software o sistema de *workflow*, que será responsável pelo direcionamento das mudanças para os setores envolvidos de forma instantânea e assertiva.

5.4 UTILIZAÇÃO DO SISTEMA WORKFLOW PARA ANÁLISE DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO

O conceito de *workflow* surgiu no início dos anos 90, e é uma das tecnologias que apoiam o trabalho corporativo, permitindo distribuir facilmente tarefas entre os recursos da empresa, suportado por um sistema computacional, conforme visto na Figura 7.

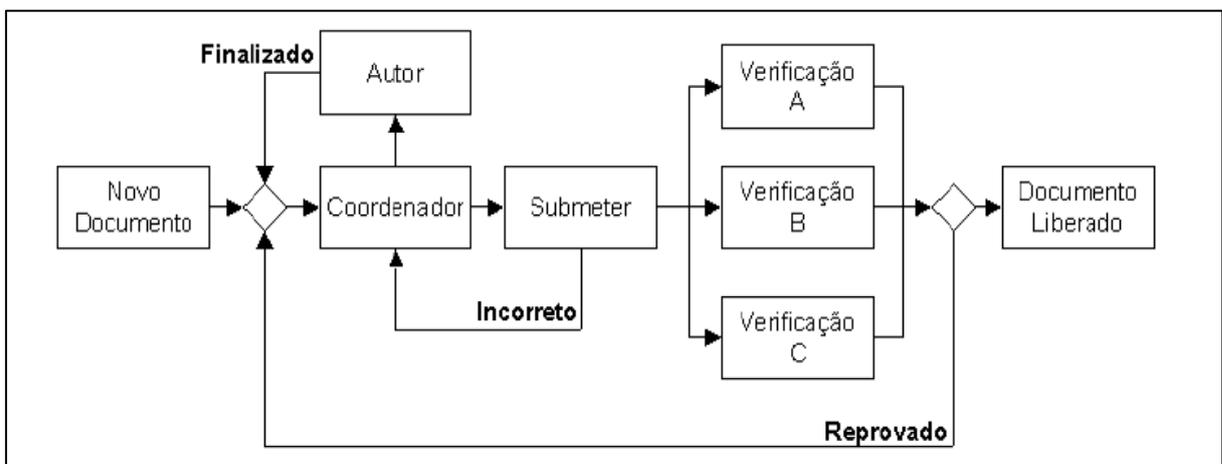
O *workflow* é, literalmente, um fluxo automático de trabalho, composto por um conjunto de atividades e informações, com seus respectivos responsáveis. Esta ferramenta traz uma série de benefícios, como:

- Melhoria no controle dos processos da empresa (reduzindo a intervenção gerencial);
- Aprimoramento da qualidade de seus serviços, pois diminui o tempo de resposta;

- Redução dos custos de treinamento (o processo, por si só, passa a ser um guia do usuário) e gerenciamento (os gerentes passam a se dedicar a tarefas mais nobres).

Também é definido como a facilitação ou automação computadorizada do processo, em parte ou completo, descrito como um sistema que, de forma completa, define, gerencia e executa fluxos de trabalho por meio de *software* (ROZENFELD et al., 2006).

Figura 6: Exemplo de workflow no processo de aprovação e liberação de documentos.



Fonte: ROZENFELD et al (2006).

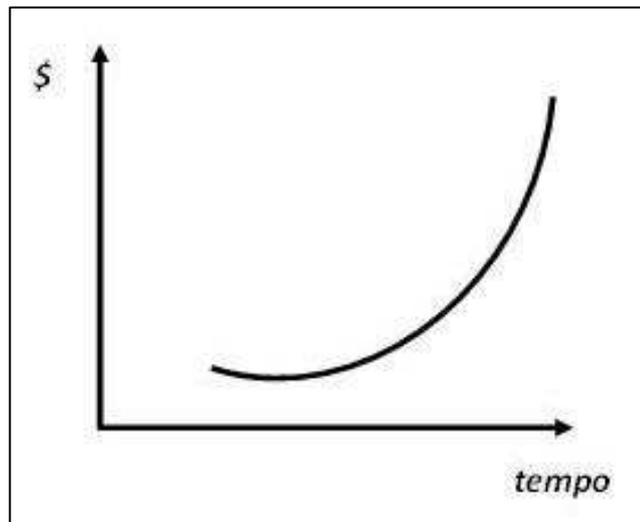
Conforme Cruz (2004), com um *software* de *workflow* é possível aumentar a produtividade para taxas próximas ao limite de 80% do tempo útil. Porém, mesmo dispondo da mais avançada tecnologia, precisa ficar claro que sem a participação das pessoas é impossível qualquer *software* funcionar direito. Qualquer processo implantado num *software* de *workflow* tem sua produtividade aumentada em no mínimo 30% nos primeiros seis meses.

Ainda segundo Cruz (2004), a mudança na forma de trabalhar que se encontra na maioria das empresas, via a implantação do fluxo de processos automatizados, não é pequena, nem fácil e reconhecer isso com antecedência é garantir melhores condições para que o projeto tenha sucesso.

5.5 REDUZINDO O NUMERO DE ALTERAÇÃO TÉCNICAS DE PROJETO

Mudanças sempre ocorrem, dada a natureza do processo de desenvolvimento, e o importante é fazer com que elas ocorram no início do desenvolvimento, quando o custo das alterações é bem menor, conforme representado na Figura 8. E esse é um dos objetivos da Engenharia Simultânea, auxiliado pela ferramenta SAP. É importante reduzir ao máximo o número de alterações técnicas do produto e fazer com que mudanças no produto ocorram na fase de desenvolvimento.

Figura 7: Representação do Custo de Modificação.



Fonte: adaptado de Rozenfeld (2006)

As solicitações para mudança de engenharia, na sua grande maioria, são provenientes do chão de fábrica, fornecedores ou de clientes. As solicitações provenientes de clientes são recebidas pelo Pós-vendas, gestores de vendas ou até mesmo pela equipe de Instalações, os quais trazem estas demandas em forma de anotação, ou seja, Solicitação de Mudança (SM). E quando as SM são provenientes dos fornecedores, cria-se uma dificuldade ainda maior para o departamento de Compras, que deverá emitir e acompanhar a SM junto à Engenharia do Produto.

Em sua grande maioria, segundo pesquisas, as solicitações consistem de problemas, reduções de custos e melhorias nos produtos (HORTA, 2001). Segundo Horta (2001), os operadores do chão de fábrica são responsáveis pela maioria das

solicitações de mudanças, as quais muitas vezes já vêm com sugestões ou solução preliminar de como fazê-las. Isto possui um lado positivo de não sobrecarregar a Engenharia, visto que evita solicitações incoerentes e ainda permite a análise de uma solução previamente proposta.

Entretanto, as solicitações de mudanças deverão ser reduzidas ao máximo, uma vez que qualquer alteração do produto pode afetar o projeto em maior ou menor grau, porem certamente prejudicará os ganhos da empresa. Como visto nos capítulos anteriores, mudanças do produto ocorridas tardiamente podem comprometer o sucesso do projeto.

5.5.1 Identificando e Propondo Alterações do Produto pela Engenharia de Manufatura

Esta fase compreende as seguintes atividades:

- Encaminhar problema
- Avaliar problema
- Solicitar problema
- Encaminhar solicitação

O processo tem início com o responsável pela análise e preenchimento da SAP, identificando e sugerindo um pedido de mudança e registrando em um sistema computacional. A sugestão de alteração pode estar relacionada com ideias de melhorias, redução de custo ou para facilitar o processo produtivo. Estes podem ser gerados por diversas fontes.

Após análise e preenchimento da SAP uma mensagem automática é enviada pelo Gerenciador de Projetos (GDP) ou responsável pela liberação do produto para produção. Como primeira atividade a ser executada tem-se a avaliação da sugestão de alteração técnica do novo produto, indicado no formulário da SAP.

5.5.2 Sugerindo Alterações Técnicas do Projeto

Esta fase compreende as seguintes atividades:

- Analisar mudança
- Propor solução
- Ordenar mudança

Os formulários da SAP são analisados e complementados com informações extras que demonstrem a escala do problema, como: o código do produto (peça), volume anual e do desenho técnico preliminar emitido pela Engenharia do Produto.

De posse de todas as informações necessárias, é realizada uma avaliação das consequências das sugestões de modificação indicadas na SAP, analisando primeiramente o impacto e a abrangência, para posterior classificação (alteração ou melhoria). Dependendo do resultado dessa análise, o procedimento de mudança é iniciado (HORTA, 2001).

Após análise da SAP pela Engenharia de Manufatura (ou responsável pela fabricação do produto), a SAP com as sugestões de alteração do produto deve ser encaminhada para o supervisor do projeto ou responsável da Engenharia de Produto. Esta sugestão de alteração deve propor a necessidade de alteração do projeto e justificá-lo. Neste caso, ele é avaliado pelo engenheiro do produto/projetista, podendo ou não ser aceito. Ao final do seu trabalho, o projetista elabora um novo projeto para liberação oficial dentro da companhia, e caso não afete tecnicamente o produto, as sugestões de alteração indicadas na SAP serão incorporadas ao novo desenho.

5.5.3 Alterar informações Técnicas do Produto

Esta fase compreende as seguintes atividades:

- Planejar mudança
- Verificar plano
- Executar mudança
- Aprovar mudança

As informações do planejamento das mudanças são analisadas pela Engenharia do Produto ou pelo comitê de mudanças. Segundo Rozenfeld (2006), a etapa de planejar a mudança é caracterizada como muito burocrática, demanda

muito tempo do Comitê de Mudanças e só deve ser utilizada em mudanças de alto impacto e abrangência.

