

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS
NÍVEL MESTRADO

QUÍLDARE LUCHESE DE ABREU

IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DE PERDAS À LUZ DO PENSAMENTO ENXUTO NA GESTÃO DO
PROJETO DO PRODUTO

SÃO LEOPOLDO

2009

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS
NÍVEL MESTRADO

QUÍLDARE LUCHESE DE ABREU

ANÁLISE E IDENTIFICAÇÃO DE PERDAS À LUZ DO PENSAMENTO ENXUTO NA GESTÃO DO
PROJETO DO PRODUTO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, da Universidade do vale do Rio dos Sinos, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Luís Roehe Vaccaro

SÃO LEOPOLDO

2009

Ficha catalográfica

A162a Abreu, Quíldare Luchese de

Análise e identificação das perdas à luz do pensamento enxuto na gestão do projeto do produto / por Quíldare Luchese de Abreu. – 2009.
000f.

Dissertação (mestrado) — Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, 2009.

“Orientação: Prof. Dr. Guilherme Luís Roehe Vaccaro, Ciências Econômicas”.

1. Projeto de produto – Sistema Toyota. 2. Projeto de produto – Identificação das perdas - Gestão 3. Projeto de produto – Análise das perdas – Gestão. I. Título.

Catálogo na Publicação:

Bibliotecária: Carla Inês Costa dos Santos. - CRB 10/973

Quíldare Luchese de Abreu

Análise e identificação de perdas à luz do pensamento enxuto na gestão do projeto do
produto

Dissertação apresentada à Universidade do vale do Rio dos
Sinos - Unisinos, como requisito parcial para a obtenção do
título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas.

Aprovado em 04 de setembro de 2009

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Henrique Rozenfeld

Componente da banca examinadora – USP – São Carlos

Prof^a. Dr^a. Márcia Elisa Soares Echeveste

Componente da banca examinadora – UFRGS

Prof. Dr. José Antônio Valle Antunes Júnior

Componente da banca examinadora – Unisinos

Prof. Dr. Guilherme Luís Roehe Vaccaro (Orientador)

Visto e permitida a impressão

São Leopoldo,

Prof. Dr. Guilherme Luís Roehe Vaccaro

Coordenador Executivo PPG em

Engenharia de Produção e Sistemas

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos...

...a Deus, sobre todas as coisas;

...a minha família, que sempre esteve comigo em todos os momentos, com infinita
compreensão e amor;

...ao professor e orientador Guilherme Vaccaro, pelo apoio e amizade durante todo o período do
curso;

...aos professores Junico Antunes, Miguel Sellito, Guilherme Liberalli e Ricardo Cassel pela constante
disposição e boa vontade em auxiliar;

... aos professores Henrique Rozenfeld, Márcia Echeveste, Paulo Ghinato e Fernando Forcellini e ao
doutorando Diego Fettermann pela preciosa contribuição e ajuda nos momentos mais decisivos do
trabalho;

...ao colega de trabalho e amigo Brian Hollatz pela disposição em auxiliar-me durante todo o período
da pesquisa;

...aos colegas de trabalho Cristiano Kallfelz, Gustavo Rancich, Cristiano Walber, Eduardo Cristal, Jair
Kamphorst, Jason Healy, Kelvin Bennett e Kevin Lang pela pronta disposição em auxiliar-me quando
solicitados;

...ao gerente de engenharia de tratores, André Souza, pela compreensão e apoio nas necessárias
ausências profissionais;

...aos colegas de trabalho, do projeto BX200, que suportaram minha ausência e a entenderam;

...a Antônia Almeida e Ana Ziles, pelo suporte e paciência a todos os alunos do PPGEP Unisinos;

...a todos os colegas do PPGEP Unisinos e em especial aos amigos Luís Felipe Riehs e Christopher
Pohlmann pelo coleguismo e camaradagem durante o curso;

...aos meus amigos da montanha, pela camaradagem, amizade e irmandade em todas as situações;

...a professora Paula Colombo, pela importante ajuda no fechamento do trabalho;

...enfim, a todas as pessoas que estiveram comigo auxiliando e ajudando a superar os momentos de
dificuldade deste intento, seja por ações ou por pensamentos.

“A minha mente tende a cristalizar e assim preciso renovar minha determinação a cada dia e forçar a mim mesmo para pensar criativamente. Há sempre muito a fazer no campo da produção...”

(Taiichi Ohno)

RESUMO

Partindo da idéia de que o ambiente de projeto de produto pode ser interpretado como um sistema produtivo, uma vez que seja constituído, à luz do mecanismo da função produção, de processos e operações que tratam as informações de entrada e entregam propostas técnicas de produto, o presente trabalho visa a análise deste ambiente, pelo desenvolvimento de um modelo conceitual, utilizando nesta construção oito naturezas de perda, sendo as sete primeiras perdas pertencentes ao Sistema Toyota de Produção e a oitava perda oriunda da filosofia *Lean Thinking*. Como objeto de análise das perdas são selecionadas dez subfases do desenvolvimento do produto pertencentes ao modelo genérico de Gestão do Desenvolvimento do Produto de Rozenfeld *et al.* A proposta de resultados para o estudo é da identificação de possíveis perdas existentes nas fases elencadas para a análise, com foco nas atividades de engenharia da indústria mecânica. Conjuntamente a este estudo exploratório, o trabalho propõe a submissão de uma pesquisa exploratória para avaliação da percepção dos profissionais, pertencentes a esta indústria, e especialistas envolvidos com projeto do produto e perdas.

Palavras-chave: Projeto do Produto, Pensamento Enxuto, Perdas

ABSTRACT

Starting from the idea that the product design activities may be interpreted as a production system, once it is built, through the production function mechanism point of view, by processes and operations that handle the input information turning it into output technical purposes (technical product proposals), this research aims to analyze this environment through the development of a conceptual model based on Toyota Production System and Lean Thinking theory eight classical types of wastes. The Rozenfeld *et al.* theoretical product development model was chosen to be the waste analysis object and from this model ten product development management phases were selected. The proposal of results is to identify a set of wastes that can be found, in each product development phase, focusing on the mechanical engineering design environment, proceeding with a final exploratory research with engineers, engineering managers and specialists involved with this subject to collect and validate the results.

Keywords: Product design, Lean Thinking, Wastes

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: O MÉTODO DE TRABALHO.....	25
FIGURA 2: PROCESSOS SOBREPOSTOS DE GERENCIAMENTO DE PROJETOS.....	32
FIGURA 3: CLASSIFICAÇÃO DAS INDÚSTRIAS PELA UTILIZAÇÃO DA GESTÃO DE PROJETOS.	35
FIGURA 4: A ATIVIDADE DE PROJETO E SUA INTERSEÇÃO COM AS ATIVIDADES CULTURAIS E TECNOLÓGICAS.	39
FIGURA 5: A CURVA DE COMPROMETIMENTO DE CUSTO DO PRODUTO.	42
FIGURA 6: O MODELO UNIFICADO DE ROZENFELD <i>ET AL.</i>	43
FIGURA 7: A ESTRUTURA DA PRODUÇÃO.....	49
FIGURA 8: COMO AS PERDAS CRIAM RAÍZES.	51
FIGURA 9: A CLASSIFICAÇÃO 5MQS DAS PERDAS.....	52
FIGURA 10: MODELO DE DESENVOLVIMENTO ENXUTO DE PRODUTO E SEUS 13 PRINCÍPIOS.....	69
FIGURA 11: O MECANISMO DA FUNÇÃO PRODUÇÃO DA MANUFATURA AO PROJETO.....	78

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: PROPORÇÃO DE TREINAMENTO EM GESTÃO DE PROJETOS NO SETOR INDUSTRIAL DOS EUA.	35
QUADRO 2: AS PERDAS EM PROJETO À LUZ DO LEAN THINKING DE HAQUE E JAMES-MOORE.	65
QUADRO 3: OS SETE DESPERDÍCIOS APLICADOS AO DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO.	74
QUADRO 4: A CLASSIFICAÇÃO DAS PERDAS SEGUNDO OS AUTORES DE REFERÊNCIA.	76
QUADRO 5: A ESTRUTURA DO MODELO CONCEITUAL DE PERDAS NO PROJETO DO PRODUTO.....	83
QUADRO 6: AS PERDAS E SUAS CAUSAS NA DEFINIÇÃO DO ESCOPO DO PRODUTO.	88
QUADRO 7: AS PERDAS E SUAS CAUSAS NA DEFINIÇÃO DO ESCOPO DO PROJETO.....	93
QUADRO 8: AS PERDAS E SUAS CAUSAS NA IDENTIFICAÇÃO DOS REQUISITOS DO PRODUTO.....	96
QUADRO 9: AS PERDAS E SUAS CAUSAS NA DEFINIÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES META DO PRODUTO.	100
QUADRO 10: AS PERDAS E SUAS CAUSAS NA DEFINIÇÃO DA ARQUITETURA, ESTÉTICA E ERGONOMIA DO PRODUTO.....	105
QUADRO 11: AS PERDAS E SUAS CAUSAS NA CRIAÇÃO, REUSO, PROCURA E CODIFICAÇÃO DOS SSC'S.	111
QUADRO 12: AS PERDAS E SUAS CAUSAS NO CÁLCULO, DESENHO, TOLERÂNCIAS E INTEGRAÇÃO DE SSC'S.	117
QUADRO 13: AS PERDAS E SUAS CAUSAS NA FINALIZAÇÃO DE DESENHOS E DOCUMENTOS.....	120
QUADRO 14: AS PERDAS E SUAS CAUSAS NA CONSTRUÇÃO DE PROTÓTIPOS.	124
QUADRO 15: AS PERDAS E SUAS CAUSAS NO TESTE E HOMOLOGAÇÃO DO PRODUTO.....	129

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	15
1.2 OBJETIVOS	17
1.3 JUSTIFICATIVAS	18
1.4 ESTRUTURAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	19
2. MÉTODO	20
2.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA	22
2.2 A ANÁLISE DO AUTOR E A PESQUISA DE CAMPO COM OS PROFISSIONAIS DE PROJETO	26
2.3 A ANÁLISE COM OS PROFISSIONAIS DE PROJETO	26
2.4 A SUBMISSÃO DO MODELO AOS ESPECIALISTAS	28
2.5 DELIMITAÇÃO DO ESCOPO DO TRABALHO	29
3. REFERENCIAL TEÓRICO	31
3.1 O PROJETO DO PRODUTO	31
3.1.1 OS ELEMENTOS DO PROJETO DE PRODUTO SEGUNDO O MODELO DE ROZENFELD <i>ET AL.</i> (2006)	42
3.2 AS PERDAS NOS PROCESSOS PRODUTIVOS: DO CHÃO DE FÁBRICA AO PROJETO DO PRODUTO	47
3.2.1 O MECANISMO DA FUNÇÃO PRODUÇÃO	47
3.2.2 O ESTUDO DAS PERDAS SEGUNDO HIRANO	49
3.2.2.1 As Perdas e Suas Fontes Segundo a Estrutura 5MQS	50
3.2.3 FUNÇÃO PROCESSO, FUNÇÃO OPERAÇÃO, SUAS PERDAS E MELHORIAS FUNDAMENTAIS	54
3.2.3.1 A Oitava Perda do Pensamento Enxuto	56
3.2.3.2 Eliminação das Perdas por Meio de Melhorias na Função Processo	57
3.2.3.3 Eliminação das Perdas por Meio de Melhorias na Função Operação	57
3.2.4 A VISÃO ENXUTA NO PROJETO E DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO	58
3.2.5 A TOYOTA <i>MOTOR COMPANY</i> E O PROJETO DO PRODUTO	67
3.2.5.1 Subsistema Processo (Princípios de 1 a 4)	68
3.2.5.2 Subsistema Pessoal (Princípios de 5 a 10)	70
3.2.5.3 Subsistema Ferramentas e Tecnologia (Princípios de 11 a 13)	71
4. ANÁLISE E ESTRUTURA DO MODELO CONCEITUAL	75
4.1 A ANÁLISE DO PROJETO DO PRODUTO PELO PRISMA DO MECANISMO DA FUNÇÃO PRODUÇÃO	75
4.2 A CONSTRUÇÃO DO MODELO CONCEITUAL PROPOSTO	79

4.3 A ESTRUTURA PROPOSTA PARA O MODELO CONCEITUAL DE ANÁLISE E IDENTIFICAÇÃO DAS PERDAS EM PROJETO DO PRODUTO À LUZ DO PENSAMENTO ENXUTO	81
<u>5. A RELAÇÃO DE PERDAS NA GESTÃO DO PROJETO DE PRODUTO, SUA DISCUSSÃO E ANÁLISE</u>	<u>84</u>
5.1 Os RESULTADOS E DETALHAMENTOS DAS PERDAS EM PROJETO E DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO À LUZ DO PENSAMENTO ENXUTO	84
5.1.1 PERDAS RELACIONADAS À DEFINIÇÃO DO ESCOPO DO PRODUTO	84
5.1.2 PERDAS RELACIONADAS À DEFINIÇÃO DO ESCOPO DO PROJETO	89
5.1.3 PERDAS RELACIONADAS À IDENTIFICAÇÃO DOS REQUISITOS DOS CLIENTES DO PRODUTO	92
5.1.4 PERDAS RELACIONADAS À DEFINIÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES META DO PRODUTO	97
5.1.5 PERDAS RELACIONADAS À DEFINIÇÃO DE ARQUITETURA, ERGONOMIA E ESTÉTICA DO PRODUTO	99
5.1.6 PERDAS RELACIONADAS À CRIAÇÃO, REUTILIZAÇÃO, PROCURA E CODIFICAÇÃO DE SSC'S	106
5.1.7 PERDAS RELACIONADAS AO CÁLCULO, DESENHO, ESPECIFICAÇÕES DE TOLERÂNCIAS E INTEGRAÇÃO DE SSC'S	110
5.1.8 PERDAS RELACIONADAS À FINALIZAÇÃO DE DESENHOS E DOCUMENTOS	116
5.1.9 PERDAS RELACIONADAS À CONSTRUÇÃO DE PROTÓTIPOS	119
5.1.10 PERDAS RELACIONADAS A TESTES E HOMOLOGAÇÕES DE PRODUTOS	123
<u>6. CONCLUSÕES, ANÁLISE DAS LIMITAÇÕES DA PESQUISA E CONSIDERAÇÕES FINAIS</u>	<u>131</u>
6.1 LIMITAÇÕES DA PESQUISA	132
6.2 RECOMENDAÇÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	134
<u>REFERÊNCIAS</u>	<u>136</u>

1. INTRODUÇÃO

O momento econômico mundial estabelece uma nova etapa no que tange ao uso e aplicação de recursos produtivos e trouxe a importância de uma gestão estruturada de projeto de novos produtos. Uma vez que a manutenção (ou o crescimento) de mercados passou a ser disputado em campos cada vez mais complexos, a premissa da qualidade (desempenho) passou a ser um fator básico de sobrevivência e outros fatores despontaram na vanguarda dos questionamentos, tais como a diferenciação pela inovação, as tecnologias de baixo custo, estilo, ergonomia, dentre outros. Estes são alguns dos elementos que fundamentam os questionamentos que circundam as propostas de novos produtos nas fases iniciais. Para tanto a gestão de um projeto de novos produtos traz sua contribuição dado que para todas estas demandas, em última análise, um relativo aporte de investimentos deva estar dedicado.

As grandes firmas norte-americanas, as quais desenvolveram o sistema americano de manufatura (BEST, 1990) estabeleceram o chamado princípio do fluxo, por meio da padronização e do controle da variabilidade no sistema. Estes sistemas tinham em comum a premissa da abundância em recursos naturais, sendo as áreas tecnológicas as mais beneficiadas com este paradigma produtivo desenvolvendo-se e crescendo fortemente em domínio de conhecimento, alavancadas pela grande demanda de mercado e fluxo de capitais. Tais perspectivas tecnológicas ganharam fôlego com os chamados elementos chave, os quais são as matrizes energéticas impulsionadoras dos movimentos tecnológicos, como o carvão, a eletricidade e o petróleo. Segundo Perez (1986), esses são os fatores que proporcionam a viabilidade da tecnologia iminente. Desta forma ocorreu o “*Boom Vitoriano*” na Inglaterra da revolução industrial, pelo uso do carvão e da eletricidade, como também ocorreu no mundo pós-guerra pelo uso do petróleo. A consciência da grande capacidade de extração e abastecimento deste combustível fóssil levou as sociedades a caracterizarem-se por demandas muito maiores do que as ofertas de bens de consumo, alimentando um sistema que não observava, aparentemente, as limitações naturais de elementos fundamentais a sua manutenção. A crise do petróleo na década de 1970 trouxe uma nova realidade na qual se inverteram os fatores na balança do comércio mundial: demandas mais

baixas que as ofertas mudaram de forma profunda o paradigma vigente. Os recursos energéticos passaram a ser considerados escassos.

Esta nova etapa de maior dedicação a metodologias que gerenciem melhor o uso dos recursos ganhou terreno com a crise do petróleo e conduziu muito dos esforços científicos e produtivos pelo caminho do não desperdício. Frente ao novo paradigma instalado, sistemas produtivos de larga escala tornaram-se obsoletos em setores importantes da econômica global. Um exemplo foi o setor automotivo, no qual o pensamento taylorista/fordista abriu espaço para modelos de gestão que considerassem a nova realidade produtiva de pequenos e variados lotes de produção e estratégias de precificação dependentes da relação entre preço e custo e não mais preço e lucro.

À luz dessa nova ordem, sistemas de pensamento enxuto vieram trazer sua contribuição, uma vez que se originaram com o objetivo da eliminação dos desperdícios (perdas), gerando conseqüentemente processos mais enxutos. Estas características trouxeram inovações de gestão, preconizadas pelo sistema nipônico de produção à ponta de toda discussão sobre novos processos para novas realidades.

Os sistemas de produção enxuta, tais como o Sistema Toyota de Produção (STP), propugnam a competitividade pela flexibilidade, passando primeiramente pela busca das ineficiências de um dado sistema produtivo pela identificação e eliminação das perdas.

Inicialmente o conceito dos sistemas produtivos foi concebido e organizado a partir das linhas de produção, do tipo de produção e de produto. Porém, ao longo do tempo, o conceito de produto mudou, não estando mais restrito a peças em uma linha de produção, mas sim a todo o “valor” que esteja sendo processado com um fim de venda.

Mais amplamente, sistemas produtivos podem processar peças, serviços, informações e idéias. A produtividade é função das diversas relações entre as variáveis pertencentes a este sistema, negócio ou empreendimento. Posicionamento de mercado, custos, preços e domínio das técnicas produtivas são algumas dessas variáveis inerentes à complexidade do ambiente ao qual estão inseridas. Em um ambiente de concorrência por escalas de produtos a lotes variados e perfis de consumo muito diferenciados, potencializar

as características produtivas e minimizar os elementos comprometedores do desempenho são estratégias que devem ser observadas com ênfase.

Observando um dado ambiente e de posse de um conhecimento relativo em Engenharia de Produção pode-se propor melhorias que venham a contribuir com a eliminação das perdas sob diversas formas. Porém em ambientes nos quais a produção não é física esta abordagem torna-se mais complexa. Como exemplo pode-se imaginar um analista ou engenheiro observando as operações em um ambiente de fundição em areia verde, o qual apresenta certa complexidade, apesar de seu princípio de produção ser simples com o preenchimento de metal líquido em um molde de areia por gravidade. Em um primeiro momento a inspeção visual geraria uma série de propostas técnicas como limpeza do ambiente, distância entre o forno e os moldes de areia a qual deve ser percorrida pelo cadinho, ferramentas de movimentação como talhas de transporte, controle da temperatura do forno, tempos de manutenção, pressão na linha pneumática para os compactadores dos moldes de areia, dentre outros. Estes são exemplos de características que podem ser analisadas diretamente com o objetivo de se encontrar perdas.

Da mesma forma pode-se imaginar este mesmo engenheiro analisando um ambiente de projeto de produto com suas próprias características, equipes de desenvolvimento e planejamento do produto, grupos de projeto, grupos de aplicação, sessão de prototipagem, testes de campo e outros departamentos de suporte técnico. Possivelmente ocorrerão dificuldades em observar melhorias no processo de projeto do produto baseando-se em uma inspeção visual. Ou seja, a dimensão de observação mudou. Como forma de atingir o objetivo de identificar perdas em um processo com estas características faz-se necessário o entendimento do processo, suas atividades, seus pontos frágeis, para então, entender como as perdas ocorrem e se propagam neste ambiente.

1.1 Definição do Problema

A busca pela gestão enxuta tem importante difusão no ocidente. Inicialmente a necessidade de ajustamento dos sistemas produtivos a um modelo novo de gestão deveu-se à já mencionada crise do petróleo, descobrindo-se um vasto campo de estudo e aplicação. O

aperfeiçoamento dos métodos de gestão enxuta em ambientes fabris foi fator motivador para a aplicação da gestão enxuta em outros ambientes de negócio e serviços.

Sendo a gestão de projeto de produto um processo que opera com múltiplas variáveis nos mais diversos graus de complexidade, como ser mais eficiente e evitar desperdícios no que tange aos recursos empregados?

Ambientes de projeto de produto naturalmente demandam complexidade, pois os seus sistemas e subsistemas não são mecânicos, seus recursos não são máquinas e seus lotes de produção não são peças. Tem-se ao invés disso, recursos de natureza humana com o processamento de informações em substituição das peças em uma linha de produção.

A necessidade de se utilizar somente o requerido na execução das tarefas técnicas em projeto do produto é de grande significância, uma vez que traz o conceito de valor à gestão desse projeto. Em ambientes de engenharia a proposta inicial de projeto é dada com base em uma demanda requerida pelo mercado ou pela estratégia da empresa, seguida das especificações do produto por grupos multidisciplinares. A execução do projeto pelo corpo técnico prossegue com as tarefas de desenvolvimento, aplicação e testes. Segue também nesta esteira todo o aporte de manufatura e serviços de pós-venda, bem como todo o desenvolvimento da cadeia de suprimentos. Para projetos de serviços, a análise de demanda de mercado segue os estudos de investimento e estruturação física e legal do negócio. Todos os processos e atividades, enquanto componentes de implementação, requerem prazos sob a restrição de um determinado custo máximo e com uma mínima qualidade exigida.

Identificar perdas em projeto do produto pode revelar um interessante campo de discussão, pois a complexidade inerente ao projeto do produto é proporcional à gama de potenciais melhorias a serem visualizadas. Se projetos falham em atender às expectativas estabelecidas fracassam com eles os esforços de todo um sistema proposto para resultar em um produto, seja este uma proposta técnica de engenharia ou uma estrutura de serviços. Onde houver o fracasso na condução do projeto, possivelmente haverá algum tipo de perda associada ao processo de gestão do projeto. Esta perda, por diversas vezes, não é identificada ao fim do intento. Conhecer antecipadamente as potenciais perdas significa deter conhecimento oportuno para que novos projetos não incorram nos mesmos equívocos reduzindo desta forma o desperdício.

Observando a problemática em questão, relativa às perdas em projeto do produto e conhecendo-se a possibilidade da existência de um relativo trânsito dos conceitos básicos de modelos de produção enxuta, tal como o Sistema Toyota de Produção (STP), em tantos ambientes diversificados, por que não observá-los à luz de seus fundamentos no ambiente produtivo da área de projetos?

Torna-se, assim, bastante plausível que o elemento de adaptação possa vir a gerar uma conexão teórica entre filosofias de manufatura e filosofias de gestão de projeto do produto.

Sendo o projeto do produto um tema amplo, que transita por diversas áreas, em diversas naturezas de sistemas produtivos, torna-se necessário definir a natureza específica do ambiente de análise e então selecionar a proposta teórica, em projeto do produto, adequada a esta natureza. O modelo genérico de Rozenfeld *et al.* (2006), discorre sobre a gestão de projeto do produto, orientando os conceitos e cada fase deste modelo para esta realidade de projeto de produto.

Assim, o problema a ser tratado por esta pesquisa é de quais as perdas ou fontes de perdas são passíveis de ocorrência e de identificação na gestão de um projeto de um produto da indústria mecânica.

1.2 Objetivos

O presente trabalho tem por objetivo principal a identificação e análise de um conjunto de perdas passíveis de ocorrência no projeto do produto por meio da estruturação de um modelo conceitual.

Como objetivos específicos o estudo proposto relaciona os seguintes:

- Incorporar os conceitos de perdas, conforme preconizados no Sistema Toyota de Produção, no ambiente de projeto do produto, pela análise de parte do modelo genérico de Rozenfeld *et al.* (2006) para a gestão de projeto do produto, o qual servirá de base para a identificação das perdas no ambiente de projeto do produto;

- Apresentar um conjunto de perdas, passíveis de ocorrência, baseadas nas sete definições de perdas, clássicas, do STP, somadas a oitava perda relativa a criatividade, para as dez fases do modelo de Rozenfeld *et al.* (2006);

1.3 Justificativas

Justifica-se este trabalho pelo valor da produção enxuta na manufatura atual, sendo eficaz quando empregada segundo condições de contorno adequadas. Também se justifica o trabalho pelo argumento, comprovado empiricamente, de que sistemas podem ser mais enxutos. Sendo assim a busca pela otimização dos recursos de projeto deve ser referenciada no que há de mais refinado quando se discute desperdícios em processos produtivos.

O pensamento enxuto vem sendo concebido, aprimorado e reformulado durante décadas, desde sua gênese com o modelo produtivo nipônico até o presente momento. Realidades mudaram, outras demandas surgiram e as operações comerciais se ampliaram, mas o modelo de pensamento enxuto permanece como referência para a gestão de recursos em ambientes produtivos (ANTUNES *et al.*, 2008).

Um dos principais motivos para que modelos enxutos, tais como o Sistema Toyota de Produção, atravessem décadas e, ainda assim, continuem respondendo às perguntas geradas nas buscas por melhorias contínuas, está em sua capacidade de adaptação. Isto se deve ao fato de serem estes modelos desenvolvidos a partir de questões fundamentais, orientadas para as causas, e não para as conseqüências. A componente adaptabilidade agregou valor aos modelos enxutos, pois demonstrou sua efetividade desde processos de manufatura pesada até os ambientes de serviços.

Justifica-se também este trabalho pela sua possível contribuição em um campo acadêmico o qual pode vir a render positivas discussões. A natureza da novidade no trabalho proposto constata-se nas pesquisas em bases de dados acadêmicos utilizando combinações das seguintes “chaves de busca”:

1. Perdas/ *Wastes/ Waste Management*;
2. Projeto do produto e perdas;

3. Sistema Toyota de Produção/*Toyota Production System*;
4. *Lean Thinking e Product Design*.

Para as “chaves de busca” anteriormente descritas, os resultados retornaram em número insignificante de registros. A lógica de relacionar diretamente os elementos “STP”, “Pensamento Enxuto”, “*Lean Thinking*”, “Projeto do Produto”, “*Product Design*”, “Perdas” e “*Wastes*”, em um dado momento, teve de ser revista.

A discussão dos desperdícios em projeto é de grande atratividade para a academia devido a seu potencial de aplicação no mundo real. Cada vez mais se percebe que o uso dos recursos produtivos deve ser precedido de um planejamento e mapeamento das etapas necessárias ao sucesso do intento. Essas são atividades de projeto. Sendo assim, ambientes de difícil abordagem, tais como os ambientes de projeto, são também ambientes de potencial capacidade à produção de resultados interessantes e contributivos.

1.4 Estruturação da Dissertação

Esta dissertação é apresentada com a seguinte estrutura:

Capítulo 1: Introdução à dissertação, contextualização do problema, tema de pesquisa, objetivo principal, objetivos secundários, justificativas e delimitações;

Capítulo 2: Metodologia de pesquisa, premissas, método de trabalho e delimitações relativas ao método;

Capítulo 3: Referencial teórico sobre gestão de projeto do produto e perdas, focalizando os elementos no contexto relevante ao tema da presente pesquisa;

Capítulo 4: Proposição e discussão dos elementos construtivos do modelo conceitual para identificação das perdas na Gestão do Projeto do Produto;

Capítulo 5: Apresentação dos resultados da aplicação da pesquisa a profissionais em projeto do produto, validada pela visão de especialistas para o modelo conceitual proposto;

Capítulo 6: Conclusões, análise das limitações da pesquisa e considerações finais.

2. MÉTODO

Esta pesquisa busca o aprimoramento das idéias em projeto do produto pelo prisma da análise de perdas.

Aaker *et al.* (2001) diz que a premissa básica que sustenta os métodos qualitativos é de que a organização da pessoa perante um estímulo pouco estruturado indica as percepções básicas dela em relação ao fenômeno e a sua reação a ele. A proposta de trabalho visa estudar conceitos e teorias existentes em um campo de pesquisa com poucas publicações registradas. Desta forma a pesquisa em questão apresenta sua componente exploratória, pois seus resultados poderão gerar hipóteses neste ou em trabalhos futuros. Também apresenta contribuição como pesquisa exploratória pelo fato de buscar a familiaridade entre os conceitos pesquisados para atender aos objetivos propostos ou à questão de pesquisa, realizando descrições precisas de uma dada situação e buscando relações existentes da mesma. Por fim identifica-se como pesquisa exploratória pela baixa existência de estudos para estas relações.

Quanto ao método de pesquisa, o método qualitativo segundo Aaker *et al.* (2001), tem o propósito de descobrir o que tem o respondente em mente. Segundo o autor os dados qualitativos são coletados para se conhecer melhor os aspectos que não podem ser observados e medidos diretamente.

Parasuraman (1991) afirma que qualquer estudo que use de questionamentos ou técnicas não estruturadas pode ser chamado de pesquisa qualitativa. Todavia, segundo o autor, a pesquisa qualitativa tipicamente envolve um número relativamente baixo de respondentes. Ainda segundo o autor as técnicas em pesquisa qualitativa têm por objetivo promover os *insights*, idéias ou entendimentos iniciais sobre um problema. Portanto, para Parasuraman (1991) a pesquisa qualitativa é mais apropriada em situações de pesquisa exploratória.

Para Aaker *et al.* (2001) o método de pesquisa qualitativa de exploração tem por principais características:

- Definir problemas com maiores detalhes;

- Sugerir hipóteses a serem testadas em pesquisa subsequente;
- Avaliar reações preliminares a novos conceitos de produtos.

Uma abordagem possível para o desenvolvimento de pesquisas qualitativas exploratórias é a meta-análise. Para Luiz (2002), uma meta-análise visa extrair informações adicionais de dados preexistentes através da união de resultados de diversos trabalhos e pela aplicação de uma ou mais técnicas estatísticas

Rodrigues (*apud* FLICK, 1995), descreve o processo de meta-análise qualitativa como sendo a procura pela identificação, através de determinadas categorias, de semelhanças e controvérsias numa dada situação de estudos. Ainda diz que a meta-análise trata-se de um processo de descrição interpretativa que, ao final, resulta em uma visão mais acurada da área analisada.

Em relação aos procedimentos de coleta, comumente referidos encontram-se: pesquisas bibliográficas, análise de documentos, entrevistas e observação de fenômenos.

Em relação aos tipos de entrevista passíveis de serem utilizadas em um estudo de natureza qualitativa, as seguintes podem ser listadas: entrevista focal, semipadronizada, centralizada no problema, com especialistas e entrevista etnográfica (FLICK, 2002). Na entrevista com especialistas, especificamente, Meuser e Nagel *apud* Flick (2002) apontam que entrevistas desta natureza têm um menor interesse no entrevistado enquanto pessoa do que em sua capacidade de ser um especialista para certo campo ou atividade. Segundo os autores, a variedade das informações potencialmente relevantes fornecidas pelos entrevistados é muito mais restrita nessa modalidade do que em outras entrevistas. Por essa razão o guia da entrevista possui uma função diretiva muito mais forte no tocante à exclusão de tópicos improdutivos.