As informações da avaliação podem exigir que o Comitê considere que a solução proposta seja reavaliada, há necessidade de maiores detalhes para esclarecimento, ou então aprová-la sem ressalvas. Em casos mais simples não há necessidade de existir um plano de mudança e as modificações sugeridas na SAP podem ser aprovadas diretamente pela Engenharia do Produto, verificando os custos da mudança em relação à solução proposta e escopo do problema.

Após, é encaminhada para o status de 'aprovado' a solução é encaminhada para o projetista que executa as alterações necessárias para atender a mudança. Todas as ações em relação à mudança são registradas. Neste ponto, o processo termina e a solução não pode mais ser alterada, a não ser iniciando um novo pedido de alteração técnica que impacta diretamente do produto, uma vez que nesta fase, o mesmo já está liberado para a produção.

5.6 IMPLEMENTAR MUDANÇAS

Analisando o trabalho de alguns autores (CARVALHO e HORTA, 2001), notam-se alguns documentos mais comuns, utilizados na gestão do processo, sendo eles o Pedido de Mudança de Engenharia (*Engineering Change Request – ECR*): documento que formaliza o pedido de alteração, indicando o possível problema encontrado. A SAP, nesta fase preliminar de liberação de um desenho, pode ser considerada como um documento que solicita modificações de engenharia. E após análise e efetivação das modificações sugeridas pela produção ou fornecedores, as mudanças seguem para implementação.

Esta fase compreende as seguintes atividades:

- Implementar as mudanças.
- Orientar o desenhista/projetista na execução das alterações no produto.
Aprovação do desenho pelo superior.
- Homologar o produto se necessário.
- Realizar reunião de *Design Review* com os solicitantes das mudanças, especialistas, Métodos e Processos, Engenharia da Qualidade e Gerente

da Engenharia de Produto, com a seguinte pauta: revisar aspectos de funcionalidade; necessidades de processo; legislação; *design* higiênico, ergonomia, normas aderentes de segurança, manutenção; processo de manufatura.

- Revisar custo do produto.

O controle efetivo da versão desses documentos de Engenharia após análise e execução das sugestões de alteração do produto pela SAP, bem como de todos os outros utilizados para descrever o produto ou o processo, é de fundamental importância para garantir que as tarefas sejam executadas com as informações corretas.

Em um estudo de caso de implantação de um sistema de Alteração de Produto, Carvalho (1999) identificou alguns requisitos, considerando o processo de desenvolvimento de produto. São eles:

- Dados completos, consistentes e únicos na base de dados;
- Base de dados segura;
- Fluxo de atividades automatizado e consistente;
- Interface amigável;
- Funções gerenciais: preparação da agenda para reuniões, controle do progresso, controle simultâneo das mudanças subordinadas, processo simplificado para mudanças menores, aviso de atraso no processo;
- Desempenho adequado e poucas tarefas necessárias para sua operação;
- Integração com todos os sistemas relacionados da empresa;
- Envolvimento dos fornecedores e parceiros;
- Base de dados do histórico do projeto;
- Inclusão de mudanças de diferentes projetos;
- Compatibilidade com a organização de trabalho em time;
- Custos de implantação e manutenção adequados;
- Suportar diferentes níveis de estrutura organizacional;
- Análise do impacto da mudança
- Interface com o sistema de controle de custo do produto, com o de simulação e análise do produto;
- Planejamento e controle das atividades relacionadas com o processo de mudança.

5.7 O IMPACTO DA ALTERAÇÃO TÉCNICA DO PRODUTO E SUA RELAÇÃO COM A SOLICITAÇÃO DE ANÁLISE DE PROCESSOS

O impacto pode ser minimizado, quanto mais cedo for identificada uma necessidade de mudança dentro do ciclo de vida do produto. Além disso, outras ações devem ser tomadas para atender a esse mesmo objetivo. Os contratos com fornecedores devem constar cláusulas que facilitem a absorção das prováveis mudanças ao longo do ciclo de vida do produto. Mesmo assim, o bom relacionamento com os fornecedores é fundamental (REIDELBACH,1991).

O impacto causado por uma mudança de engenharia é maior em um ambiente produtivo com longo *lead time* (HORTA et al., 2001). Muito disso é devido aos grandes investimentos de inventário necessários e a dificuldade em garantir o resultado previsto nos planos de manufatura.

Uma alteração do produto tardiamente pode impactar:

- Lista de custos;
- Reposição;
- Layout, bloco de engenharia de aplicações;
- Manuais;
- Marketing;
- Configuração da engenharia de vendas;
- Configuração da engenharia de produto;
- Ficha técnica;
- Processo de fabricação;
- Mecatrônica e automação;
- Matriz / gabarito;
- Compras / fornecedor

Produção com longo *lead time* tipicamente envolve bens mais complexos, e com grande vida útil. Neste caso, as indústrias necessitam de um suporte ao produto muito eficiente, além de um ótimo relacionamento com os seus clientes ou com os usuários finais.

Mesmo assim, invariavelmente as demandas dos clientes acabam exigindo mudanças no produto, seja na fase de desenvolvimento, produção, ou mesmo depois da entrega do produto.

Horta (2001) destaca também que é necessário ter atenção na abrangência da mudança focada em seu impacto. Ter uma visão geral de onde/setores dentro da organização a mudança irá impactar e a SAP vem de encontro com essa necessidade de evitar o impacto causado pela necessidade de uma alteração do produto de forma tardia, ou seja, antecipando essa necessidade de alteração técnica decorrente da necessidade de adequar o produto de forma a ser fabricado.

O processo de melhoria incremental via SAP, parte do entendimento dos problemas e as oportunidades de abraçá-los. O processo de transformação inicia-se pelo entendimento da motivação, que está relacionada principalmente com a mudança do patamar de maturidade da empresa.

O critério principal para se diferenciar qual processo deve ser utilizado depende do motivo e grau de mudança da implantação da nova solução. Se for mudança significativa ou que depende de uma maior maturidade, será tratado por transformações de melhoria.

5.8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo observa-se à necessidade de se antecipar as alterações técnicas de um produto e o impacto que essa alteração pode causar no sucesso de um projeto. Ações devem ser tomadas para evitar mudanças indesejáveis, elaborar um planejamento prevendo prováveis mudanças, baseando-se no histórico, em especialistas e mesmo junto ao time que está relacionado com a produção do “dia a dia”, ou seja, com pessoal do chão de fábrica, que muito podem contribuir com o projeto.

Um dos principais objetivos da SAP é agregar maior qualidade ao produto e processos, desenvolvendo fluxos e ferramentas de trabalho mais simples, porém mais assertivos e confiáveis e evitar necessidade de alteração do produto em uma fase posterior ao projeto, onde qualquer alteração em um grau maior ou menor poderá afetar as finanças da empresa.

No capítulo seguinte irá apresentar um estudo de caso com a implantação prática da SAP e mostrará os resultados obtidos com a adoção da SAP como ferramenta no processo de desenvolvimento do produto.

6. ESTUDO DE CASO, UM EXEMPLO PARA APLICAÇÃO DA SOLICITAÇÃO DE ANÁLISE DE PROCESSOS

Esse capítulo será apresentado um exemplo para aplicação da ferramenta SAP como parte do processo de desenvolvimento do produto. Também apresentará os resultados obtidos, antes e após a implementação da SAP em uma companhia do setor automotivo.

6.1 VISÃO GERAL

O setor automobilístico é possuidor de significativa relevância na economia brasileira e, por este motivo ele pode ser considerado uma peça imprescindível na interligação direta e indireta com outros diversos setores da economia. A indústria automobilística tem relações intersetoriais que atingem 200 mil empresas (ANUÁRIO ANFAVEA, 2016). Como consequência desse encadeamento de interdependência natural entre setores são criados elos entre os mesmos, dos quais, em conjunto, passam a ter grande importância para a nação por gerar, dentre outros fatores, a necessidade de investimentos no âmbito corporativo.

Visto essa relevância do setor automobilístico no Brasil, o estudo de caso para implantação da ferramenta SAP ocorreu em empresa que projeta e produz componentes automotivos, o que facilitará que outras empresas do setor automotivo possa adotar esta ferramenta da ES no processo de desenvolvimento do produto.

6.2 INFORMAÇÕES SOBRE A EMPRESA ALVO DO ESTUDO

Com uma população de aproximadamente 18.000 colaboradores e capacidade de produção de 250 unidades de ônibus por dia, é uma das maiores fabricantes de carrocerias de ônibus do mundo. Com investimentos constantes em design e inovação, a empresa participa ativamente no desenvolvimento e

implantação de soluções para o transporte coletivo de passageiros nos principais mercados mundiais, utilizando engenharia nacional.

Diante desse desafio, a organização vem buscando agregar maior qualidade aos seus processos e produtos, porque além de propiciar a satisfação ao cliente, a prática da qualidade, o aumento da padronização dos processos e produtos e o aumento da produtividade refletem na competitividade.

De modo geral, as empresas buscam produzir em maior quantidade, em menor tempo, com mais qualidade e com o menor custo possível. Esta atitude proporciona uma evolução constante nas organizações, pois é necessário encontrar meios de reduzir os custos, otimizando os recursos disponíveis e não abrindo mão da qualidade do produto. Diante deste cenário, as empresas precisam estar atentas às opções disponíveis no mercado, focando sempre em inovações e este é o caso da empresa estudada, o qual esta disposta a adotar a ferramenta SAP como sendo uma inovação no processo de desenvolvimento do produto.