O trabalho em questão tem a tratativa, no que tange à quantidade de amostras de entrevistas, de uma amostragem teórica. Para Glaser e Strauss (1967) *apud* Flick (2002, p.45):

A amostragem teórica é o processo de coleta de dados para geração de teoria por meio do qual o analista coleta, codifica e analisa conjuntamente seus dados, decidindo quais dados coletar a seguir e onde encontrá-los, a

fim de desenvolver sua teoria quando esta surgir. Esse processo de coleta de dados é controlado pela teoria em formação.

Ainda segundo o autor a amostragem de indivíduos, grupos ou campos concretos não se baseia nos critérios e nas técnicas usuais de amostragem estatística. Em vez disso, estes indivíduos ou grupos são selecionados de acordo com seu nível (esperado) de novos *insights* para a teoria em desenvolvimento em relação à situação de elaboração da teoria até o momento.

Sendo assim o presente trabalho se caracteriza como exploratório e estruturado com características de meta-análise. No que tange aos procedimentos de pesquisa de campo, o trabalho contempla análises bibliográficas, análises documentais e entrevistas com especialistas, selecionados de forma não probabilística.

2.1 Delineamento da Pesquisa

Para o desenvolvimento do estudo sobre as perdas propugnadas pelos autores de referência no tema e tendo como objeto de estudo o projeto do produto, torna-se necessário orientar a análise para um prisma teórico. O foco do trabalho é a natureza “*project*” do desenvolvimento do produto, ou seja, a avaliação das ações de engenharia no desenvolvimento do produto e na gestão de projetos pela observação dos processos e operações. Para esta função foi elencado o modelo teórico de Rozenfeld *et al.* (2006) pelas razões a seguir listadas:

- Modelo teórico desenvolvido por intelectual nacional;
- Modelo que abrange desde a visão macro da gestão de projeto (*Project*), até a visão especializada, técnica, desta gestão (*Design*);
- Modelo concebido com base em projeto de produto, o qual se insere completamente no contexto do objeto de estudo deste trabalho;

A pesquisa ora relatada foi delineada com base nas seguintes premissas:

Premissa 1: Ambientes de projeto e desenvolvimento do produto podem ser considerados sistemas produtivos, com seus recursos, matérias-primas, processos e operações;

Premissa 2: É possível identificar perdas em projeto de desenvolvimento do produto à luz do Sistema Toyota de Produção.

O método de trabalho proposto para este estudo prevê as seguintes ações:

- Análise dos referenciais para perdas à luz do Sistema Toyota de Produção e Pensamento Enxuto: estudo da teoria relativa ao ambiente das perdas, suas características, seus principais estudiosos e sua visão sobre a dinâmica destas perdas nos ambientes produtivos;
- Análise dos referenciais para projeto e desenvolvimento do produto, sua definição e conceito, bem como a análise das orientações de projeto para a filosofia do pensamento enxuto;
- Análise do modelo genérico de Gestão do Projeto do Produto de Rozenfeld *et al.* (2006): estudo do modelo genérico para gestão e desenvolvimento do produto. Análise e seleção das fases com maior envolvimento e responsabilidade dos departamentos de engenharia e desenvolvimento do produto;
- Meta-análise: análise “cruzada” das perdas mapeadas pelo pensamento enxuto nas fases selecionadas do modelo genérico de Rozenfeld *et al.* (2006) para a Gestão do Projeto do Produto, identificando as potenciais perdas existentes e caracterizando-as como perdas de causa ou perdas de efeito.
- Pesquisa exploratória: construção e aplicação de uma pesquisa exploratória de amostragem não probabilística com profissionais pertencentes ao ambiente de projeto do produto para análise dos seus pontos de vista relativamente aos resultados da meta-análise preliminar;
- Avaliação dos resultados com especialistas: submissão dos resultados observados pelo autor, somados aos resultados da pesquisa à especialistas

em projeto do produto e perdas para análise para avaliação e posicionamento sobre os mesmos;

- Análise e compilação dos resultados: definição final dos resultados após submissão e avaliação dos especialistas;
- Proposição de um conjunto de perdas em projeto do produto: apresentação das perdas em projeto do produto segundo o modelo conceitual em questão;
- Conclusões.

Dentre os elementos da Gestão do Projeto do Produto propostos por Rozenfeld *et al.* (2006), quatro foram as fases escolhidas para serem os objetos do estudo: Planejamento do Projeto, Projeto Conceitual, Projeto Informacional e Projeto Detalhado. Cada uma das fases é subdividida em outras etapas e subfases as quais serão efetivamente o terreno de estudo e análise.

No que tange à busca por evidências empíricas de validade das proposições construídas será realizada por meio de casos de uma empresa de equipamentos agrícolas de classe mundial. Sendo a indústria de equipamentos agrícolas uma típica indústria de projeto do produto e sendo a mesma indústria muito próxima em suas características produtivas a indústria automotiva, tem-se um potencial terreno para análise das perdas em projeto do produto à luz de sistemas de pensamento enxuto, podendo assim analisar a visão dos profissionais de projeto do produto diretamente no seu ambiente de trabalho

A Figura 1 representa a estrutura fundamental proposta para o trabalho. A análise das perdas na Gestão do Projeto do Produto, conforme a Figura 1, será desenvolvida pela “projeção” de cada uma das oito perdas selecionadas nas fases da Gestão do Projeto do Produto propostas pelo modelo de Rozenfeld *et al.* (2006). Desta forma pode-se avaliar a potencialidade da perda na ação de projeto em questão.

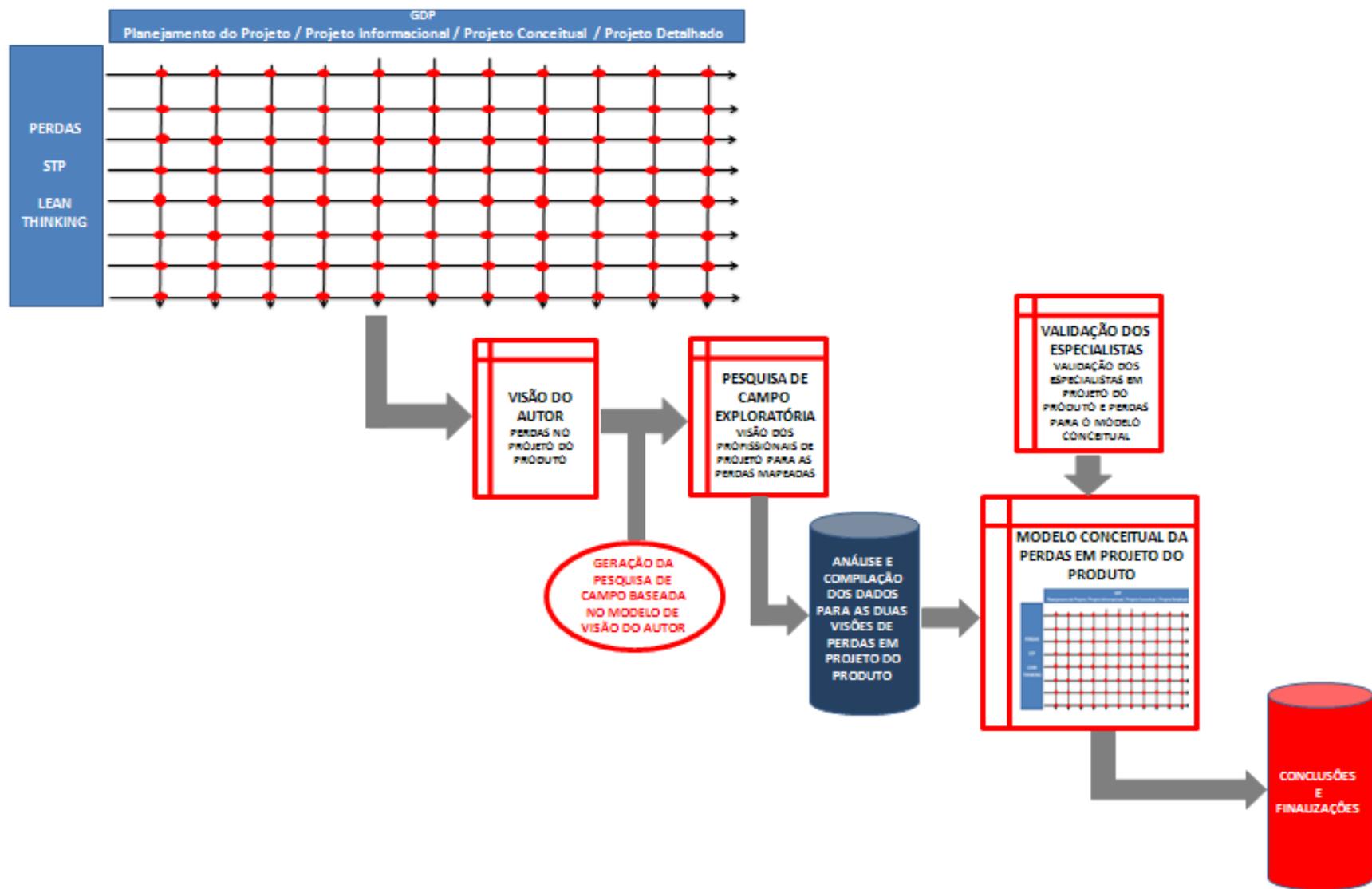


Figura 1: O método de trabalho.

2.2 A Análise do Autor e a Pesquisa de Campo com os Profissionais de Projeto

Dada a definição da estrutura conceitual proposta para a análise e identificação das perdas, o primeiro processo de observação foi empregado na identificação das perdas segundo a observação do autor. Após a análise, um grupo de perdas foi identificado para as subfases do projeto do produto ao qual compôs a “primeira observação” do modelo proposto.

A “primeira observação” das perdas nas dez subfases do projeto do produto foi conduzida pelo estudo dos conceitos para cada uma das oito perdas selecionadas para análise: superprodução, espera, transporte, processamento, estoque, movimentos, defeitos e desperdício da criatividade dos funcionários. Esta “primeira observação” analisou, a exemplo, uma dada natureza de perda, como a perda por defeito e observou o conceito proposto pelo Sistema Toyota de Produção para o defeito e que pode ser definido como existente quando há a produção de peças defeituosas ou retrabalho de componentes. Observando uma dada fase do projeto do produto e imaginando o resultado desta fase, a sua entrega, toda e qualquer entrega que seja considerada defeituosa, pois não está atingindo a qualidade requerida, pode ser considerada uma perda por defeito.

Baseado na linha de pensamento descrita e embasado nos conceitos teóricos vigentes, para os temas em questão tornou-se possível formar o primeiro conjunto de perdas para as fases do projeto do produto em sua “primeira observação”.

2.3 A Análise com os Profissionais de Projeto

Relativo aos profissionais de projeto do produto, aos quais desenvolveram a “segunda observação”, estes podem ser classificados pelos seus níveis de experiência profissional, formação acadêmica e posição hierárquica. No que se refere à experiência profissional em projetos, quase a totalidade dos entrevistados tem de cinco a dez anos em funções de engenharia e desenvolvimento do produto, sendo de engenheiros com especialização em projeto do produto ou mestrado em engenharia mecânica. Por fim,

hierarquicamente estes profissionais dividem-se em engenheiros de projeto e desenvolvimento do produto e gerentes de engenharia do produto.

Com estes profissionais procedeu-se uma pesquisa exploratória, em profundidade, com amostragem não probabilística por conveniência. Esta pesquisa conteve as mesmas características da pesquisa a qual o próprio autor realizou. O objetivo nesta “segunda observação” foi coletar informações de caráter empírico do ambiente de engenharia, por meio da visão de profissionais com experiência nestas atividades, porém sem requerer o domínio pleno das disciplinas de perdas em sistemas enxutos (as oito perdas aplicadas neste estudo).

Como orientação, aos profissionais, elaborou-se um texto explicativo do tema em questão, sua relevância e definição do conceito de perda, sendo esta de tudo o que não agrega valor ao intento que está sendo desenvolvido. Da mesma forma informaram-se as premissas básicas para o desenvolvimento das respostas, sendo uma das mais enfatizadas a observação da análise da fonte de perdas tendo como base os conceitos de matéria-prima (*input*), produto acabado (*output*) e de processos e operações dentro da célula analisada. A ênfase nestes conceitos teve por objetivo orientar o participante à análise pelos elementos de causa das perdas, não de consequência. Para suporte à análise dos profissionais de projeto, a estrutura da pesquisa conteve as descrições teóricas tanto das perdas quanto das subfases do projeto do produto, visando a auxiliar os participantes quanto a dúvidas de entendimento desses conceitos. Sendo também o conjunto de profissionais oriundo de dois locais de aplicação, Brasil e Estados Unidos, a pesquisa foi estruturada em um idioma padrão, a língua inglesa.

Os resultados colhidos da identificação das perdas pelos profissionais de engenharia, somados à observação do autor tiveram sua compilação de forma à: (i) manutenção das perdas convergentes; e (ii) análise e adição de novas perdas pertinentes e não mapeadas pelo autor, porém identificadas por estes profissionais. O produto final deste processamento é um conjunto de perdas para projeto do produto, ao qual foi submetido à observação e validação dos especialistas nos temas (“terceira observação”).

2.4 A Submissão do Modelo aos Especialistas

O conjunto de perdas compiladas, oriundas das observações dos profissionais somadas à observação do autor, teve sua submissão aos especialistas nos temas de projeto do produto e sistemas de produção enxuta. O objetivo da submissão foi de avaliar os resultados observados. Para o procedimento de análise, os especialistas procederam com a concordância ou discordância em relação à perda sinalizada.

Relativo ao grupo de especialistas que contribuíram com a “terceira observação”, cinco especialistas foram consultados e identificados neste estudo pela numeração abaixo:

- **Especialista 1:** professor universitário com experiência em gestão e desenvolvimento do produto, autor de livros e artigos relacionados ao tema, consultor para gestão e desenvolvimento do produto e ciclo de vida do produto sendo sua produção intelectual considerada em diversos trabalhos acadêmicos como referência na gestão e desenvolvimento do produto;
- **Especialista 2:** professor universitário com experiência ampla em sistemas de produção e manufatura enxuta, Sistema Toyota de Produção e Teoria das Restrições, consultor em sistemas de produção enxuta e engenharia de produção e autor de amplo material acadêmico no tema incluindo artigos, traduções de exemplares clássicos relacionados ao STP e livros sobre sistemas de produção;
- **Especialista 3:** Professor universitário com experiência em qualidade e desenvolvimento de produto;
- **Especialista 4:** Consultor e autor de obras sobre o STP, atuante nacionalmente na implementação de sistemas enxutos de gestão e produção;
- **Especialista 5:** Doutorando em engenharia de produção e transportes com foco em sistemas e modelos de desenvolvimento do produto.

A validação dos resultados, junto aos especialistas, teve como produto principal a observação sobre as questões relacionadas às causas e às conseqüências, no que se refere ao conjunto de perdas levantadas. Dentre as questões de análise propostas pelos

especialistas, as relações de causa e consequência foram as que tiveram maior espaço nas considerações.

O primeiro ponto relacionado às questões de causa e consequência refere-se à observação de que a existência da perda mapeada possa suceder a existência de um elemento gerador da mesma, podendo este estar inserido em alguma fase do modelo ou preceder temporalmente ao próprio modelo. A exemplo, pode ser citado um elemento gerador da perda no planejamento estratégico do negócio, o qual levou a uma atividade de prospecção de mercado que, por fim, pode ter como resultado a demanda de um projeto. Relativo a este primeiro ponto, reforça-se a observação de que as perdas listadas em cada subfase do projeto do produto são perdas passíveis de ocorrer e que a análise das perdas sempre deve ser considerada como um processo dinâmico.

O segundo ponto levantado pelos especialistas tem relação com as questões de causa e consequência de uma perda, sua complexidade de análise e existência de equívocos entre a identificação de uma perda ou de sua respectiva causa. Esta observação remete às questões básicas da análise das perdas em um dado ambiente fabril, onde a busca das causas deve ser priorizada em relação às suas consequências, para que seja possível identificar e eliminar o problema na raiz, conforme propugnado pelos autores no tema. Relativo a este segundo ponto, o presente trabalho, em sua abordagem, não propõe a análise e discriminação conclusiva das questões de causa e consequência por este prisma, porém propõe a identificação das possíveis causas para cada perda em questão.

Em face às observações e sugestões, dos especialistas, para revisão das descrições das perdas identificadas, uma parte substancial destas perdas foi revista e reescrita, gerando desta forma o conteúdo final deste trabalho.

2.5 Delimitação do Escopo do Trabalho

O presente trabalho aborda a gestão de projetos no seu conceito *Project* enfocando suas atividades e operações. A proposta deste estudo tem foco na análise das atividades de engenharia da gestão de projeto do produto, mais especificamente projeto de desenvolvimento do produto, configurado no modelo genérico de Rozenfeld *et al.* (2006)

nas seções de Planejamento do Projeto, Projeto Informacional, Projeto Conceitual e Projeto Detalhado. A escolha das quatro fases listadas anteriormente se deve ao fato destas atividades, (excetuando a primeira, planejamento do projeto) serem tipicamente de responsabilidade das engenharias de produto, projeto, aplicação, protótipos e testes em ambientes industriais. A proposta é de desenvolver uma discussão sobre perdas justamente no âmbito dessas quatro fases. Analogamente aos estudos da Termodinâmica Clássica, este é o “Volume de Controle”¹ estabelecido para o estudo. No que tange à fase de Planejamento do Projeto, esta foi elencada como elemento de ação multidisciplinar, porém com um forte impacto no projeto do produto, uma vez que dado planejamento não tenha sido adequadamente conduzido as relações causa-efeito nas atividades posteriores tomam proporções consideravelmente danosas, portanto é de valor observar as possíveis perdas nesta etapa.

Referente às analogias entre ambientes produtivos e ambientes de engenharia, o presente trabalho não abordará perdas relativas a sistemas produtivos de fluxo contínuo tais como na indústria petroquímica. O ambiente de análise dá-se em uma indústria de bens intermediários mecânicos, com gestão de projetos de plataforma.

No que se refere às questões de trânsito entre os conceitos de sistemas de manufatura e sistemas de projeto do produto, o presente trabalho apropria os conceitos de manufatura, tais como processos, operações, produtos e recursos de forma a solidificar o entendimento de que alguns ambientes de engenharia podem ser interpretados, estudados e entendidos como fábricas de projeto, onde o elemento de criação se associa aos elementos de produção gerando o produto de engenharia: um conjunto documentos e informações técnicas tais como desenhos, croquis, instalações, modelos ou protótipos.

O próximo capítulo abordará o referencial teórico para gestão e projeto do produto bem como a natureza e as características das perdas pelo estudo dos autores de referência nestes temas.

¹ “O Volume de Controle é um volume no espaço que nos interessa para o estudo, ou análise, de um processo. O tamanho e a forma de controle são arbitrários e podem ser definidos de modo que a análise a ser feita seja a mais simples, possível” (WYLEN *et al*, 1998, pag. 109).

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo tem por objetivo apresentar o referencial teórico pesquisado para este trabalho. A proposta de discussão segue dois tomos básicos: o projeto do produto e as perdas em processos produtivos, desde o seu mapeamento no chão de fábrica até o ambiente de projeto.

3.1 O Projeto do Produto

Disnmore e Cavalieri (2005) definem projetos como empreendimentos únicos, com início e fim determinados, que utilizam recursos e são conduzidos por pessoas, visando a atingir objetivos predefinidos. O projeto caracteriza-se por ser temporário, exclusivo e progressivo. Da mesma forma o Guia PMBOK® (PMI, 2004) define que um projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo. Em maiores detalhes:

1. **Temporário:** significa que todos os projetos possuem um início e um final definidos. O final é alcançado quando os objetivos do projeto tiverem sido atingidos ou quando não existir mais a necessidade do projeto e ele for encerrado. Além disso, geralmente o temporário não se aplica ao produto, serviço ou resultado criado pelo projeto. A maioria dos projetos é realizada para criar um resultado duradouro;
2. **Exclusivo:** Um projeto cria entregas exclusivas, que são os produtos, serviços ou resultados. Os projetos podem criar:
 - a. Um produto ou objeto produzido, quantificável e que pode ser um item final ou item componente;
 - b. Uma capacidade de realizar um serviço, como funções de negócios que dão suporte à produção ou à distribuição;
 - c. Um resultado como documentos.

A singularidade é uma característica importante das entregas de projeto;

3. **Progressivo:** a elaboração progressiva é uma característica de projetos que integra os conceitos de temporário e exclusivo. Elaboração progressiva significa desenvolver em etapas e continuar por incrementos.

Sendo assim, o ciclo de vida do projeto consiste no conjunto de diversas fases deste dado projeto. Essas fases são determinadas pelas características específicas e necessidades de cada projeto, a partir da experiência em seu gerenciamento, ou seja, descrevem o que precisa ser feito para a realização do objetivo: o novo produto. De modo geral, pode-se dizer que as fases compreendem: Viabilidade, Planejamento, Desenho, Construção e Entrega. Estes elementos do processo de gerenciamento de um projeto se integram e se sobrepõem interagindo de diversas formas durante a vida deste projeto. A Figura 2 exemplifica estes componentes ao longo de uma linha temporal.

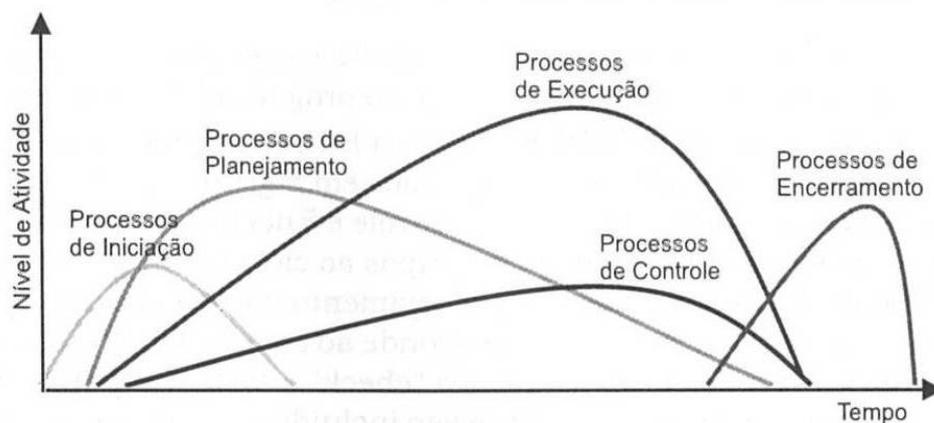


Figura 2: Processos sobrepostos de gerenciamento de projetos.

Fonte: Dinsmore e Cavalieri (2005, p.4).

Heldman (2006) define que projetos têm natureza temporária com datas de início e fim definidas e estarão finalizados quando as respectivas metas e objetivos forem cumpridos. Projetos, segundo o autor, servem para lançar um produto ou serviço que não existia anteriormente, o que pode incluir produtos tangíveis, serviços como consultoria ou gerência de projetos e funções de negócios que apóiam a empresa.

Projetos também podem produzir resultados como um documento que detalhe as descobertas de uma nova pesquisa. Heldman (2006) enfatiza a diferença entre projeto e

operação, exemplificando o caso de uma montadora de veículos: seus projetos, de novos modelos, e suas operações, similares nas características de manufatura para estes novos modelos. Operações, segundo esse autor são contínuas e repetitivas e seu propósito é de manter a organização funcionando, enquanto o objetivo de projeto é atingir suas metas e ser concluído.

O Guia PMBOK® (PMI, 2004) menciona que projetos são realizados em todos os níveis de uma organização e podem envolver uma única pessoa ou muitos milhares de pessoas. Sua duração varia de poucas semanas a vários anos. Os projetos podem envolver uma ou várias unidades organizacionais, como *joint ventures* ou parcerias. Exemplos de projetos incluem, mas não se limitam a:

- Desenvolvimento de um novo produto ou serviço;
- Mudança de estrutura, de pessoal ou de estilo de uma organização;
- Projeto de um novo veículo de transporte
- Desenvolvimento ou aquisição de um sistema de informações novo ou modificado;
- Construção de um prédio ou instalação;
- Construção de um sistema de abastecimento de água para uma comunidade;
- Campanha por um cargo político;
- Implementação de um novo procedimento ou processo de negócios;
- Atendimento a uma cláusula contratual.

No que tange à relação do projeto com o planejamento estratégico, o Guia PMBOK® (PMI, 2004) define que os projetos são um meio de organizar as atividades que não podem ser abordadas dentro dos limites operacionais de uma organização. Portanto são os projetos freqüentemente utilizados como um meio de atingir o plano estratégico de uma organização, seja a equipe de projeto formada por funcionários da organização ou um prestador de serviços contratado.

Para Rozenfeld *et al.* (2006), desenvolver produtos consiste em um conjunto de atividades por meio das quais se busca (a partir das necessidades do mercado e das possibilidades e restrições tecnológicas, e considerando as estratégias competitivas e de

produto da empresa) chegar às especificações de projeto de um produto e de seu processo de produção, para que a manufatura seja capaz de produzi-lo.

Para Kelzner (2004) a condução do gerenciamento de projetos muitas vezes é função de algumas forças motrizes que agem efetuando uma relativa pressão no sistema. As elencadas como mais comuns são:

- Projetos estratégicos;
- Expectativas dos clientes;
- Competitividade;
- Entendimento e comprometimento dos gerentes executivos;
- Desenvolvimento de novos produtos;
- Eficiência e efetividade;
- Sobrevivência.

Dentre as forças listadas, a gestão de projeto do produto, elemento temático desta pesquisa, está direta ou indiretamente relacionada com a maioria dos tópicos.

Para Stewart *apud* Kelzner (2004) os projetos reúnem e vendem conhecimento. Na esteira da natureza das organizações e suas orientações em relação ao universo de projetos Kelzner (2004) ainda enfatiza que um bom número de empresas que não acreditavam ser orientadas a projetos, na verdade continham características de empresas híbridas, as quais não são orientadas para projeto, porém em sua estrutura mantêm uma ou duas divisões voltadas para tal filosofia de trabalho. Kelzner (2004) classifica a natureza das empresas e sua orientação para projetos conforme a Figura 3.

O autor reforça o modelo de evolução orientado a projetos. Naturalmente a orientação ou não para esta lógica de gestão está fundamentada no tipo de negócio vigente, característica de produto e diversos outros fatores de mercado. Desta forma, Kelzner (2004) apresenta um mapa do setor industrial norte-americano, do início do século XXI, segundo sua orientação à gestão de projetos (Quadro 1).



Figura 3: Classificação das indústrias pela utilização da gestão de projetos.
Fonte: Kelzner (2004, p.19).

Nível de treinamento em gestão de projetos	Híbrida	Orientada a projetos	Orientada a projetos
Alto	Automotiva Saúde Maquinaria Mineração	Terceirizadas da indústria automotiva Computadores Eletrônicos	Aeroespacial Defesa Construção
Médio	Bebidas Química Papel	Bancos Farmacêuticos Petróleo e gás Telecomunicações	Lazer Entretenimento Nuclear
Baixo	Seguros Editoras Comercio Transportes	Alimentação Ferrovias Fumo	Bens manufaturados Metais
Anos de experiência	1 a 5	5 a 10	15 ou mais

Quadro 1: Proporção de treinamento em gestão de projetos no setor industrial dos EUA.
Fonte: Kerzner (2004, p.29).

Baxter (1998) afirma que as decisões na etapa de desenvolvimento de novos produtos envolvem menores riscos e incertezas em relação a etapas precedentes (decisões sobre estratégia e oportunidades de inovação). Os riscos e incertezas, segundo o autor, podem ser reduzidos à medida que se refinam as decisões sobre:

- 1) A oportunidade específica para o desenvolvimento do novo produto;
- 2) Os princípios de operação do novo produto (projeto conceitual);

- 3) A configuração do produto (desenhos de apresentação e modelos);
- 4) Projeto detalhado para produção.

No que tange ao desenvolvimento de um produto e às nomenclaturas usuais no ambiente da indústria, e mais especificamente de projeto, tem-se sua natureza “*Project*”. Esta denota o projeto em caráter mais global, sua gestão e suas relações com os elementos geradores da necessidade do projeto. Em outras palavras, remete ao encadeamento de ações e controles que, estruturados conjuntamente, são resultados de uma concepção metodológica.

Pahl *et al.* (2005) entendem o termo ‘metodologia de projeto’ como um procedimento planejado com indicações concretas de condutas a serem observadas no desenvolvimento e no projeto de sistemas técnicos. Disto, segundo o autor, fazem parte os procedimentos de interligação de etapas de trabalho e fases do projeto tanto pelo conteúdo quanto pela organização, que de maneira flexível são adaptados ao respectivo problema. Em complemento a essa definição está a descrição “*Design*”, a qual denota o ato de projetar, ou seja, as atividades técnicas componentes do processo de projeto de um dado produto. As ações de projetar (*design*) podem estar inseridas em uma metodologia de gestão e gerenciamento de projetos para que a gestão dos recursos, tempo, qualidade, além de todos os outros objetivos delineados inicialmente, possam ser atingidos.

Para Shigley *et al.* (2005) projetar consiste tanto em formular um plano para satisfação de uma necessidade específica quanto em solucionar um problema. Se tal plano resultar na criação de algo tendo uma realidade física, então o produto deverá ser:

- **Funcional:** o produto deve apresentar um desempenho que atenda às necessidades e expectativas do consumidor;
- **Seguro:** o produto não deve oferecer perigo ao usuário ou a propriedades vizinhas. Perigos que não podem ser “evitados por projetos” devem se valer de anteparos (envoltórios protetores); se isso não for possível, informações apropriadas ou avisos devem ser fornecidos;

- **Confiável:** confiabilidade é a probabilidade condicional, a um determinado nível de confiança, de que o produto irá desempenhar sua função proposta satisfatoriamente, ou sem falhar a uma determinada idade;
- **Competitivo:** o produto deve ser competitivo em seu mercado;
- **Utilizável:** o produto deve ser amigável ao usuário, acomodando-se a especificações como tamanho, resistência, postura, alcance, força, potência e controle humanos;
- **Manufaturável:** o produto deve ser reduzido a um número mínimo de componentes, adequados à produção em grandes escalas, com dimensões, distorções e resistência sob controle;
- **Mercável:** o produto pode ser comprado, e serviços de assistência técnica devem estar disponíveis para este produto.

Para Rozenfeld *et al.* (2006) os diversos tipos de projetos existentes hoje podem ser classificados por critérios, sendo que a classificação mais comum e útil é baseada no grau de mudanças que o projeto representa em relação a projetos anteriores. As principais categorias são:

- **Projetos radicais (*breakthrough*):** são os que envolvem significativas modificações no projeto do produto ou do processo existente, podendo criar uma nova categoria ou família de produtos para a empresa. Os processos produtivos geralmente acompanham a inovação uma vez que o produto tem na sua concepção novas tecnologias e materiais;
- **Projetos plataforma ou próxima geração:** normalmente representam alterações significativas no projeto do produto e/ou processo, sem a introdução de novas tecnologias ou materiais, mas representando um novo sistema de soluções para o cliente. Esse novo sistema pode representar uma próxima geração de um produto ou de uma família de produtos anteriores existentes;
- **Projetos incrementais ou derivados:** envolvem projetos que criam produtos e processos que são derivados, híbridos ou com pequenas modificações em relação

aos projetos já existentes. Esses projetos incluem versões de redução de custo de um produto e projetos com inovações incrementais nos produtos e processos.

Relativo às tarefas de projeto, Pahl *et al.* (2005) diz que as atividades de engenharia e, conseqüentemente sua missão, objetivam encontrar soluções para problemas técnicos. Para tanto, o projeto baseia-se em conhecimentos de ciências naturais e de engenharia, levando em conta os condicionantes materiais, tecnológicos e econômicos bem como as restrições legais, ambientais e aquelas impostas pelo ser humano. Para Pahl *et al.* (2005), desenvolver e projetar são atividades de interesse da engenharia e que:

- Abrangem quase todos os campos da atividade humana;
- Aplicam leis e conhecimentos das ciências naturais;
- Adicionalmente se apóiam no conhecimento prático especializado;
- São, em grande parte, exercidas sob responsabilidade pessoal;
- Criam pressupostos para a concretização de idéias da solução.