A inovação neste sentido esta baseada no tempo de desenvolvimento do produto e é reconhecida como o caminho para competir como líder tecnológico, possibilitando trabalhar com margens maiores devido ao produto ser mais novo e mais desejável.

Justifica-se também a escolha desta empresa pela relevância da citada, a qual é tema de estudo de diversos autores como Padilha, Pablo (2015); Anjos, Bruno Fonseca dos, (2015); Cassiano, Daniel (2012); Macadar, Beky Moron, (2010); Rosa, José Martins, (2008); Stal, Eva, (2007); Rodrigues, Patrícia (2006), Rocha, Eduardo vieira (2005); Bridi, Astor Eugênio Hexsel (2004), Finger, Hamilton Rodrigues (2002), Cardoso, Marco Aurélio (2002).

A empresa atua no seguimento de micro-ônibus, ônibus urbano e ônibus rodoviários, com uma produção geralmente sob encomenda e customização em massa que é o diferencial da empresa. Entretanto, por ser muitas vezes uma produção customizada há necessidade de se criar diversos projetos (peças), com emissão diária de novos desenhos de engenharia.

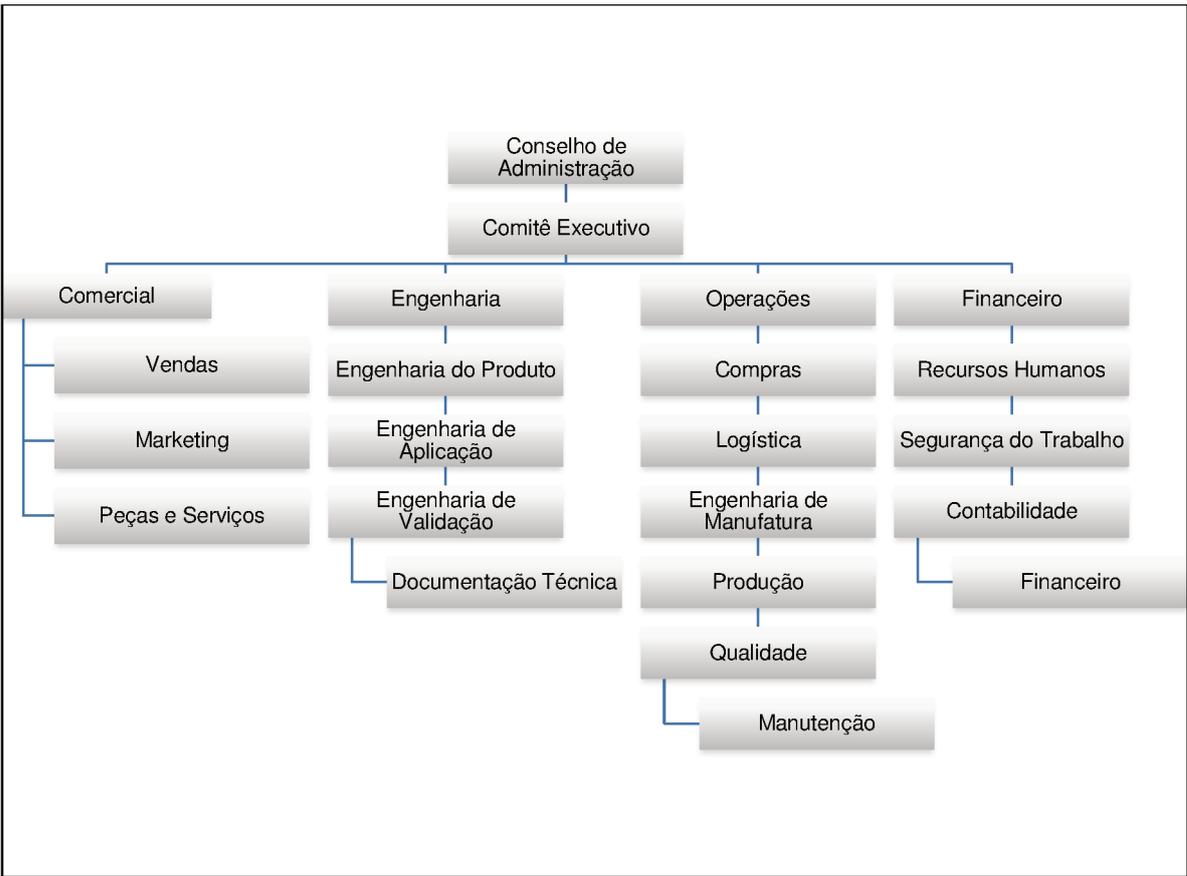
6.3 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL

A estrutura organizacional da empresa estudada está dividida em quatro áreas definidas pela empresa para atender os objetivos de forma eficaz. A estrutura organizacional é apresentada no organograma da Figura 9.

O organograma estabelece a divisão do trabalho mediante o funcionamento da organização e possibilita o conhecimento formal da comunicação, níveis de responsabilidade e autonomia de cada área e gestor.

O sistema de gestão tem como objetivo básico dar suporte ao atendimento do planejamento estratégico da organização, incluindo os pilares que conduzem a atuação da empresa, política da qualidade, missão, visão, valores e negócio.

Figura 8: Organograma Estrutural.



Fonte: o autor.

6.4 APLICAÇÃO DA SOLICITAÇÃO DE ANÁLISE DE PROCESSOS NA EMPRESA

A diretoria da empresa observou longos “lead-times” para resolver conflitos entre as atividades de projeto e produção, impactando diretamente no prazo e no custo final deste produto. Como afirma Stalk Junior (1988), este “*lead-time*” cresce quanto maior for o elo do planejamento, aumentando custos, incrementando atrasos e criando sistemas ineficientes. A solução é “quebrar” o falta de comunicação ou adequar o fluxo de informações entre a Engenharia do Produto e Engenharia de Manufatura/Produção.

Neste caso, a ES, utilizando a ferramenta SAP foi adotada pela empresa como forma de formalizar a comunicação técnica entre estes departamentos e conseqüentemente, aprovar o produto final para produção sem a necessidade de qualquer alteração futura, decorrente do processo produtivo.

Ao longo do ano de 2017, durante as atividades de desenvolvimento de novos produtos, foi realizada uma análise do projeto pela Engenharia de Manufatura/Produção, utilizando a ferramenta SAP, com foco no processo de fabricação; de forma a garantir que todo novo desenho a ser liberado para produção e para os fornecedores teriam uma análise previa registrada. A emissão formal de um desenho técnico foi acompanhada pelo autor, com suporte do departamento de documentação técnica de forma a garantir que nenhum projeto fosse liberado para produção sem a devida análise.

Cada novo desenho (produto) a ser emitido pela Engenharia do Produto, deveria obrigatoriamente ter uma Análise do Processo de fabricação a ser realizado pela Manufatura/Produção ou pelo fornecedor através da SAP antes de a liberação final ser formalizada para produção. Nesta análise, o departamento de manufatura/produção ou os fornecedores deveriam preencher um formulário emitido previamente pela engenharia de produto, com os comentários e sugestões de alteração do projeto quando aplicáveis, sugerindo modificações que poderiam ser introduzidas para melhoria do produto ou processos de fabricação.

Após o preenchimento da SAP, o fluxo de entrada das solicitações de mudanças de alteração ou melhoria é centralizado via Engenharia do Produto e

conduzido pelo Analista de Mudanças de Engenharia, que efetiva o pedido junto ao engenheiro responsável pelo projeto.

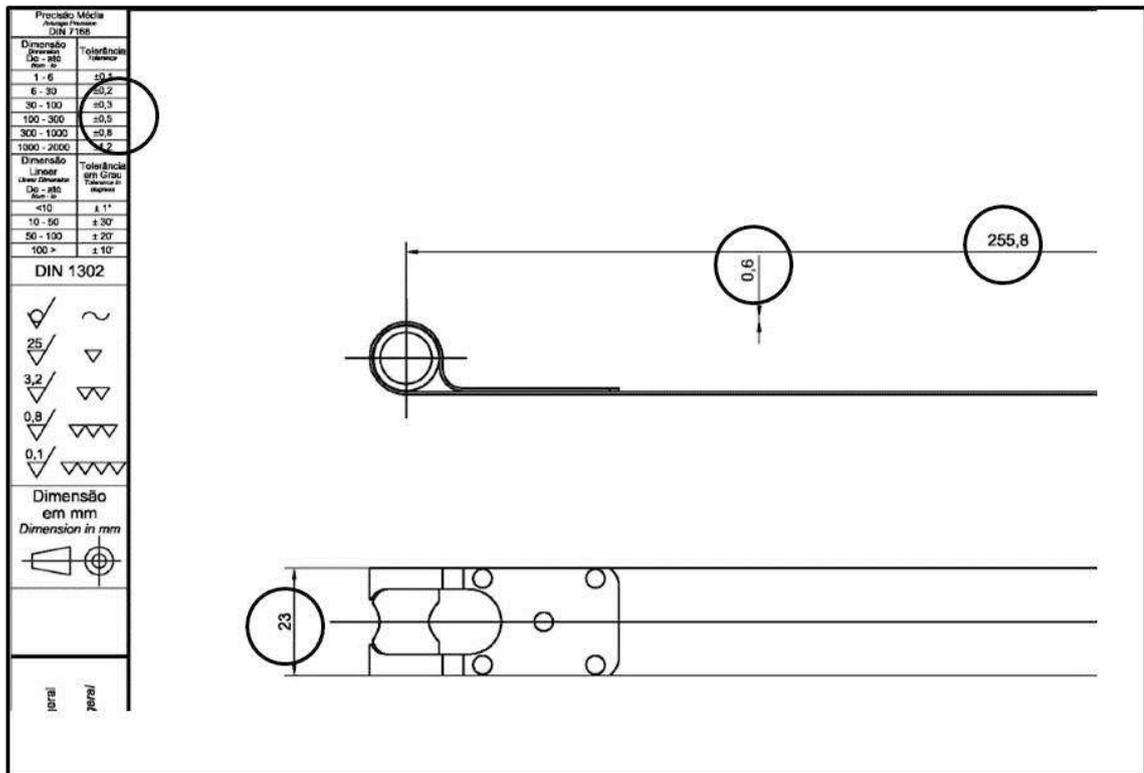
Vale lembrar que para as SAP's classificadas como alteração o projetista ou Engenheiro do Produto, conduz juntamente com o auxílio do supervisor do projeto para dar continuidade à aprovação e repasse das próximas etapas. Para tratar as SAP's classificadas como melhoria, o analista deve reunir o comitê para atuar de forma mais abrangente por terem um maior impacto, seja em sua abrangência, custos, etc. Todas as informações registradas no GDP ficam visíveis para qualquer usuário, porém até a fase de análise elas ainda não foram validadas pelo analista, o que deixa todos os registros inválidos para implantações nos projetos, cabendo aos usuários ficarem alertas que o problema pode existir e questionar o analista sobre a efetivação ou não.