Pahl *et al.* (2005) colocam ainda as atividades de projeto na interseção de diversos campos de conhecimento, das relações humanas às técnicas, orientadas por alguns pontos de vista. A interseção entre os diversos campos de conhecimento é ilustrada na Figura 4. Dentre esses estão os seguintes:

- **Da psicologia do trabalho:** projetar é uma atividade intelectual, criativa, que requer uma base segura de conhecimentos nas áreas de matemática, física, química, mecânica, termodinâmica, mecânica dos fluídos, eletrotécnica, assim como tecnologias de produção, ciência dos materiais e ciência do projeto;
- **Da metodologia:** projetar é um processo de otimização com objetivos predeterminados e condicionantes em parte conflitantes. Os requisitos variam em função do tempo, de modo que uma solução de projeto só pode ser objetivada ou almejada de maneira otimizada, sob as condições existentes na época da solicitação;
- **Da organização:** o projeto participa de forma significativa do ciclo de vida de um produto. O ciclo inicia por uma demanda do mercado ou por uma vontade,

começando pelo planejamento do produto e, após sua utilização, terminando na reciclagem ou num outro tipo de descarte.

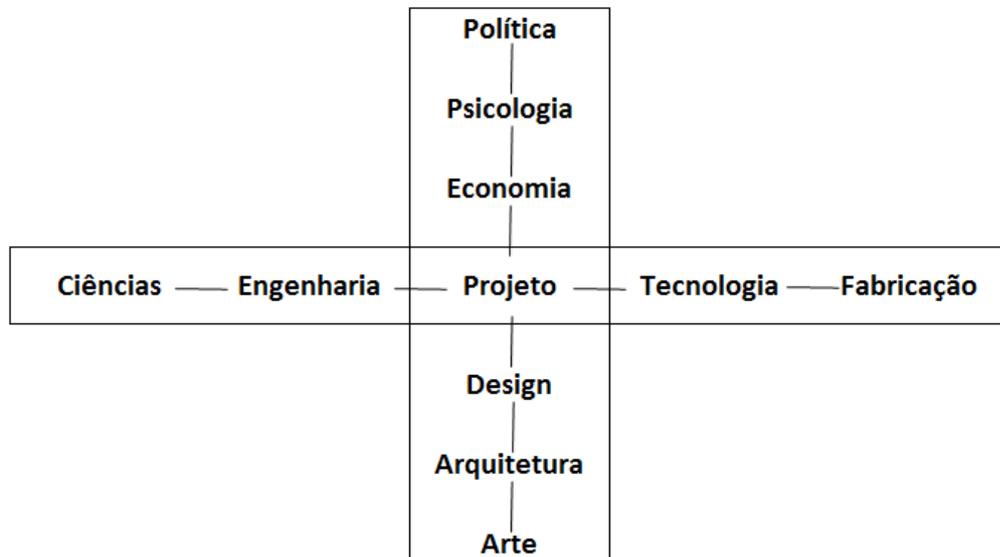


Figura 4: A atividade de projeto e sua interseção com as atividades culturais e tecnológicas.
Fonte: Pahl *et al.* (2005, p.2).

Considerado o contexto de um mercado, indústria ou organização, Pahl *et al.* (2005) consideram que toda atividade de projeto de um produto é função de *inputs* diferenciados, os quais teriam papéis similares às forças motrizes de Kelzner (2004). Essa influência nas atividades de projeto se dá por diferentes aspectos:

- **Origem das tarefas:** principalmente para produtos em série, as tarefas são preparadas pelo planejamento do produto que, além de outras atividades, deverá efetuar uma apurada pesquisa de mercado. O elenco dos requisitos elaborado pelo planejamento do produto freqüentemente ainda deixa aberto um amplo espaço para as soluções do projetista.
- **Organização da empresa:** a organização de um processo de desenvolvimento ou de projeto se orienta primeiramente pela organização geral da empresa;
- **Novidade:** projetos novos para novas formulações de tarefas e novos problemas são realizados utilizando novos princípios de solução. Tais princípios poderão resultar de uma seleção e combinação de princípios e tecnologias conhecidas. Caso contrário terá que ser adentrada uma área técnica nova;

- **Quantidade de peças:** projetos para produção individual ou de série reduzida, em função da inexistência de protótipo, requerem, para fins de redução dos riscos, uma previsão reforçada de todos os processos físicos e dos detalhes de configuração. A confiabilidade e a segurança em serviço são freqüentemente prioritárias perante otimizações de natureza econômica. Tarefas para produção em série ou produção em massa requerem execução conscienciosa, com auxílio de modelos de construção e de protótipos, principalmente quanto à adequada durabilidade e também com relação aos aspectos econômicos;
- **Ramo de especialidade:** a engenharia abrange um amplo espectro de problemas. Em consequência disso, os requisitos e o tipo de solução são extraordinariamente variados e sempre exigem um apropriado ajuste das ferramentas e dos métodos de solução;
- **Objetivos:** a solução dos problemas ou das tarefas orienta-se pelos objetivos a serem otimizados, levando em conta as condicionantes restritivas prefixadas. Assim, novas funções, maior durabilidade, custos menores, problemas específicos de produção, novos requisitos ergonômicos e muitas outras coisas podem ser, isoladamente ou de forma combinada, o objetivo de um desenvolvimento.

Pahl *et al.* (2005) ainda enfatizam a crescente consciência ecológica necessária ao projetista para a concepção de novos produtos ou processos, ou mesmo suas melhorias. A exigência imposta ao projetista de um caráter polivalente em suas habilidades torna-se cada vez mais latente. Em linhas gerais, as atividades de um projetista podem ser desdobradas nos seguintes pontos:

- **Conceituais**, ou seja, o esforço de busca do princípio da solução, para o qual, além de métodos de explicação geral, também servem os métodos especiais;
- **De pré-projeto**, ou seja, trabalhos de concretização do princípio da solução pela definição da configuração e do material, para o qual são especialmente adequados os métodos;
- **De detalhamento**, ou seja, atividades referentes à preparação dos subsídios para a produção e utilização.

- **De cálculo, desenho e busca de informações**, que incidem em todas as etapas de projeto.

Comparativamente a outros processos de negócio, o projeto e desenvolvimento do produto, segundo Rozenfeld *et al.* (2006), apresenta diversas especificidades:

- Elevado grau de incertezas e riscos das atividades e resultados;
- Decisões importantes que devem ser tomadas no início do processo, quando as incertezas tendem a ser maiores;
- Dificuldade de mudar decisões iniciais;
- As atividades básicas que seguem um ciclo iterativo do tipo: Projetar (gerar alternativas) – Construir – Testar – Otimizar;
- Manipulação e geração de alto volume de informações;
- Multiplicidade de fontes de informações e atividades: diversas áreas da empresa e da cadeia de suprimentos;
- Multiplicidade de requisitos a serem atendidos pelo processo, considerando todas as fases do ciclo de vida do produto e seus clientes.

A complexidade para a mudança de decisões associadas a fatores de alto risco e incertezas impacta diretamente na viabilidade do projeto e, posteriormente, na competitividade do produto. Ela pode ser lida no comportamento dos custos incorridos e dos custos comprometidos do projeto e da produção de um dado produto. Observando a Figura 5 constata-se que para muitos tipos de produtos as fases de desenvolvimento do produto têm alta criticidade no que se refere ao comprometimento do custo final do produto, uma vez que estes custos estejam atrelados às especificações técnicas do produto, deixando assim poucas possibilidades de redução de custos para as fases de produção.

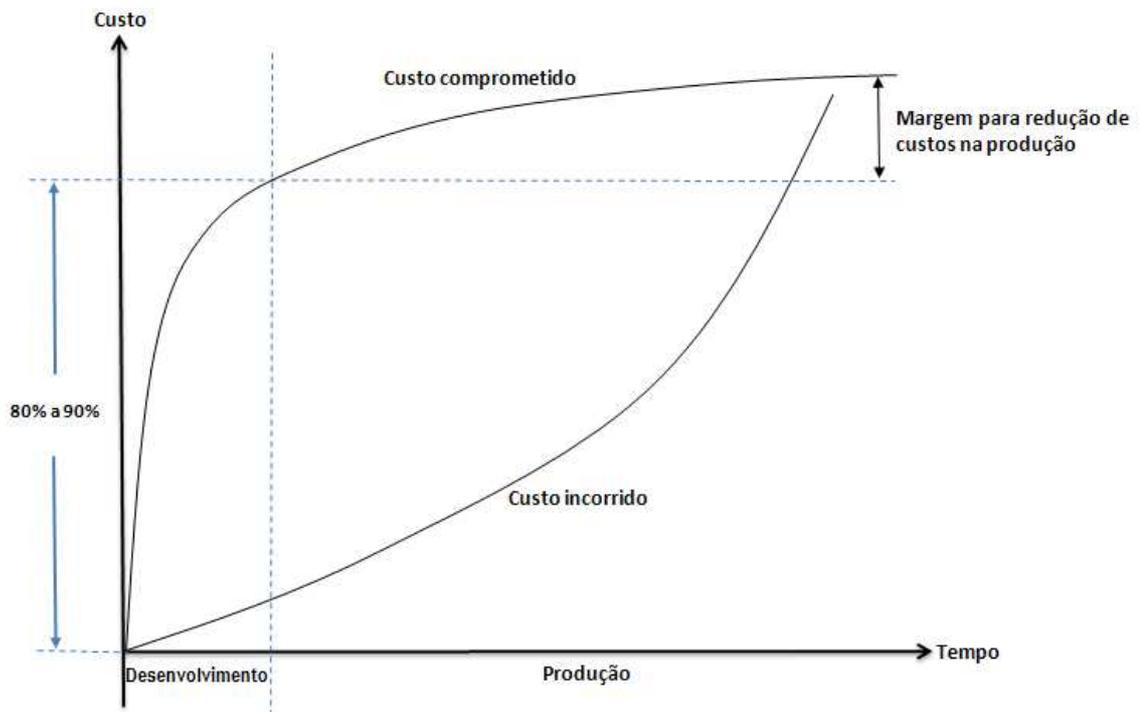


Figura 5: A curva de comprometimento de custo do produto.

Fonte: Rozenfeld *et al.* (2006, p.7).

3.1.1 Os Elementos do Projeto de Produto Segundo o Modelo de Rozenfeld *et al.* (2006)

Rozenfeld *et al.* (2006) discutem a organização de técnicas, operações e processos para a gestão do projeto do produto, abordando desde os fatores estratégicos e suas conduções até as atividades de pós-venda e manufatura. Este modelo engloba de forma estrutural e sistemática os elementos macroscópicos e as ações diretas na condução de um projeto de engenharia do produto. Como proposta de modelo unificado, este referencial foi selecionado para a discussão apresentada neste trabalho.

O modelo unificado de gestão de desenvolvimento do produto proposto por Rozenfeld *et al.* (2006) é composto de três macro fases distintas e subdivididas em nove fases componentes. As três macro fases são:

- 1) Pré-desenvolvimento;
- 2) Desenvolvimento;

3) Pós-desenvolvimento

Uma ilustração dessa subdivisão é apresentada na Figura 6:

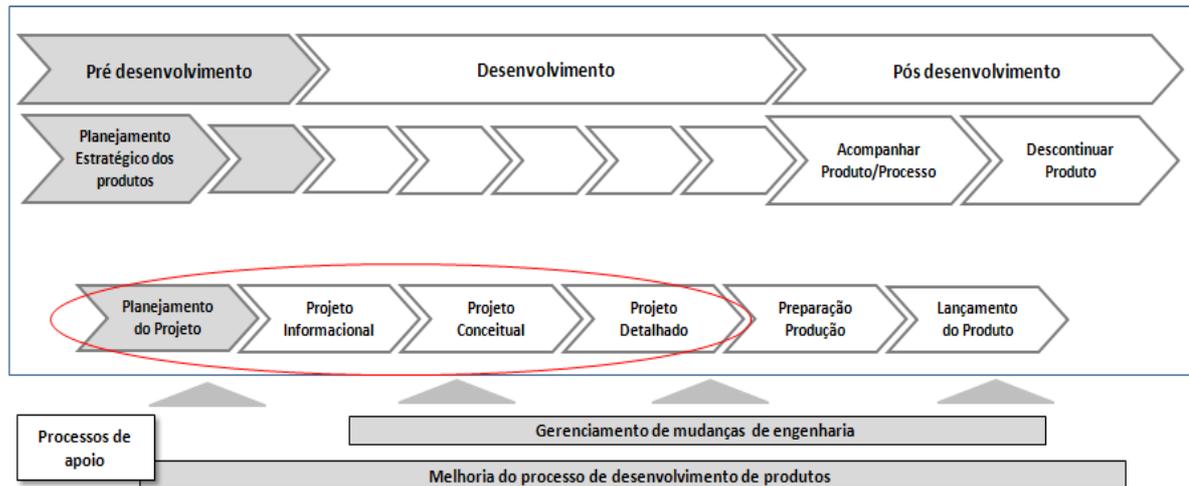


Figura 6: O Modelo unificado de Rozenfeld et al.

Fonte: Rozenfeld et al. (2006, p.44).

Conforme assinalado pela elipse na Figura 6, quatro fases foram elencadas para o estudo das perdas proposto neste trabalho, sendo uma pertencente ao pré-desenvolvimento e três oriundas do desenvolvimento. As fases selecionadas foram: **planejamento do projeto, projeto informacional, projeto conceitual e projeto detalhado**. Relativo ao planejamento do projeto, esta fase pertence à macro fase de pré-desenvolvimento, ou seja, tecnicamente, está em um ambiente de controle multidisciplinar amplo e é vista pelo prisma da estratégia do produto. Mesmo assim é de suma importância para os esforços de engenharia posteriores, uma vez que detém as informações na sua configuração primária, necessidades de mercado, percepções de clientes, oportunidades estratégicas, tendências de consumo, dentre outros pontos. Toda a criação produzida no projeto do produto é função desta fase. Portanto é tanto importante quanto a produção de desenhos e deve ser considerada na análise de perdas de projeto. As demais fases e seus componentes, subfases, já se encontram dentro do plano de desenvolvimento do produto e são ordenadas em uma lógica descendente de refino das informações até a produção técnica propriamente dita. A seguir apresentam-se detalhes sobre essas fases:

1) Planejamento do Projeto: compreende:

- a. **Definição do escopo do produto:** detalhamento e estudo das funções básicas do produto em um único documento, chamado de escopo do produto, o qual é composto por uma lista de características e funções que o produto deverá apresentar e que o respectivo projeto deverá criar;
- b. **Definição do escopo do projeto:** uma vez entendido qual é o produto, ou produtos, de foco do projeto, será preciso definir as características que delimitam o conteúdo do trabalho. São as características que descrevem como o produto será obtido, premissas assumidas, pessoas envolvidas, dentre outros pontos;

2) Projeto Informacional: compreende:

- a. **Identificar os requisitos dos clientes do produto:** nesta atividade, inicialmente, busca-se levantar as necessidades dos clientes de cada fase do ciclo de vida do produto, desde requisitos ligados ao desempenho funcional até fatores humanos, propriedades físicas, químicas mecânicas, confiabilidade, segurança, dentre outros;
- b. **Definir especificações meta do produto:** as especificações meta do produto são parâmetros quantitativos e mensuráveis que o produto projetado deverá ter. Assim, além de unidades, as especificações-meta deverão ter valores-meta, que são números que estabelecem o desempenho requerido. Nada mais são do que os requisitos do produto associados com valores-meta, os quais podem ser específicos (15 kg), uma faixa de valores (de 10 mm a 15 mm) ou valores com tolerâncias (15 ± 2 mm);

3) Projeto Conceitual: compreende:

- a. **Definir arquitetura:** nesta atividade, o produto deverá ser visto como sendo composto de diferentes partes (sistemas), as quais estão relacionadas com os princípios de solução adotados. A arquitetura do produto é o esquema pelo qual os elementos funcionais do produto são arranjados em partes físicas e como estas partes interagem por meio das

interfaces. Decisões sobre a arquitetura influenciarão no gerenciamento e organização do esforço de desenvolvimento, pois possibilitarão que sejam designadas atividades de projeto e testes dessas partes para equipes, indivíduos e/ou fornecedores, de modo que o desenvolvimento de diferentes porções do produto possa ocorrer simultaneamente;

- b. **Definir ergonomia e estética do produto:** a maioria dos produtos funciona em coordenação com as pessoas. A ergonomia está relacionada com as características, habilidades, necessidades das pessoas e, em especial, com as interfaces entre as pessoas e os produtos. As quatro formas básicas de interações das pessoas com os produtos são: pelo espaço de trabalho ocupado em torno do produto; como fonte de potência para o produto; atuando como um sensor, e atuando como um controlador. Estas quatro formas de interação formam a base de estudos dos chamados fatores humanos, e desempenham um importante papel na atividade de projeto do produto. Além disso, os fatores humanos estão fortemente relacionados com a qualidade e a segurança do produto;

4) **Projeto Detalhado:** compreende:

- a. **Criar, reutilizar, procurar e codificar SSC's:** SSC pela definição de Rozenfeld *et al.* (2006) é a abreviatura de Sistemas, Subistemas e Componentes. Ou seja, a estrutura do produto em seus diversos níveis. A criação, reutilização, procura e codificação dos SSC's é a base de engenharia do produto e projeto;
- b. **Calcular, desenhar, especificar tolerâncias e integrar os SSC's:** seqüencialmente ao item anterior, dá-se andamento ao processo de engenharia para os SSC's. Os itens de maior responsabilidade, provavelmente, serão refinados por cálculos de engenharia, bem como pela definição de tolerâncias geométricas e dimensionais, além de haver um grande trabalho e preocupação com a questão da interface entre os sistemas;

- c. **Finalizar desenhos e documentos:** envolve a documentação adicional de todas as decisões de projeto verificando sua integridade e liberando para a homologação do produto;
- d. **Construção de protótipos:** As atividades de construção dos protótipos começam primeiramente na fase de projeto virtual, ou seja, por meio de modelos 3D. Após a avaliação de SSC's virtualmente, conduzem-se esforços para a fabricação destes SSC's e posterior montagem de protótipo. A montagem de protótipos vem a suprir uma considerável parte das ações de teste e homologação do produto e pode fazer parte de um ciclo de otimização, caso este seja necessário, da cadeia dimensional do projeto onde se pode tomar decisões de verificar se as tolerâncias dos subsistemas são necessárias, eliminar componentes, diminuir tolerâncias dos sistemas, adotar outros métodos de montagem para o mesmo projeto ou mesmo modificar a disposição entre os componentes e o processo de montagem correspondente;
- e. **Testar e homologar produtos:** esta atividade está relacionada à garantia da qualidade do produto, antes de sua produção. A atividade de teste fornece um aspecto formal ao processo, tornando-se ponto de convergência e integração de todas as atividades relacionadas com averiguações do produto. O teste e homologação atendem parcialmente aos requisitos de verificação e validação do projeto.

Como mencionado anteriormente, os elementos apresentados são os objetos de estudo selecionados para a análise de perdas proposta neste trabalho. Reitera-se a opção pelo corte, haja vista ser impraticável e pouco produtivo analisar simultaneamente os elementos de perdas para todo o modelo unificado de Rozenfeld *et al.* (2006).

O próximo subcapítulo trata da natureza das perdas, desde seu ambiente original de pesquisas, o chão de fábrica, até o ambiente de projeto do produto.

3.2 As Perdas nos Processos Produtivos: do Chão de fábrica ao Projeto do Produto

A noção de perdas e desperdícios não é um tema recente no pensamento sobre os processos produtivos. Nos primeiros momentos das chamadas grandes manufaturas, este conceito estava fortemente focado nos processos fabris. Henry Ford, em sua obra “Hoje e Amanhã” (1927), tece observações sobre os desperdícios, colocando o aspecto material como um dos primeiros prismas das perdas, devido a sua facilidade de percepção, e afirmando que o ideal seria de não haver desperdícios a serem recuperados. Na consideração do valor do tempo, para Ford (1927) a criação para um homem de uma tarefa desnecessária equivaleria a pedir-lhe que contribua para rebaixar os salários e elevar os preços.

O movimento atual em busca da eliminação dos desperdícios percorre diversos caminhos e já não se estudam apenas as perdas exclusivas da manufatura. Busca-se também o entendimento destes fenômenos em serviços, projetos e em todo e qualquer tipo de processo que possa ser analisado. Sarkis e Rasheed (1995), por exemplo, analisam as perdas resultantes do impacto ambiental que têm origem na manufatura, classificando-as e relacionando-as com o contexto atual, de escassez dos recursos naturais. Esta pode ser considerada uma ampliação no leque de estudos sobre as possibilidades de perdas.

Ainda segundo a obra “Perdas nos Sistemas Produtivos”, da Empresa de Correios e Telégrafos do Brasil (ECT, 2008), a chave para uma reestruturação da produção de bens e de serviços encontra-se numa análise detalhada do Mecanismo da Função Produção.

3.2.1 O Mecanismo da Função Produção

O Mecanismo da Função Produção (MFP) é o ponto de partida para a análise do que pode ser considerado um dos mais robustos modelos produtivos enxutos, o Sistema Toyota de Produção (STP). Para entender este sistema deve-se primeiramente compreender os seus fundamentos.

Segundo Shingo (1996), produção é uma rede de processos e operações. Processo, pelo MFP, é visualizado como o fluxo de materiais no tempo e no espaço. É a transformação

da matéria-prima em componente semi-acabado e por fim em produto acabado. Por seu turno, operações podem ser visualizadas como o trabalho realizado para efetivar estas transformações no tempo e no espaço. Toda produção executada tanto em plantas industriais como em atividades de gestão deve ser entendida como uma rede funcional de processos e operações. Processos transformam matérias-primas em produtos. Operações são as ações que executam essas transformações. A análise do processo examina o fluxo de material ou produto; a análise das operações examina o trabalho realizado sobre os produtos pelo trabalhador e pela máquina.

Ghinato (1996) define o MFP pela característica da observação da produção do ponto de vista do objeto de trabalho. Sendo assim a operação pode ser determinada como o estágio no qual o trabalhador, a máquina ou equipamento estão sendo aplicados ao produto.

Para a realização de melhorias significativas no processo de produção, deve-se distinguir o fluxo de produto (processo) do fluxo de trabalho (operação) e analisá-los de forma interconectada, porém distinta. Embora o processo seja realizado por meio de uma série de operações, deve-se tomar cuidado para não colocar ambos em um mesmo eixo de análise, pois isto reforça a hipótese errada de que melhorias em operações individuais aumentem a eficiência global. A Figura 7 ilustra a estrutura de produção proposta pelo conceito de MFP.

Segundo Shingo (1996), são os seguintes os elementos de um processo produtivo:

- **Processamento:** mudança física no material ou em sua qualidade (montagem ou desmontagem);
- **Inspeção:** comparação a um padrão estabelecido;
- **Transporte:** movimento de materiais ou produtos, mudanças nas suas posições;

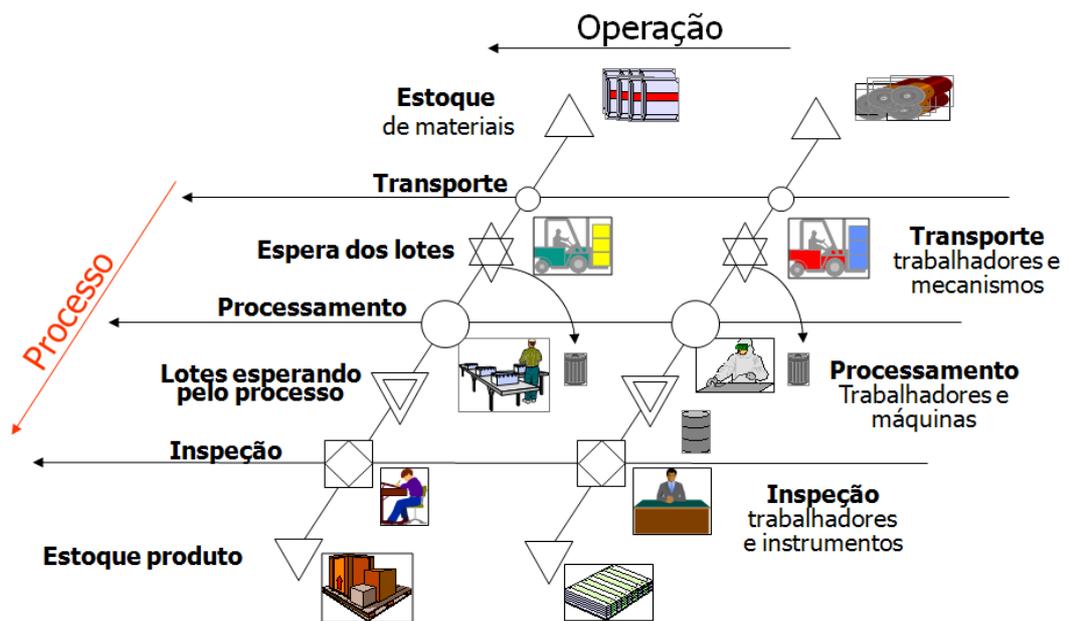


Figura 7: A estrutura da Produção.

Fonte: Shingo (1996, p.38).

- **Esperas:** período durante o qual não ocorre processamento, inspeção ou transporte.

Há dois tipos de espera:

- **Espera de processo:** um lote inteiro permanece esperando enquanto um lote precedente é processado, inspecionado ou transportado;
- **Espera de lote:** durante as operações de um lote, enquanto uma peça é processada, outras se encontram esperando. As peças esperam para serem processadas ou pelo restante do lote ser fabricado. Este fenômeno também ocorre na inspeção e no transporte.

3.2.2 O Estudo das Perdas Segundo Hirano

Hirano, em sua obra *“Wastology”* (1989), desenvolve um tratado dedicado à eliminação das perdas. Porém sua compreensão da natureza das perdas em um dado sistema é, muitas vezes, complexa. Segundo o autor o significado da palavra “útil” está em sua capacidade de agregar valor ao produto ou serviço. Ou seja, nem sempre operações ou

processos complexos são os grandes geradores das perdas: tudo depende do valor que este processo ou operação esteja entregando ao cliente.

A possibilidade de mudança de modelo mental se dá pela percepção de “perda” em tudo que não adiciona valor ao produto ou não é visto como valor pelo cliente. A partir deste ponto um universo de perdas pode tornar-se visível ao investigador. A simples tarefa de aparafusar rapidamente duas peças torna-se passível de ser investigada quanto às possíveis perdas, pois a velocidade empregada não necessariamente está tornando o processo mais enxuto ou ágil, bem como pode haver outro processo mais simples e barato que realize as mesmas operações, tal como o uso de um adesivo especial para a conexão.

Hirano (1989) explicita de forma contundente os modelos mentais que permitem ou não o enraizamento das perdas em um sistema, organização ou sociedade, conforme mostra a Figura 8.

3.2.2.1 As Perdas e Suas Fontes Segundo a Estrutura 5MQS

A estrutura 5MQS, de Hirano (1989), identifica sete tipos de fontes de perdas. Cinco começam com a letra “M” no idioma inglês e significam: Homem (*Man*), Material (*Material*), Máquina (*Machine*), Método (*Method*) e Gerenciamento (*Management*). O “Q”, por seu turno, refere-se à Qualidade (*Quality*). Por fim, o “S” refere-se à Segurança (*Safety*). Com base nestas sete fontes, Hirano (1989) orienta o foco de busca pelas perdas, gerando uma série de proposições para cada uma das “letras” da estrutura.

A configuração da estrutura 5QMS denota os elementos centrais e periféricos, e observa-se que a categoria “Gerenciamento” é a fonte central que conecta todas as demais perdas. A Figura 9 exemplifica o esquema estrutural idealizado por Hirano (1989) de como se comportam as fontes de perdas em uma estrutura produtiva.

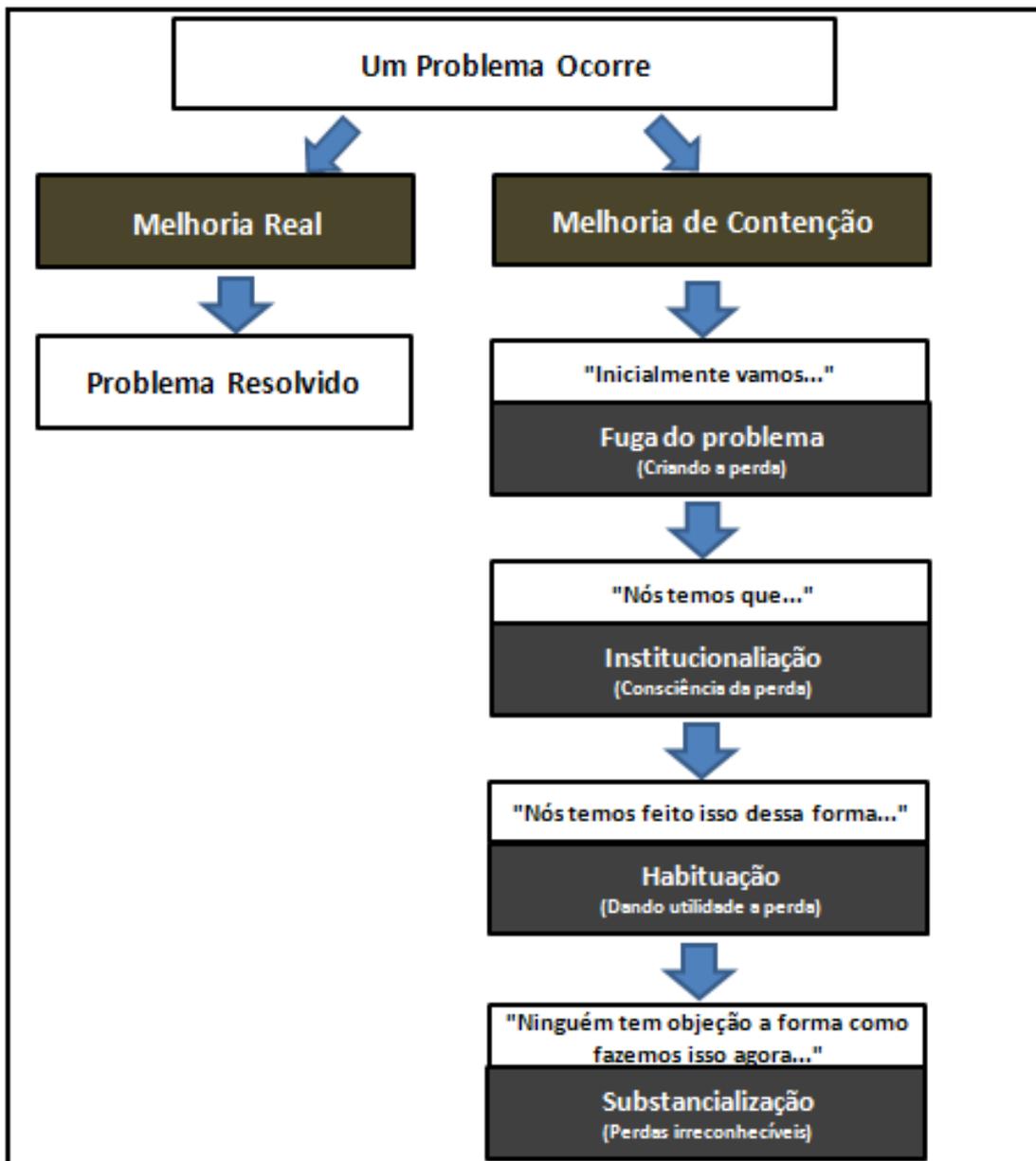


Figura 8: Como as perdas criam raízes.
 Fonte: Hirano (1989, p.179).