Cabe ao analista de mudanças de engenharia ou o engenheiro do produto responsável pelo projeto verificar se as informações contidas na SAP necessitam de uma reunião para melhores conclusões ou mudanças de classificação, passando para um projeto de melhoria, que deve ser tratado pelo comitê. Após conclusão da etapa de análise, já verificando e filtrando todas as informações, garantindo que o novo desenho técnico esteja completo e apto aos trabalhos, o registro é enviado ao supervisor do projeto para aprovação. Quando este não está presente, o analista ou gerente da Engenharia de Produto também podem ser responsáveis por esta etapa.

Mediante aprovação, existe a necessidade do supervisor ou analista efetuarem comentários sobre a ação ou cuidados a serem tomados nas implantações dos registros. Todas as informações são arquivadas no banco de dados e é enviada uma comunicação de repasse de informações à próxima etapa, para que o fluxo seja corretamente seguidos e todos os envolvidos estejam cientes dos ocorridos e avisos descritos sobre as informações contidas na SAP.

Como exemplo no processo de emissão da SAP, análise e efetivação das sugestões de mudança, foi adotado neste estudo de caso o desenho de um novo projeto de uma Cinta de fixação do tanque de combustível no chassi de um determinado modelo de ônibus, conforme representado nas Figuras 10 e 12. O formulário da SAP foi encaminhado para Engenharia de Manufatura/Produção juntamente com o desenho preliminar do componente representado na Figura 10.

Figura 9: Exemplo do desenho técnico analisado pela Engenharia de Manufatura utilizando a SAP.



Fonte: o autor.

Após o recebimento do novo desenho juntamente com o formulário da SAP, o responsável pela fabricação da peça indicou no formulário as sugestões de mudança do projeto que facilitaria a produção do componente, bem como oportunidades de melhoria. Estas sugestões de modificações do projeto estão descritas na Figura 11.

No próximo passo, o Engenheiro do Produto, juntamente com o projetista analisou as sugestões de modificações do projeto indicadas pela produção e se as modificações poderiam impactar nas funcionalidades, durabilidade ou na qualidade do componente. Foi observado o impacto que as sugestões de mudanças teriam no projeto como um todo. Após uma análise criteriosa das sugestões de alteração do produto, foi constatado que as três solicitações de alteração técnica do projeto contidas no formulário SAP poderiam ser atendidas.

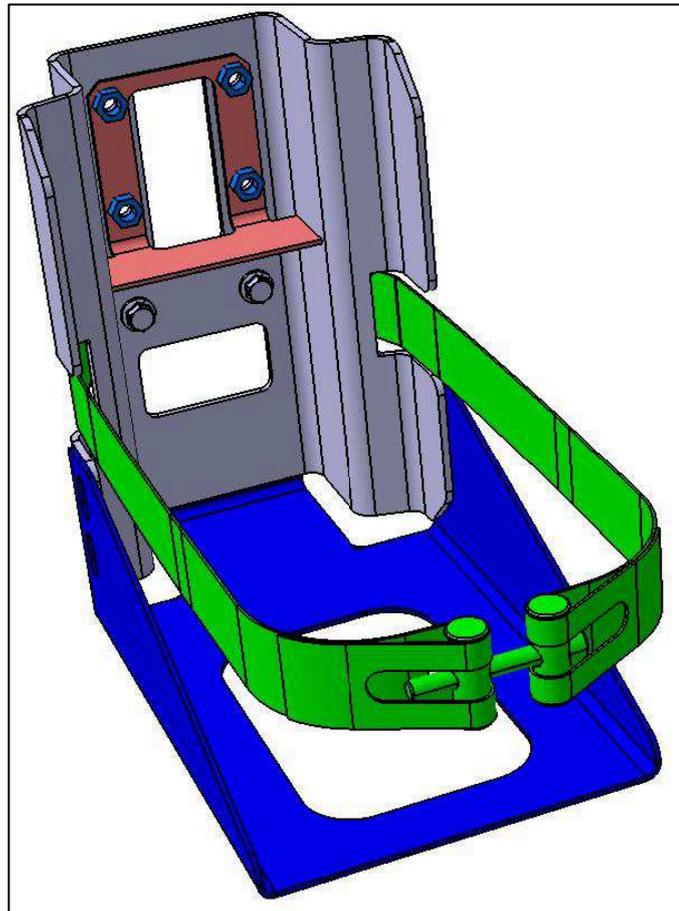
Figura 10: Modelo formulário Solicitação de Análise de Processos Preenchido

SOLICITAÇÃO DE ANÁLISE DE PROCESSOS PROCESS ANALYSIS REQUEST		No. 432/16
Item No.: 105342444	Descrição/Description: CINTA DO TANQUE DE COMBUSTÍVEL	
Volume Anual /Annual volume: 4500 PEÇAS	No. de anexos/ No. of attachments: 01 ANEXO (DESENHO TECNICO)	
ANÁLISE DE PROCESSO DE / PROCESS ANALYSIS OF:		
<input type="checkbox"/> Fundição em areia / Sand casting	<input type="checkbox"/> Estampagem / Stamping	
<input type="checkbox"/> Fundição em coquilha / Chill casting	<input type="checkbox"/> Usinagem / Machining	
<input type="checkbox"/> Fundição sob pressão / Die casting	<input type="checkbox"/> Tratamento térmico. / Heat treatment	
<input type="checkbox"/> Micro-fundição / Micro-casting	<input type="checkbox"/> Proteção superficial/Surface protection	
<input type="checkbox"/> Sinterização / Sintering	<input type="checkbox"/> Pintura / Painting	
<input type="checkbox"/> Forjamento / Forging	<input checked="" type="checkbox"/> Outros / Others:	
RESULTADO DA ANÁLISE DE PROCESSOS / PROCESS ANALYSIS RESULTS		
COORD.	CARACTERISIRICA /DIMENSÃO CHARACTERISTIC/ DIMENSION	COMENTÁRIOS COMMENTS
B1	Dimensão de <u>255,8 + /- 0,5</u> (tolerância geral) alterar para <u>255,8 ± /- 0,8</u>	Processo de dobra do alojamento do mancal, impede atender a tolerância de <u>+ /- 0,5</u> , aumentando o risco de peças rejeitadas na produção.
B1	<u>Espessura da cinta de 0,6 mm.</u> Alterar para espessura de <u>0,8 mm.</u>	Já existe desenvolvido dentro da empresa matéria-prima (chapas de aço) com espessura de 0,8 mm, evitando a necessidade de desenvolver uma nova matéria prima e consequentemente um novo item no estoque.
A2	Largura da Cinta de <u>23 mm</u> , alterar para largura de <u>25 mm</u>	Matéria-prima (chapa de aço) disponível na empresa possui largura de 25 mm. Evitar o processo de corte da chapa de aço em 0,2 mm, obtendo ganhos de produção.
Analisado por: Anderson Farias		Departamento: Eng. Manufatura
		Data: 23/11/2016

Fonte: o autor.

A primeira sugestão de alteração foi a mudança da tolerância da dimensão $255,8 \pm 0,5$ (tolerância geral) para $255,8 \pm 0,8$, visando atender o processo de fabricação, uma vez que para atender a tolerância original, correria o risco de aumentar o número de peças rejeitadas na produção. Como a peça em referência (Cinta) auto se ajusta na montagem do Tanque de combustível através da fixação de um parafuso, a alteração da tolerância de 0.5 para 0,8 mm não iria causar nenhum impacto no produto, beneficiando o processo de fabricação.

Figura 11: Imagem da montagem do produto após alteração técnicas sugeridas pela Engenharia de Manufatura.