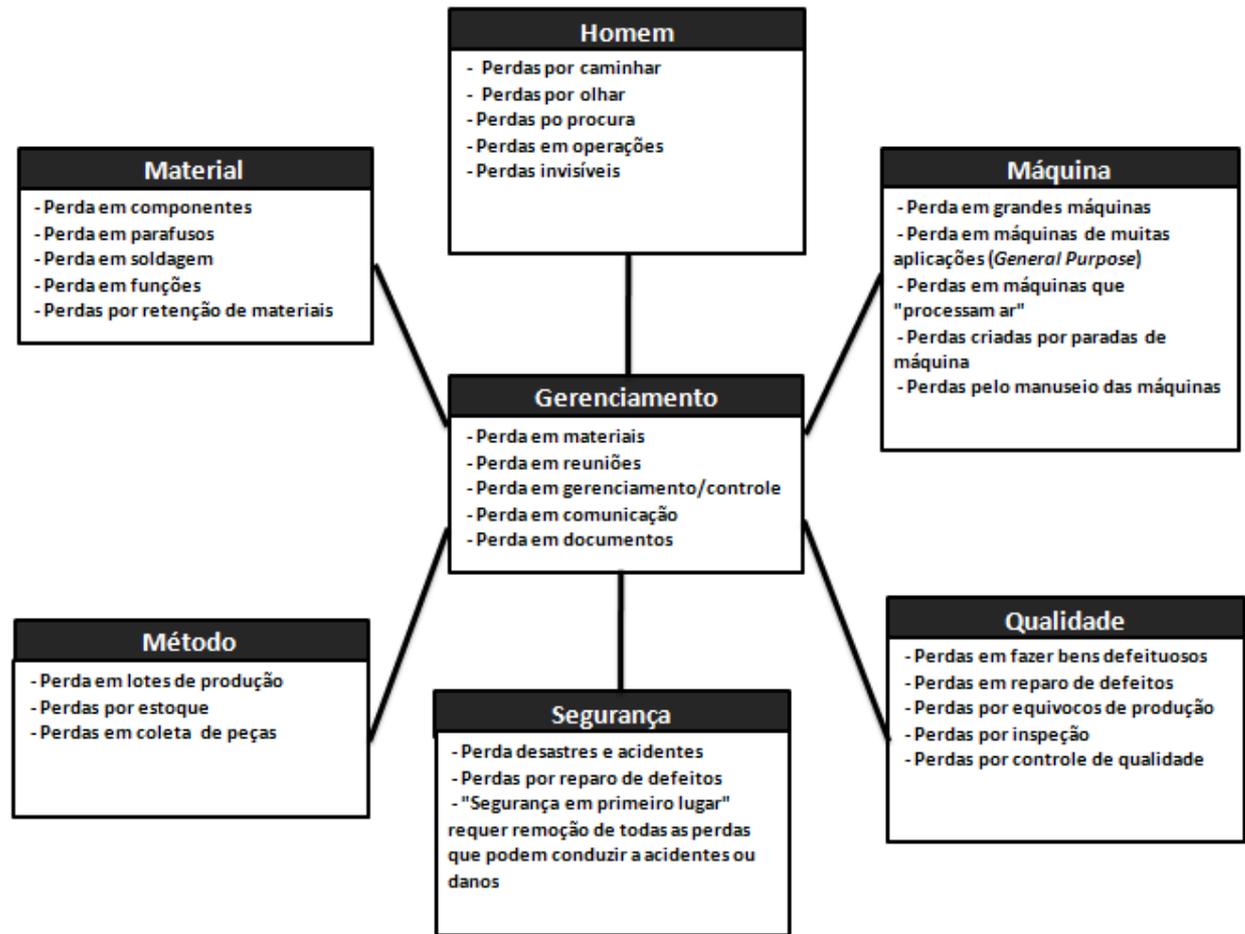


Figura 9: A classificação 5MQS das perdas.
Fonte: Hirano (1989, p.183).

A seguir serão listados e analisados brevemente alguns dos componentes de cada fonte:

1) Homem

- **Perdas por caminhar:** por que o trabalhador tem que dar "x" passos nesta operação?
- **Perdas por olhar:** comum em operações CNC, em que o operador fica observando máquina trabalhar;
- **Perdas por procura:** em procedimentos de troca de ferramenta ou substituição de matrizes, gabaritos, dentre outros, é comum que uma parte do tempo seja tomada pela procura de ferramentas e dispositivos;

2) Máquina

- **Perdas em grandes máquinas:** grandes máquinas que processam grandes lotes, inerentemente a sua natureza, detêm diversos tipos de perdas;
- **Perdas em máquinas que “processam ar”:** quando acionado o botão de início da operação em uma determinada máquina, haverá alguns segundos em que a ferramenta irá deslocar-se até a peça para iniciar a operação de corte, por exemplo. Este tempo, que é um tipo de perda, pode ser maior ou menor de acordo com o ajuste de parâmetros;

3) Material

- **Perdas em componentes:** refere-se à natureza do projeto do componente, se este foi concebido de forma simples, com os processos e materiais mais simples, obviamente sempre atendendo os requisitos de projeto;

4) Gerenciamento

- **Perdas em materiais:** estas são perdas relacionadas à geração de uma maior necessidade de matérias do que realmente se necessita para as operações de manufatura em um dado período de tempo;
- **Perdas em reuniões:** reuniões que não discutem temas objetivos ou não resultam em tomadas de decisão, geralmente produzem apenas perdas;

5) Método

- **Perdas em coleta de peças:** perda comum em fábricas não organizadas em sistemas de produção, onde as peças são coletadas ou contadas em cada linha de produção;

6) Qualidade

- **Perdas por fazer bens defeituosos:** estas perdas são consideradas as mais visíveis nos processos de fabricação e denotam a necessidade de controle do

tipo *poka-yoke*, autonomia e estruturalmente a própria revisão dos conceitos de qualidade e produção em voga na empresa;

7) Segurança

- **Perdas em desastres e acidentes:** “perdas sociais”, as quais denotam claramente que se deve nomear a segurança no trabalho como o elemento número um a se alcançar, antes de todos os outros fatores de melhoria produtiva.

As perdas anteriormente relacionadas têm a sua base de estudo nos ambientes de manufatura. Assim como Shingo (1996) e Ohno (1988), Hirano (1989) descreve em seu manual *Just in Time* (JIT) os passos operacionais para o alcance de processos e operações mais enxutos. A simples aplicação dos conceitos JIT não soluciona os problemas fundamentais de uma organização não enxuta. Deve-se partir para as questões de profundidade as quais naturalmente passam por mudanças nos modelos mentais.

Relativo aos esforços para a mudança de modelos mentais na busca pelas perdas, Hirano (1989) propõe focalizar o pensamento no que são perdas, sendo assim sua obra descreve a dificuldade que as pessoas têm em perceber estes fenômenos, muitas vezes simples de mapear. Para tanto é proposta pelo autor a definição de “porta dos fundos” para a procura das perdas. Ao invés de se procurar o que não está agregando valor ao produto, sugere-se a idéia de entender o que é o valor no sistema, que valor deve ser entregue ao cliente e como produzir este valor. Tudo o mais que não produzir, ou auxiliar a produzir, este valor, são perdas.

3.2.3 Função Processo, Função Operação, suas Perdas e Melhorias Fundamentais

Shingo (1996) define a identificação da função processo e da função operação como objetivos intermediários para a realização da meta final, que é a eliminação de perdas. Somente quando entendidas a função processo e a função operação, pode-se entender o MFP.

Ohno (1997) define como objetivo principal do STP a eliminação dos desperdícios ou perdas para que haja redução dos custos, ou seja, um processo enxuto. São estes desperdícios conhecidos como as sete perdas do STP estão listados abaixo:

1. **Superprodução:** perdas por se produzir mais ou antes do que o mercado demanda. Por exemplo: geração de estoques por razão de desconhecimento do comportamento do mercado ou por desbalanceamento das linhas de produção, dentre outros motivos;
2. **Tempo disponível (espera):** esperas no processo produtivo. Por exemplo: tempo pelo qual se está aguardando a execução de uma operação precedente sem atividade alguma que gere valor ao produto, podendo ser uma máquina parada ou mesmo um caminhão aguardando um fechamento de um lote de produção;
3. **Transporte:** deslocamento de materiais e equipamentos na fábrica. Por exemplo, o excessivo trânsito de empilhadeiras e transportadoras de *pallets* em função da falta de uma roteirização planejada ou por *layout* mal concebido;
4. **Processamento em si:** operações com perdas inerentes ao processamento do produto. Por exemplo, o excesso de operações de corte em um processo de usinagem de uma peça devido à falta de um plano de usinagem estabelecendo a quantidade de inserções das ferramentas aliadas aos parâmetros de corte, considerados pela geometria inicial, geometria final, tipo do material a ser cortado, possibilidades de ferramentas e tempos de operação;
5. **Estoque:** qualquer estoque de matéria-prima, em processo ou de produto final. Por exemplo, o excesso ou a falta de estoques de matéria-prima por carência de operações logísticas adequadas e planejadas; e o excesso de estoque em processo por carência de análises apuradas dos processos produtivos, capacidade das máquinas, estratégias de manutenção, *layout* e outros fatores; o excesso de estoques de produto acabado por carência de uma análise de mercado e estimativas de comportamento, ambiente econômico e outros;
6. **Movimento:** deslocamentos desnecessários dos trabalhadores durante nas operações. Por exemplo, movimentações não mapeadas de um trabalhador

operando três máquinas CNC em disposição linear, podendo ser estas máquinas reorganizadas em *layout* celular, reduzindo desta forma os deslocamentos;

7. **Produtos defeituosos:** produção de peças ou equipamentos não conformes, podendo estes produtos ser identificados durante o processo ou pelo cliente já no uso. Por exemplo, peças defeituosas gerando no processo produtivo um retrabalho e roteiros alternativos dedicados a este retrabalho, com recursos de máquina e trabalhadores dedicados. De outra forma produtos defeituosos sendo detectados no uso gerando desgaste de marca, garantias de produto ou mesmo ações legais.

3.2.3.1 A Oitava Perda do Pensamento Enxuto

As sete perdas clássicas do STP fazem alusão forte, porém indireta, das ações e responsabilidades humanas nos processos e operações. Por outro lado a chamada oitava perda: desperdício da criatividade dos funcionários, proposta por Liker (2005) explicita de forma direta a relação do homem com as perdas. No contexto da oitava perda, o desperdício da criatividade remete ao desperdício de idéias, habilidades, melhorias e oportunidades de aprendizagem, por não haver o envolvimento ou não se ouvir os funcionários.

O STP enfatiza em seu conjunto de conhecimentos a integração dos seus colaboradores com a filosofia da empresa. Técnicas de melhoria contínua (*Kainzen*) ou de ações imediatas de correção (*Andon*) têm em sua base o envolvimento das pessoas na dinâmica produtiva

A oitava perda refere-se, então, à capacidade da organização de permitir que as idéias dos funcionários sejam consideradas nos processos de melhoria, pelo estabelecimento de canais de comunicação entre os profissionais que desempenham as funções efetivamente e as chefias responsáveis por alavancar o processo de melhorias em um sistema. Outro ponto de destaque da oitava perda refere-se sobre à capacidade de retenção de inteligência pela organização, a saída de um colaborador que leva consigo importantes habilidades e inteligência técnica, as quais não estão inseridas em nenhum processo da organização, pode ser considerada uma perda.

3.2.3.2 Eliminação das Perdas por Meio de Melhorias na Função Processo

Conforme elementos apresentados por Shingo (1996), na função processo, apenas o processamento agrega valor. Todos os outros componentes podem ser considerados perdas. As melhorias fundamentais devem ser efetivadas com a intenção de eliminar a perda, e não de minimizar a perda. Alguns elementos a considerar neste sentido são:

- **Melhoria da inspeção:** não havendo inspeção, os defeitos causarão problemas. Sendo assim, a aplicação de inspeções por amostragem é um caminho de minimização das perdas. Porém uma melhoria fundamental seria a inspeção preventiva no processo com o uso de *poka-yoke* ou outras abordagens que eliminem a inspeção;
- **Melhoria do transporte:** mudanças de arranjo físico. Por exemplo, serviços de empilhadeiras e pequenos transportes automatizados são de grande utilidade. Porém eliminar fundamentalmente as perdas pode requerer mudanças de *layout*;
- **Melhoria das esperas:** o uso de *buffers* para manter o funcionamento regular das operações é muito utilizado. Porém a eliminação de perdas de espera é mais objetiva e consistente quando se avalia a sincronização dos processos, visando à transferência unitária dos lotes.

3.2.3.3 Eliminação das Perdas por Meio de Melhorias na Função Operação

Na análise da função operação tem-se vasto campo de estudo para a identificação das perdas. Shingo (1996) enfatiza em toda busca pelas perdas que a busca mais importante é a da perda que não é vista e é aceita como integrante do processo produtivo. Ainda diz:

é através das funções processo que os objetivos da produção são alcançados, enquanto as operações desempenham um papel suplementar (SHINGO, 1996, p. 38).

Ou seja, todo o estudo das perdas deve se concentrar primeiramente no entendimento e aprofundamento dos processos e secundariamente na análise das operações. Este pensamento embasa a discussão de Elyahu Goldrath (1997) sobre os ótimos globais prevalecerem ante os ótimos locais, princípio fundamental da Teoria das Restrições.

3.2.4 A Visão Enxuta no Projeto e Desenvolvimento do Produto

Os conceitos desenvolvidos por Shingo (1996) e Ohno (1997) para sistemas produtivos, tiveram seu campo de aplicação na manufatura. Da manufatura, como fonte geradora de riqueza e desenvolvimento das operações e processos, estenderam-se para outras áreas adjacentes ao ambiente fabril. Dessa mesma forma, Ghinatto (1996) carrega em seu estudo as idéias fundamentais do STP para os ambientes de chão de fábrica. Porém, o faz orientado a esclarecer a visão nacional sobre estes conceitos, suas peculiaridades inerentes a cultura oriental e seus reais elementos fundamentais.

Uma premissa básica da busca de causas raízes é, antes de tudo, saber a pergunta que se quer responder. Sekine e Arai (1994) questionam justamente o que é um projeto de engenharia. Segundo os autores o projeto de engenharia pode ser definido como a criação de desenhos e submissão de informações, por pessoas e máquinas, que contenham conhecimento técnico. Considera-se, dessa forma, que os produtos de um projeto são os desenhos por si mesmos, o que denota um enfoque natureza *Design* para a abordagem dos autores. Contudo, sendo os objetivos claros de um projeto de produto ou serviço o atendimento de três pontos básicos: qualidade, custo e prazo. Sekine e Arai (1994) definem sete perdas em um projeto de engenharia, remontando assim a natureza *Project* do projeto do produto, derivadas das sete perdas básicas do STP:

1. **Questionamento sobre requisitos e especificações não claras:** por diversas vezes as especificações do produto ou dados de entrada de projeto não estão claramente determinadas, gerando retrabalho na condução de um processo de busca por estas informações;
2. **Procura e levantamento de desenhos e materiais:** excessivo tempo de procura e análise de material técnico disponível para condução do projeto;
3. **Permissão para que os projetistas e engenheiros definam seus próprios tempos:** cada recurso humano estabelecendo seus próprios prazos de entrega de projeto não concorre para o sucesso global do projeto, pois haverá alocação de prioridades individuais sobre as globais do projeto;

4. **Preparação de novos desenhos:** sendo o desenho, o registro técnico de um produto de engenharia, a preparação do mesmo é requisito para a finalização de uma proposta técnica, porém a preparação de desenhos pode incorrer em retrabalhos de desenhos já preparados ou excesso de produção de desenhos;
5. **Mudanças de projeto para correções:** reajustes de projeto, novas entradas de dados, correções e melhorias no projeto em andamento;
6. **Projeto de desenhos de referência:** desenhos de referência ou desenhos de instalações não necessários ou com informações redundantes;
7. **Reuniões e conferências:** reuniões de grupos técnicos ou qualquer outro compromisso técnico relativo ao projeto que excedam o necessário ao andamento das atividades.