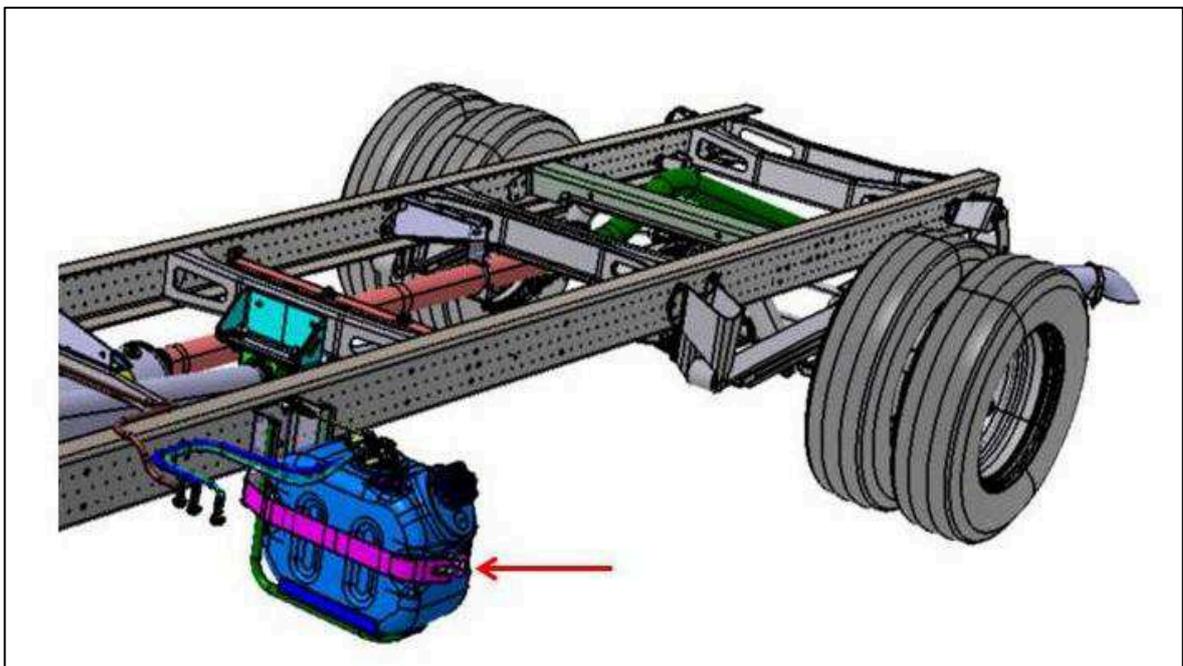
Fonte: o autor.

A segunda sugestão de alteração, mudança da Espessura da cinta de 0,6 mm para espessura de 0,8 mm foi avaliado pelo engenheiro de projeto e constatado que por ser uma fita de aço inoxidável com espessura de 0,4 até 0.8 mm, a mesma fixa a peça (prende) e auto se conforma de acordo com o design da peça a ser fixada.

Portanto, a sugestão de espessura de 0,8 mm esta dentro dos padrões de chapas de aço que auto se molda, podendo prosseguir com a alteração.

Por fim, a terceira sugestão de alteração que diz respeito à mudança da Largura da Cinta de 23 mm, alterando para largura de 25 mm. Essa alteração em 2 mm na largura da peça foi avaliada pela equipe da Engenharia de Produto e observado que não teria nenhum impacto na montagem do conjunto de fixação do Tanque de combustível, uma vez que esta peça não faz interface com nenhum outro componente, exceto o próprio tanque conforme observado na Figura 12.

Figura 12: Montagem final no chassi após alteração do produto.



Fonte: o autor.

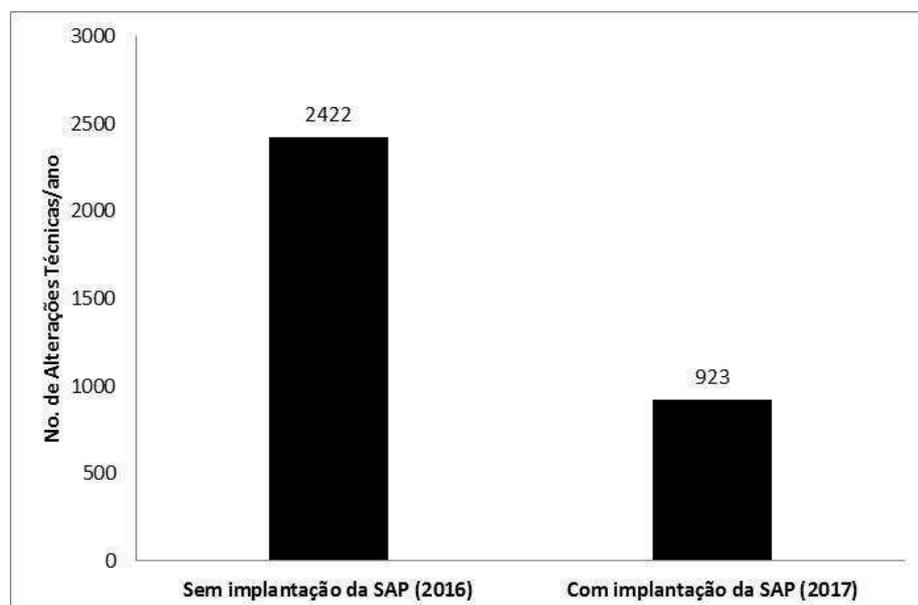
Neste caso, todas as sugestões de alteração do produto informadas na SAP foram atendidas integralmente, evitando alterações futuras do produto para atender o processo produtivo. Somado a isso foi possível utilizar matéria-prima já existente na empresa, redução de etapas do processo de fabricação e consequentemente, redução de custo do produto.

6.5 RESULTADOS OBTIDOS

Após a implantação da SAP, resultados positivos começaram a ser demonstrados. Houve uma grande redução de Registros de Anomalias abertos pelo departamento da qualidade para a Engenharia de Produto, resultado que demonstra que o número de problemas encontrados em fábrica está se tornando menor, fazendo com que o fluxo de reprojeto diminua e juntamente com seus prejuízos, como: tempo que os funcionários de fábrica ficam parados esperando correção dos problemas identificados, qualidade do produto e no tempo dos funcionários da Engenharia de Produto corrigindo projetos.

Após a implantação da ferramenta SAP, a empresa conseguiu excelentes resultados, conseguindo reduzir consideravelmente o número de alterações técnicas após liberação do projeto para produção e redução no tempo necessário para processar a alteração técnica, ou seja, corrigir o desenho. Conseqüentemente, todos estes ganhos representa menor tempo de desenvolvimento do produto, redução de custos e melhoria da qualidade, uma vez que vários problemas relacionados a qualidade do produto poderiam ser previamente evitados. Como observado no Gráfico 1, após a implantação da SAP o número de alterações técnicas decorrentes da necessidade de se alterar o produto para atender a produção ou fornecedores reduziu em torno de 60% no decorrer do ano de 2017.

Gráfico 1: Numero de alterações técnicas

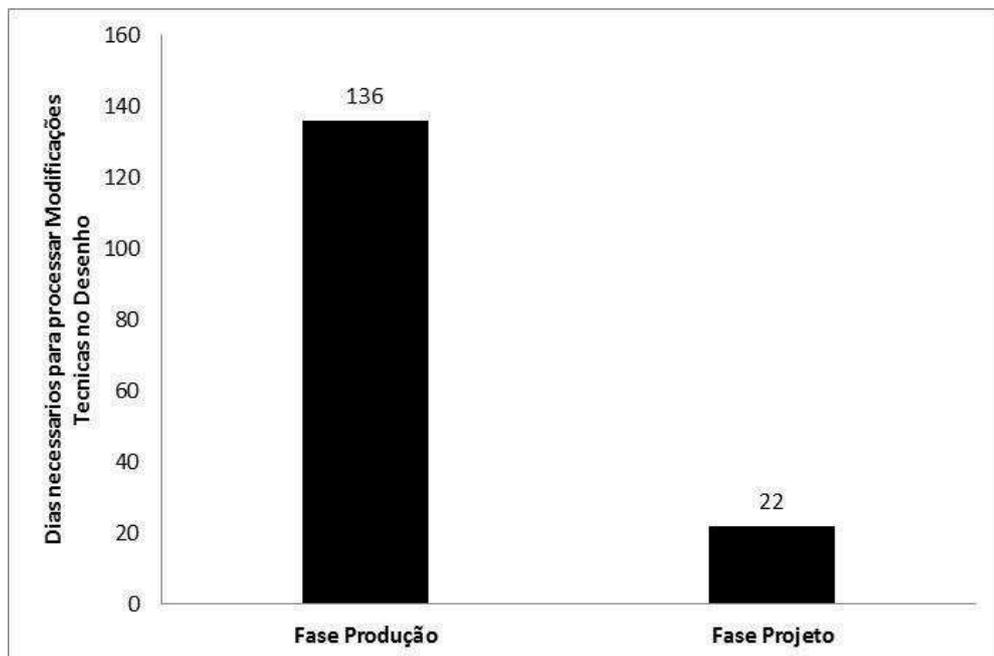


Fonte: o autor.

Outra característica importante que a SAP proporcionou, foi uma maior facilidade em alterar o produto. Percebe-se inúmeras dificuldades para alterar um produto se o mesmo estiver numa fase de produção; principalmente quando há necessidade de se avaliar o impacto da alteração do custo no produto, necessidade de novos ferramentais, uma nova negociação comercial com os fornecedores e principalmente, a necessidade de ocorrer uma avaliação se a alteração proposta impactará no preço do produto final para o cliente. Tudo isso certamente irá impactar no prazo para os envolvidos avaliar os benefícios e o impacto de seguir com a alteração do produto, acarretando num prazo maior para processar a modificação.

O Gráfico 2, representa uma comparação do tempo para processar as alterações no produto na fase de produção e projetos. A redução do tempo gasto para alterar um produto na fase de projeto, sem duvida representa uma grande vantagem no tempo de desenvolvimento do projeto como um todo, proporcionando melhoria na qualidade do projeto, dos processos e dos produtos, pois intervém desde a concepção e na integração de equipes e fornecedores, como exemplo as modificações do produto na fase do projeto evita uma avaliação do impacto da alteração junto ao fornecedor. Estas alterações tardias podem impactar no desenvolvimento ou modificação de um ferramental ou mesmo no processo de fabricação, necessitando de uma nova negociação comercial.

Gráfico 2: Comparativo do Tempo necessário para processar alterações técnicas.



Fonte: o autor.

Outros benefícios apontados pela diretoria da empresa e observado pelo autor após implantação da SAP como ferramenta da ES foram:

- Redução do processo global de desenvolvimento do produto, uma vez que as etapas são desenvolvidas em paralelo;
- Garantia da qualidade desde o princípio;
- Facilita a compatibilização dos projetos;
- Enriquece a comunicação e cooperação entre projetistas, gerentes e outros profissionais envolvidos no processo de desenvolvimento do produto;
- Integração dos departamentos;
- Maior envolvimento dos funcionários dentro da organização;
- Redução das mudanças de projeto;
- Redução da quantidade de trabalho em processo;
- Redução de custo do material;
- Redução do número de equipamentos e ferramentas empregadas;
- Redução de defeitos e retrabalhos;
- Prazos de execução amortizados;
- Desenvolvimento de produtos com maior grau de satisfação dos clientes.

A redução no número de alterações técnicas também reflete em uma melhor qualidade nos projetos, uma vez que os resultados demonstram que os projetistas estão pesquisando as sugestões de alteração do produto, corrigindo assim os projetos antes do envio à fábrica.

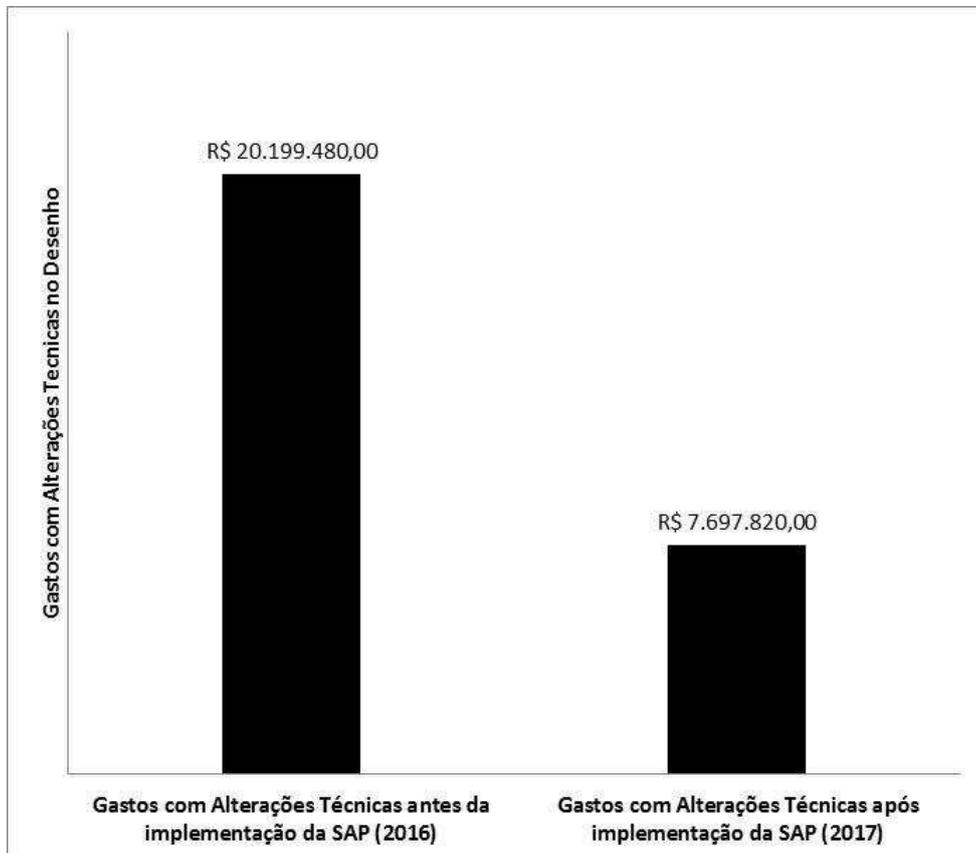
Dentro do período de acompanhamento do processo de alteração do produto, antes e depois da implantação da SAP, pode-se perceber uma diminuição de gastos vinculados ao processo de alteração do produto, já que o custo médio levantado pela empresa para alterar cada desenho é de R\$ 8.340,00. Dentro deste valor estão contabilizados:

- Valor /hora do projetista;
- Valor /hora do Engenheiro de Produto;
- Valor /hora do Engenheiro Manufatura;
- Valor /hora do Analista documentação técnica;
- Renegociação comercial;
- Redistribuição do desenho alterado;

- Alteração documentação do processo de fabricação;
- Retrabalho de peças (se aplicável);
- Retrabalho de Matriz / gabarito ou ferramental;
- Nova Matriz / gabarito ou ferramental;
- Retrabalho de catálogos (se aplicável);
- Descarte de peças (se aplicável);
- Licença de software de projetos;

Considerando o valor gasto para processar cada alteração no desenho do produto (R\$ 8.340,00) e observando uma redução de 1.499 necessidades de modificações no desenho no período de acompanhamento (ano 2017), houve uma redução de gastos de R\$ 12.501.660,00, conforme representado no Gráfico 3, ou seja, a empresa deixou de gastar este valor e ainda melhorou o tempo de desenvolvimento do produto e demais benefícios apontados anteriormente.

Gráfico 3: Gastos com Alterações Técnicas



Fonte: o autor.

Foi observado também que o número de reclamações de problemas oriundos da produção foi menor, resultado percebido também pela redução do número de ligações ao departamento de Engenharia de Produto, possibilitando aos projetistas uma maior dedicação e atenção aos projetos em andamento.

Ocorreu também uma significativa melhora na qualidade técnica dos projetistas, pois os projetistas estão interagindo mais com o departamento de engenharia de manufatura/produção, engenharia da qualidade e outros departamentos, o que possibilita uma maior aprendizagem e conhecimento dos projetos.

6.6 O USO DA SOLICITAÇÃO DE ANÁLISE DE PROCESSOS NA ROTINA DA ENGENHARIA

A implantação da SAP, como ferramenta da ES, proporciona ao projetista a garantia de o projeto foi feito em parceira. Este fato faz com que o projeto tenha uma maior segurança nas suas soluções. A utilização da SAP foi proposta com o principal objetivo de centralizar e melhorar o fluxo das informações/mudanças técnicas do projeto antes do mesmo ser liberado para produção, tendo como principal objetivo a redução no número de alterações técnicas do projeto e uma melhor integração entre equipes.

Assim, a adoção da SAP, usado como procedimento no processo de Desenvolvimento do Produto como ferramenta rotineira torna-se um manual autoexplicativo aos funcionários. A SAP torna-se uma ferramenta útil ao projetista ou ao Engenheiro de Produto em sua rotina antes de liberação de um novo produto para produção.

Ao iniciar um novo projeto ou derivar de outro, os projetistas devem liberar um novo produto (desenho) para produção só após uma análise da equipe de Engenharia de Manufatura/Produção, referente ao processo de fabricação ser respondida através da SAP e, posteriormente, o projetista deve avaliar em conjunto com o Engenheiro do Produto ou Supervisão as sugestões de alteração do projeto e ser for o caso adotar no desenho as alterações indicadas.

7. CONCLUSÃO

A realização deste trabalho de dissertação permitiu a formulação de algumas conclusões a respeito da implantação da ES como ferramenta na rotina de desenvolvimento do produto. A ES é uma metodologia recomendada como solução para o aumento da eficiência e para a redução do tempo de desenvolvimento de produto e uma influente ferramenta para potencializar o sucesso de um novo projeto. Para que apresente o resultado previsto é necessário erradicar as ineficiências do modelo da engenharia sequencial, maximizar as capacitações existentes na organização que permitem maior dinamismo e produtividade no processo, além de promover interatividade durante todas as fases de um projeto.

O trabalho permitiu sugerir um caminho para a implantação da ES de modo a auxiliar/estimular aqueles que pretendem implantá-la, mostrando ganhos reais com a adoção de uma simples ferramenta para o desenvolvimento das interfaces produto e produção na fase de projeto, de modo a desenvolver o conceito do produto de forma mais integrada.

Pontos importantes foram alcançados para os resultados serem positivos, como: procedimentos criados e alinhados com a rotina dos funcionários; software desenvolvido com o fluxo correto das informações; profissionais treinados e procedimentos; conscientização da empresa quanto à importância de ter um trabalho em equipe, agregando o conhecimento técnico e a interação da equipe de projeto do produto com a equipe de manufatura/produção e também utilize da experiência do pessoal do chão de fábrica, que conhece a rotina da produção/montagem do dia a dia na arquitetura do produto.

A ferramenta apresentada, SAP permite que o responsável pelo processo de fabricação ou a equipe de manufatura apresente antecipadamente sugestões de melhoria no projeto do produto e aponte as dificuldades que poderão ocorrer com a produção de um novo produto. Apresenta também uma facilidade de se prever todas as implicações no processo de fabricação de um determinado produto, antecipando as correções, quando o mesmo se encontra na fase de desenvolvimento.

De uma forma geral a SAP é capaz de aumentar a integração entre os departamentos da empresa, reforçando o sentimento de trabalho em equipe e tomada de decisão, ficando evidente que a ES promove a formação de times

multidisciplinares e fomenta a comunicação entre os departamentos envolvidos no processo de desenvolvimento do produto.

É importante que as especificações de projeto sejam indicadas pela equipe de desenvolvimento e não sejam estabelecidas definitivamente para produção sem uma análise previa de quem fabricará o produto, seja dentro da própria empresa, fornecedores ou parceiros. Especificações de projeto estabelecidas fora de um ambiente da ES e sem o envolvimento da equipe multidisciplinar tendem a ser falhos e incompletos, necessitando de modificações futuras para adequar o processo de fabricação e atender as especificações técnicas indicadas no desenho. A correção antecipada do projeto evita custos com modificações durante a fase de produção, reduzindo custo e melhorando a qualidade, uma vez que o produto torna se mais maduro desde as fases iniciais.

Para implantação da SAP não requer significativo investimentos e os resultados obtidos são de extrema importância quanto ao prazo para desenvolvimento do produto, custos e qualidade. Estes benefícios implicam diretamente numa melhoria no processo de desenvolvimento do produto com foco na qualidade, custo e cronograma; permite um menor tempo para desenvolvimento de um novo produto e promove um trabalho em equipe multidisciplinar durante o desenvolvimento do produto, melhorando a comunicação entre diferentes áreas da empresa ou fornecedores.

Os resultados mostram o quanto um projeto simultâneo torna-se uma realidade no mercado competitivo. Isto só vem mostrar a necessidade de técnicas gerenciais cada vez mais aprimoradas e robustas, com menos incertezas e riscos envolvidos. Com isso, conclui-se que o mesmo auxiliou de forma construtiva, apresentando a ferramenta para o desenvolvimento das técnicas de projeto e fabricação de um novo produto.

O autor deste trabalho também notou que houve um grande compartilhamento de experiências entre os engenheiros de desenvolvimento e engenheiros de produção, que permitiu no futuro menos revisões de engenharia, mesmo durante a fase de projeto, já que a Engenharia de Produto conhece as facilidades proporcionadas para uma melhor produção. Neste sentido, as diretrizes que formam a proposta de melhoria focam principalmente o compartilhamento das informações, buscando facilitar a integração entre as áreas da empresa.

Acredita-se que o presente trabalho expressa a importância da compatibilização de projetos técnicos entre as disciplinas inerentes e o valor de um profissional na organização com visão sistêmica dos processos de fabricação e projetos, além do conhecimento das particularidades das diversas interfaces. Finalmente, conclui-se que, através da utilização da ES, revisado e aplicado neste trabalho, os resultados foram positivos e os objetivos almejados foram alcançados e a ferramenta utilizada para integração de equipes no processo de desenvolvimento do produto, fica como sugestão a ser adotada em diversas empresas de qualquer seguimento.

Como recomendações para trabalhos futuros, pode-se tentar a utilização do método proposto para a implantação num caso concreto e comparar os resultados às experiências anteriores. Pode-se ainda, verificar a eficácia desta sugestão de implantação da SAP em empresas de outro segmento de mercado que não seja o automotivo, tomando-se o cuidado de providenciar adaptações conforme o ambiente exigir. Por exemplo, optar em utilizar a ferramenta apresentada neste trabalho ou até mesmo novas ferramentas para obter uma particularização na implantação de ES em uma determinada empresa ou segmento de mercado. É necessário ainda continuar realizando pesquisas comparativas em empresas que se utilizam da ES e outras que não utilizam, avaliando seus desempenhos no que se relaciona ao tempo de lançamento de novos produtos e tempo de resposta às exigências do cliente. Este procedimento permitirá o aperfeiçoamento da própria ES quanto ao acompanhamento de outras inovações que venham a ocorrer neste campo de estudos

REFERENCIAS

- ALVAN, A.; AYDIN, A. O. **The effects of mass customisation on productivity.** International Journal of Mass Customisation, Vol. 3, No. 1, 2009.
- ANDERSON, D. M. **Design for Manufacturability & Concurrent Engineering: How to Design for low cost, Design in high quality, Design for lean manufacture, and Design quickly for fast production.** Cambria, California, EUA; CIM Press, 2004.
- ANDRADE, L. F. S.; FORCELLINI, F. A. **Interface Design of a Product as a Potential Agent for a Concurrent Engineering Environment.** In: LOUREIRO, G.; CURRAN, R. **Complex Systems Concurrent Engineering - Collaboration, Technology Innovation and Sustainability.** 1 ed. London: Springer-Verlag, 2007.
- ANFAVEA (Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores). **Anuário Estatístico da Indústria Automobilística Brasileira.** Disponível em: www.anfavea.com.br/anuario.html. Acessado em: 13 de novembro de 2017.
- ASIEDU, Y.; GU, P. **Product life cycle cost analysis: state of the art review.** International Journal of Production Research, v.36, n.4, 2010.
- BACK, N. **Metodologia de Projeto de Produtos Industriais.** Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Dois, 1983.
- BACK, N; FORCELLINI, F.A. Projeto Conceitual. Apostila do curso de Projeto Conceitual. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da UFSC. 2003.
- BACK, N. OGLIARI, A. **Desenvolvimento do produto: engenharia simultânea.** Artigo desenvolvido no programa de pós-graduação em engenharia mecânica, UFSC: 2000.
- BARTON, J.A.; LOVE, D.M. TAYLOR, G.D. **Design determines 70% of cost? A review of implications for design evaluation.** Journal of Engineering Design. Vol.12, n.1, 2002.
- BAXTER, M. **Projeto de produto: Guia prático para o design de novos produtos.** São Paulo. Edgard Blücher, 2000.
- BEERCHECK, R. C. **Manufacturing technology meeting the global challenge.** Machine Design Magazine, n.7, Cleveland, 1991.
- BENEDETTO, H.; TRABASSO, L.G. **Proposal of a framework for efficient management of the engineering change process.** XIV Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica – COBEM, Bauru, SP, Brasil, 1997.

- BLACKBURN, J.D.; HOEDEMAKER, G.; WASSENHOVE, L.N.V. **Concurrent software engineering: prospects and pitfalls**. IEEE Transactions on Engineering Management, v.43, n.2, 1996.
- CAMBIAGHI, H. **Projeto e Obra no Difícil Caminho da Qualidade**. SINDUSCON – Sindicato da construção civil: planejamento e construção, ano 4, jun. 1992.
- CARVALHO, S. **Engineering Change Management in the Product Development Phase, an Industrial Case Study**. Proceeding of European Concurrent Engineering Conference, Erlangen-Nuremberg, Germany, 1999.
- CLARK, K. B.; WHEELWRIGHT, S. C. **Managing New Product and Process Development**. New York: The Free Press, 1993.
- CLAUSING, D. **Total Quality Development: a step-by-step guide to world-class concurrent engineering**. ASME (ASME press series on international advances in design productivity). New York, 1994.
- CLEETUS, K. J. **Definition of Concurrent Engineering. Concurrent Engineering Research Center – Technical Report**. Morgantown. West Virginia University, 1992.
- CONTADOR, J.C. **Recomendações sobre o processo de planejamento estratégico**. Revista da Administração de Empresas, São Paulo, volume 35, n. 3, Maio-Junho, 1995.
- CONTEAM CONSULTING. **Team leader facilitator training**. Manual do participante, Campinas, 1992.
- CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. **Administração de produção e operações**. 2ª edição. São Paulo: Atlas, 2006.
- COSTA, Manfred. **Gestão da Produção e Operações I**. Especialização em Gerência da Produção e Operações. Centro Universitário Univates, 2012.
- CRUZ, T. **Workflow II: A Tecnologia que Revolucionou Processos**. Rio de Janeiro, Epapers Serviços Editoriais, 2004.
- DAHMUS, J.B.; OTTO, K.N. **Incorporating lifecycle costs into product architecture decisions**. In: ASME 2001 Design Engineering Technical Conference, 2001, Pittsburgh, Proceedings of ASME 2001 Design Engineering Technical Conferences. Pittsburgh, PA: ASME, 2001.
- DAVIS, Mark M.; AQUILANO, Nicholas J.; CHASE, Richard B. **Fundamentos da administração da produção**. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- DEAN, J.W.; SUSMAN, G.I. **Organizing for manufacturable design**. Harvard Business Review, Boston, paperback n. 90017, 1991.

EVANS, S. **Implementation: common failure modes and success factors**. In: Concurrent Engineering: contemporary issues and modern design tools. Edited by Hamid R. Parsaei and William G. Sullivan. London: Chapman & Hall, 1993.

FARIA, G. **A integração propiciada pela engenharia simultânea e suas vantagens competitivas**. Revista de Administração de Empresas, São Paulo, v.38. N.4, 1998.

FINGER, H. R. **Proposta de Um Sistema Para Avaliação de Fornecedores: estudo prático da empresa Marcopolo S/A**. Dissertação de Mestrado em Engenharia: UFRGs, 2002.

FONSECA, A.J.H. **Sistematização do processo de obtenção das especificações de projeto de produtos industriais e sua implementação computacional**. Tese de Doutorado em Engenharia Mecânica. CTC/EMC. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

GARVIN, D.A. **Competing on the eight dimensions of quality**. Harvard Business Review, Boston, 1987.

GIFFI, C., ROTH, A.V., SEAL, G.M. **Competing in world class manufacturing: America's 21st century challenge**. Business One Irwin, Homewood, USA, 1990.

GOMES FERREIRA, M.G. **Utilização de modelos para a representação de produtos no projeto conceitual**. 1997. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, UFSC, Florianópolis, 1997.

GONSALVES, E. P. **Iniciação à pesquisa científica**. 3. ed Campinas, Alínea, 2003.

GUNN, T.G. **As indústrias do século 21**. São Paulo, Ed. McGraw-Hill, Makron Books, 1993.

HADDAD, C. J. **Operationalizing the concept of concurrent engineer: a case study from U.S. auto industry**. IEEE Transactions on Engineering Management, volume 43, n. 2, 1996.

HAMEL, G.; PRAHALAD, C. K. **Competindo pelo Futuro: estratégias inovadoras para obter o controle do seu setor e criar os mercados de amanhã**. 20 ed. Rio de Janeiro: Campus, 2005.

HARTLEY, JOHN R. **Engenharia simultânea: um método para reduzir prazos, melhorar a qualidade e reduzir custos**. Porto Alegre, Bookman, 1998.

HAUPTMAN, O.; HIRJI, K. K. **The influence of process concurrency on project outcomes in product development: an empirical study of cross-functional teams**. IEEE Transactions on Engineering Management, v.43, n.2, 1996.

HORTA, L.C. **Caracterização do Processo de Mudanças de Engenharia**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo: 2001.

ISHII, K. **Modularity: A Key Concept in Product Lifecycle Engineering.** Handbook of Lifecycle Engineering, 1998.

JIAO, R., ZHANG, L.; POKHAREL, S. **Process Platform and Production Configuration for Product Families.** In: SIMPSON, T.W.; SIDDIQUE, Z.; JIAO, J. **Product Platform and Product Family Design: Methods and Applications.** Springer, New York, 2005.

KAPLAN, R. S.; COOPE. **Custo e desempenho: administre seus custos para ser mais competitivo.** São Paulo: Futura, 1998.

KATZENBACH, J.R., SMITH, D.K. **The discipline of teams.** Harvard Business Review, Boston, March-April 1993.

KING, B. **Better designs in the half the time: implementing QFD quality function deployment in America.** 3.ed. Methuen, Goal/QPC. 1989.

KING, N. MAJCHRZAK, A. **Concurrent engineering tools: are the human issues being ignored?** IEEE Transactions on Engineering Management, volume 43, n. 2, pp. 189-200, May, 1996.

KRISHNAN, V. **Managing the simultaneous execution of coupled phases in concurrent product development.** IEEE Transactions on Engineering Management, v.43, n.2, 1996.

KRUGLIANSKAS, IZAK. **Engenharia Simultânea e Técnicas Associadas em Empresas Tecnicamente Dinâmicas.** São Paulo: Revista de Administração, 1995.

KUSIAK A; HUANG C. **Development of modular products.** IEEE Transactions on components, packaging, and manufacturing technology. Part A, v. 19 n. 4, 1996.

LOUREIRO, G. **Introdução à engenharia de sistemas espaciais.** Curso de pós-graduação em engenharia e tecnologia espaciais, INPE. São José dos Campos. 2006.

LUGLI, C.; NAVEIRO, M. **O uso da Engenharia Simultânea no Projeto de Redes Teleinformatizadas.** In: XVI Encontro de Engenharia de Produção, São Paulo. 1996.

MELHADO, S.B. **Projeto da Produção e Projeto para Produção: discussão e síntese de conceitos.** Anais do encontro Nacional de Tecnologia do ambiente construído, Florianópolis, 1998.

MEYER, C. **How to measures help team excel.** Harvard Business Review, Boston, May-June 1994.

MOLLOY E. YANG H. **Feature-based modelling in design for assembly.** International. Journal of Computer Integrated Manufacturing. 2007.

NOBLE, J.S. **Economic design in concurrent engineering**. In: PARSAEI, H.R.; SULLIVAN, W. G. **Concurrent engineering: contemporary issues and modern design tools**. London. Chapman & Hall, 1993.

NUMATA, J.; TAURA, T. **A case study: a network system for knowledge amplification in the product development process**. IEEE Transactions on Engineering Management, v. 43, n. 2. May.1996.

PAHL, G. et al. **Projeto na Engenharia**. 6. ed. São Paulo: Blücher, 2005.

PEIXOTO, M.O.C. **Uma proposta de aplicação da metodologia desdobramento da função qualidade (QFD) que sintetiza as versões QFD-estendido e QFD das quatro ênfases**. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1998.

PRASAD, B. **Concurrent engineering fundamentals: integrated product development**. New Jersey: Prentice Hall, 1996.

PRASAD, Biren, WANG, Fujun & DENG, Jiati, **A concurrent workflow management process for integrated product development**. Journal of Engineering Design, Vol. 9, No.2, 1998.

RAGATZ, G.L.; HANDIFIELD, R.B.; SCANNELL, T.V. **Sucess factors for integrating suppliers into new product development**. Journal of Product Innovation Management, v.14, n3. 1997.

REIDELBACH, M. A. **Engineering change management for long-lead-time production environments**. Production and Inventory Management Journal, second quarter, 1991.

ROMANO, L. N. **Princípios para a implementação da engenharia simultânea**. 2000. Monografia (Pós-graduação em Tópicos Especiais em Projetos de Sistemas Mecânicos). Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis, 2000.

ROSENBLATT, A. and WATSON G.F. **Concurrent Engineering**. IEEE Spectrum, 1991.

ROZENFELD, H. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: Uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo, SP: Saraiva, 2006.

ROOZENBURG, N. F. M.; EEKELS, J. **Product design: fundamentals and methods**. Chichester. John Wiley & Sons, 1995.

SALOMON, D. V. **Como fazer uma monografia**. 11. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2004.

SCHNEIDER, H.M. **Colaborando através da engenharia simultânea para a inovação**. In. XVIII Simpósio de Gestão da Inovação Tecnológica. São Paulo, 1994.

SCHNIEDERJANS, M.J.; HONG, S. **Multi objective concurrent engineering: a goal programming approach**. IEEE Transactions on Engineering Management, v.43, n.2, 1996.

SHIMIZU, T. **Decisão nas organizações**. 2.ed.São Paulo: Atlas, 2006

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. Florianópolis, 2005.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOINSTON, R. **Administração da Produção. Tradução Corrêa, H. L.** 3.Ed. São Paulo. Editora Atlas S.A. 2002.

SMITH, P. Robert. **The historical roots of concurrent engineering fundamentals**. IEEE Transactions on Engineering Management. Vol. 44, n. 1, 1997.

SMITH, R.P.; EPPINGER, S.D. **Deciding between sequential and concurrent tasks in engineering design**. Concurrent Engineering: research and applications, v.6, n.1, 1998.

SOBEK II, D.K., WARD, A.C. e Liker, J.K. **Toyota's principles of set-based concurrent engineering**. Sloan Management Review, 1999.

SOUZA, A.L.R. **O projeto para produção**. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

SPRAGUE, R.A., SINGH, K.J. & WOOD, R.T. **Concurrent engineering in product development**. IEEE Design & Test of Computers. Vol. 8, No. 1, 1999.

STALK Junior, G.; HOUT, T. M. **Competindo contra o tempo**. Rio de Janeiro: Campus, 1992.

STEVENSON, W. J. **Administração das operações de produção**. 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

SUH, N. P. **The Principles of Design**. Nova Iorque: Oxford University Press. 1990.

SYAN, C. S. MENON, U. **Concurrent engineering: concepts, implementation and practice**. London. Chapman & Hall, 1994

TAKAHASHI, V. P. **Proposta de um modelo de auxílio a tomada de decisão na adoção de técnicas de Engenharia Simultânea**. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo. São Carlos. 1996.

ULRICH, K.T.; EPPINGER, S. D. **Product Design and Development**. 3. ed. New York, EUA: McGraw-Hill/Irwin, 2004.

VANALLE, R.M. **Estratégia de produção e prioridades competitivas no setor de autopeças**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 1995.

WASSENHOVE, L.N., CORBETT,C.J. **Trade offs? What trade-offs? Competence and competitiveness in manufacturing strategy.** California Management Review, Summer. 1993.

WINNER, R. **The role of concurrent engineering in weapons system acquisition.** IDA Report R-338, Institute for Defense Analyses, Alexandria, 1988.

WISEGEEK. **What is concurrent engineering: clear answers for common questions.** Disponível em <<http://www.wisegeek.com/what-is-concurrent-engineering.htm>>. Acesso em: 03.fev. 2018.

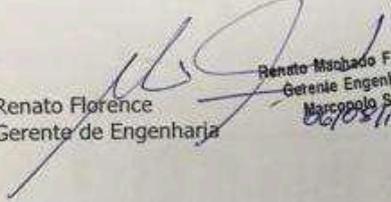
APÊNDICE A

AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO

Ao Coordenador do Mestrado Profissional em Engenharia Mecânica da
Universidade de Taubaté
Prof. Dr. Evandro Luis Nohara

A MARCOPOLO SA autoriza a publicação na forma digital e impressa, da dissertação de mestrado intitulada **APLICAÇÃO DA ENGENHARIA SIMULTÂNEA ENTRE A ENGENHARIA DO PRODUTO COM A PRODUÇÃO**, de autoria do acadêmico Claudiney de Freitas Ramos, a ser defendida no Programa Mestrado Profissional em Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté, em 04/08/2018.

São Paulo, 02 de agosto de 2018.


Renato Florence
Gerente de Engenharia
Renato Machado Florence
Gerente Engenharia
Marcopolo S/A
02/08/18

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial desta obra, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Claudiney Freitas Ramos

Taubaté, Agosto de 2018.