Dentre os diversos recursos disponíveis para “processar” um projeto, o mais relevante ainda é a mente humana. Ou seja, volta-se à questão do que é definitivamente processado em um projeto: informação. Baseados nesta premissa os autores definem dez regras para a melhoria de um processo de desenvolvimento do produto:

1. Preparar em avançado tudo o que possa ser preparado em avançado;
2. Restringir as opções de especificações pela compilação das informações em um “livro de decisão”;
3. Começar a trabalhar nos projetos somente depois de classificar seus conteúdos em alterações completas ou alterações correntes;
4. A chave para cortar os tempos de projeto pela metade é o foco, por meio de uma análise de Pareto, nos prazos associados às maiores causas de atraso;
5. Criar “linhas de produção” de projeto e métodos que permitam que a informação flua até a criação dos desenhos;
6. Fazer novos projetos, mas não preparar novos desenhos;

7. Trabalhar primeiramente nos desenhos que demandam o maior tempo e nos componentes ou subsistemas que têm o maior tempo de desenvolvimento ou fabricação;
8. Para aqueles projetos que necessitem ser reduzidos seus prazos imediatamente, implementar sistemas paralelos de projeto;
9. Incorporar a inspeção de desenhos na “linha de produção” de projeto;
10. Antes de começar a padronizar desenhos, fazer a padronização de componentes.

Sekine e Arai (1994) aplicam no projeto do produto uma das premissas mais importantes do conceito de sistemas de produção: o princípio do fluxo. Trabalhar os recursos que transformarão a informação oriunda da necessidade do cliente em desenhos de engenharia por meio de um roteiro lógico e claro de processos e operações, tal qual uma unidade de manufatura.

Hirano (1989) traz a discussão sobre perdas, os mecanismos necessários para alinhar modelos mentais com a filosofia de eliminação das mesmas, considerando desde aspectos organizacionais até características comportamentais sobre elas. Com esta abordagem, Hirano transcende o ambiente de fábrica colocando a consciência sobre as perdas em um amplo e irrestrito horizonte de aplicação, o que, em linhas gerais, contribui e se alinha estreitamente com o desenvolvimento deste trabalho.

Objetivando a análise direta sobre as perdas, Sekine e Arai (1990) orientam seu estudo para a catalogação do que viriam a ser os elementos que não agregam valor em um ambiente de engenharia. O objeto de estudo para estes autores foram os ambientes de engenharia do final da década de 1980 e início da década de 1990, no Japão. Alguns dos aspectos levantados em sua obra já não se encontram com facilidade nos ambientes de engenharia atuais, uma vez que o desenvolvimento tecnológico e de processos está constantemente mudando estes cenários. Todavia as perdas levantadas e descritas, as quais são chamadas de “sete perdas em projeto de engenharia” conservam a essência das perdas que os profissionais de engenharia, do mundo atual, ainda se deparam e por diversas vezes, não percebem.

O foco competitivo atual está na concepção e projeto do produto, seu planejamento, conceito e detalhamento, uma vez que a gênese de tudo o que é montado, instalado ou fabricado está justamente em um conjunto de requisitos técnicos devidamente desenhados, testados e homologados. Observar a operações e processos que não agregam valor ao produto deve necessariamente passar pelo seu ambiente de criação.

Haque e James-Moore (2004) contribuem para a orientação às perdas em seu estudo sobre a aplicação do pensamento enxuto na introdução de produtos novos. Os autores propõem analisar o projeto de produto com base nos cinco princípios do pensamento enxuto: (i) especificar valor; (ii) identificar a corrente de valor e eliminar as perdas; (iii) mapear o fluxo de valor; (iv) deixar que o cliente puxe o processo e; (v) buscar a perfeição. Para o desenvolvimento do trabalho, os autores assumem a definição de Ulrich e Eppinger (1995) para desenvolvimento ou introdução de um novo produto, que é “a seqüência de passos ou atividades que uma organização emprega para conceber, projetar e comercializar um produto”. Dentre as considerações dos autores sobre a visão de projeto proposta pelas empresas de engenharia orientais que seguem a filosofia do STP, está o uso da engenharia simultânea para redução do tempo de desenvolvimento, bem como o uso de relatórios de engenharia padrão em formatos A3, evitando assim trabalhos extensos e prolixos.

Sobek *et al.* (*apud* Haque e James-Moore, 2004) descrevem as práticas gerenciais da Toyota como uma organização baseada na funcionalidade, porém com uma integração, e que podem ser divididas em seis mecanismos organizacionais.

Três processos sociais primários:

1. Adaptação mútua;
2. Supervisão próxima;
3. Liderança integradora.

E três formas de padronização:

1. Habilidades e competências padrão;
2. Processos de trabalho padrão;

3. Projetos padrão.

Segundo os autores outro aspecto chave do sucesso da Toyota é de considerar a gestão de desenvolvimento do produto como um sistema, sendo, nesse sistema, a figura do engenheiro-chefe (provendo a liderança) e a do engenheiro funcional (provendo a expertise) fundamentais.

Haque e James-Moore (2004) ainda descrevem as principais características do desenvolvimento de produto da Toyota:

- 1) Times de desenvolvimento não são ordenados fisicamente;
- 2) Pessoal técnico não é dedicado a um programa de desenvolvimento apenas, exceto o engenheiro-chefe e seu *staff*;
- 3) Práticas de *job rotation* não são comuns nos primeiros 10-20 anos de serviço;
- 4) QFD e método Taguchi são raramente utilizados;
- 5) A análise de valor e engenharia de valor (AV/EV) é tabulada, porém as matrizes de texto não são utilizadas;
- 6) Não há referências sobre o uso de sistemas CAD e CAE.

Em relação ao item 6, acima citado, os autores do estudo apontam a não referência ao uso de sistemas CAD/CAE, porém torna-se importante salientar que a não referência a estas técnicas de engenharia não define a não utilização das mesmas pela Toyota, em oposição a esta interpretação denota-se que estes sistemas são componentes fundamentais no projeto do produto da Toyota a ponto de comporem as rotinas como elementos de base para o desenvolvimento de produtos.

Referente ao item 4, a Toyota foi um dos primeiros utilizadores do QFD e do método Taguchi. Porém, com o tempo, os conceitos e a essência destas duas ferramentas foram introduzidos no desenvolvimento do produto de forma madura e natural, não necessitando de uma fase delineada e controlada para que estes eventos ocorram. A idéia de desdobramento das funções de um produto ou do desenvolvimento de características do

produto que têm relação e impacto sistêmico são inerentes aos processos de desenvolvimento da Toyota.

Haque e James-Moore (2004) abordam o universo das perdas por meio do mapeamento da cadeia de valor, um dos elementos chave do pensamento enxuto. As perdas mapeadas no STP foram avaliadas em ambientes de engenharia e chegou-se à importante conclusão de que essas perdas necessitaram de adaptações e expansões para que fosse possível cobrir todo o universo do projeto de produto. A hierarquia consistiu em três níveis distintos:

- 1) Perdas na “estratégia” de introdução de um novo produto;
- 2) Perdas em nível organizacional (arranjos organizacionais, infra-estrutura e processos);
- 3) Perdas em nível operacional.

O Quadro 2 descreve as perdas segundo o estudo e mapeamento dos autores, as quais foram, conforme citado anteriormente, adequadas à realidade de projeto segundo a percepção dos mesmos.

O estabelecimento de analogias teóricas baseadas em sistemas produtivos enxutos para a gestão de projeto do produto tem diversos prismas. Ford e Sobek (2005) observam as opções reais em um desenvolvimento de um produto novo pela modelagem sob o paradoxo estabelecido pelo STP. A premissa central das “opções reais” é de que as condições futuras, por definição, são incertas e desta forma mudar tardiamente a estratégia de um projeto pode vir a gerar custos substanciais para este intento. Sendo assim, investir em estratégias flexíveis pode gerar valor ao projeto como um todo.

Este conceito é fundamental à manutenção de um sistema enxuto, pois sua característica mais importante é a flexibilidade. A associação destes dois elementos nas operações e processos orientados pela filosofia do STP permite a rápida adaptação às mudanças, sejam elas internas ou externas. Para Ford e Sobek (2005), o valor está naturalmente “escondido” nas chamadas “fontes latentes de valor”, as quais são justamente operações ou processos pouco enxutos, e naturalmente pouco flexíveis. A proposta dos

autores é de que as estratégias “enxerguem” o que não estão visualizando. Ainda segundo os autores, observar essas fontes na gestão do projeto do produto não é algo simples por duas razões:

- 1) O comportamento das interações entre os processos e decisões em desenvolvimento do produto não é linear;
- 2) Os efeitos das fontes de incerteza não são tipicamente cumulativos, sendo assim, estratégias baseadas em uma ou duas condições nem sempre dão certo.

O conceito proposto pelos autores tem como objetivo chave responder à questão de como convergir, de um amplo conjunto de idéias conceituais, a uma única idéia que se tornará o projeto final. Esta abordagem vai ao encontro das decisões e ações tomadas na fase chamada, por Rozenfeld *et al.* (2006), de “Fase Conceitual” e que será abordada adiante, em seção dedicada ao modelo de referência.

Segundo o estudo, Ford e Sobek (2005) observaram que, contrastando com os modelos de gestão de desenvolvimento do produto em voga, a Toyota aplica uma estratégia de convergência lenta para o conceito final, avaliando um grupo de alternativas iniciais e observando suas características por diversas perspectivas. Por conseqüência as alternativas são eliminadas gradualmente segundo estas perspectivas, que podem ser de baixo desempenho, custo, capacidade de fabricação, confiabilidade ou mesmo integração entre sistemas.

Uma importante contribuição para os leitores e pesquisadores do tema é justamente a descrição por Ford e Sobek (2005) de como a Toyota conduz seu desenvolvimento de produtos novos, obtida por meio de entrevistas com engenheiros da Toyota no Japão e engenheiros ocidentais que trabalham nas unidades da Toyota fora do Japão. A metodologia aplicada, segundo as entrevistas, é dividida em três fases:

- 1) **Projeto Conceitual:** o programa de desenvolvimento de um novo produto começa com o desenvolvimento do produto conceito pelo engenheiro-chefe – um documento escrito descrevendo a sua visão do produto e suas especificações gerais. Os engenheiros especialistas (chassi, estrutura, etc.) desenvolvem seus documentos conceito em paralelo. Desenhistas de estilo simultaneamente

desenvolvem diversos conceitos artísticos em formato 2D. Neste momento ocorrem as primeiras discussões sobre conforto e desempenho;

Categoria da Perda	Descrição
Perdas Estratégicas	
Superprodução	Muitos produtos Muitos projetos
Processamento inapropriado	Projetos errados Falha na identificação e gerenciamento do risco Tecnologia adquirida e não utilizada
Informações defeituosas	Decisões precárias sobre Make or Buy resultando na incapacidade de entregar o produto Precário entendimento das necessidades do cliente Falta de foco
Perdas Organizacionais	
Estrutura organizacional equivocada	Precário visão e foco em processos Regras não claras Arranjo precário da equipe de projeto (incluindo posicionamento físico)
Indivíduos inapropriados	Precário treinamento e desenvolvimento de habilidades Comportamento inapropriado
Falta de recursos	Carência de número correto e apropriado de recursos humanos Tecnologia precária
Potencial humano bloqueado	Precária utilização das pessoas Baixa representação das diferentes funções nos times integrados de projeto
Processos da cadeia de fornecimento inapropriados	Precário gerenciamento da cadeia de fornecimento Falha da capacidade de conhecimento da cadeia
Perdas Operacionais	
Superprodução	Superespecificação; Falha na otimização do produto Muito e equivocado tempo para detalhamentos (2D)
Transportes (Imcompatibilidade)	Formatos - ausência de formatos padrão/comuns Sistemas de informação - perdas por transferência manual Falta de padronização dos processos Gerenciamento precário dos dados de projeto
Estoque (Excesso de documentação)	Detalhamentos desnecessários Muitos detalhamentos
Produto defeituosos (Informação ou atividades defeituosas)	Projeto precário na orientação X - manufatura, montagem, custo, confiabilidade a fornecimento Subespecificação; Outputs de processos precários e saídas geração de informações erradas Requisitos não claros Entrega tardia das informações Ferramentas de projeto inadequadas gerando projeto defeituoso Planejamento deficiente Precária definição de parceiros de projeto Falhas de entendimento dos requisitos de projeto Uso de tecnologias não amadurecidas
Esperas	Espera por informações
Processo inapropriado	Precário reuso - atividades de desenvolvimento desnecessárias Muita ou pouca interação Retrabalho em função da alteração de prioridades ou requisitos Excessivas ou inapropriadas tolerâncias Conversão de dados desnecessária Verificações excessivas Trabalho com informações incompletas ou erradas Informação gerada muito cedo/tarde Alterações desnecessárias (não orientadas ao cliente ou ao benefício do negócio)

**Quadro 2: As perdas em projeto à luz do Lean Thinking de Haque e James-Moore.
Fonte: Haque e James-Moore (2004)**

- 2) **Projeto de Sistemas:** após a aprovação do conceito os desenhistas de estilo continuam a explorar as idéias baseadas no conceito criado pelo engenheiro-chefe e, eventualmente, de seis a dez idéias são selecionadas para a construção de modelos físicos em escala 1:5. Os engenheiros especialistas continuam a trabalhar em desenhos e estudos das características do produto, tais como: perfil das secções transversais dos componentes estruturais, definição de elementos de conexão (soldagem, aparafusamento, adesivos, etc.), roteamento de cabos elétricos, ensaios destrutivos (*crash tests*), dentre outros. Em conformidade com engenharia, manufatura e estética, de duas a três idéias são selecionadas para o protótipo em escala 1:1. Um grande evento interno é realizado para definir o modelo final. Após, a geometria da superfície é convertida em CAD e enviada à engenharia do produto, que compila as informações de estilo com os desenhos e estudos dos grupos funcionais e cria um documento chamado de *Body Structures Design Plan* ou K4, ao qual é distribuído para aprovação;
- 3) **Projeto Detalhado:** a partir do K4, a engenharia de desenvolvimento começa o desenvolvimento detalhado de todos os sistemas e componentes estruturais. Tão logo sejam finalizados os desenhos, estes são enviados para a engenharia de modelagem sem as tolerâncias dimensionais e geométricas, até a montagem experimental. Os desenhistas tentam criar os componentes o mais próximo possível de suas dimensões nominais. As peças protótipo são montadas em construção lenta, no veículo. Ajustes de montagem são feitos nas peças modeladas e os veículos protótipo são finalizados para teste, nesta fase as ferramentas de construção dos componentes tais como matrizes e gabaritos são autorizadas à fabricação e uma nova montagem final é feita com os produtos destas ferramentas. Por fim o veículo entra em pré-produção e produção em larga escala.

Um ponto importante nesse desenvolvimento é a dimensão de projeto dedicada ao planejamento conceitual. A aplicação de tecnologias CAD/CAE e posteriormente CAM, somente são referenciadas no fim da segunda fase do desenvolvimento, quando todas as dúvidas fundamentais e de impacto relevante já foram dirimidas.

Retomando a discussão sobre o tema, Browning (2000) observa a necessidade de haver uma nova leitura da palavra “enxuto” para que haja sucesso em sua aplicação em um ambiente de desenvolvimento do produto. Segundo o autor, a palavra “enxuto” está relacionada à ação de remover perdas. Todavia este ponto de vista falha ao endereçar as ações aos reais pontos geradores de perdas em projeto do produto. Para o autor, a idéia “enxuto”, em projeto do produto, seria a de adicionar informações de valor e somente este tipo de informação ao desenvolvimento do produto. A problemática em questão estaria não em fazer atividades desnecessárias, ou procurar perdas nas atividades desnecessárias, mas sim em fazer atividades baseadas em informações equivocadas ou de fontes pouco confiáveis, pois o maior valor estaria na informação certa, no momento certo e no lugar certo. Uma analogia interessante proposta pelo autor está justamente no preparo de um corredor: eliminar o peso exclusivamente não garante a vitória em uma competição, requer-se, associado a isso, o desenvolvimento de outras habilidades técnicas. Browning (2000) sugere o que seria um modelo simples de medição de valor, conforme a equação (1):

$$\Delta V = \frac{\Delta P}{\Delta C \cdot \Delta S} \quad (1)$$

onde: V = Valor; P = Desempenho; C = Custo; S = Prazo.

A equação de valor proposta pelo autor trata da transferência dos esforços do denominador para o numerador, ou seja, ter foco na maximização do valor pela aplicação e utilização de informações corretas durante o projeto do produto. Entregando desta forma o que o cliente está desejando, ao invés de concentrar todas as ações de melhoria e recursos na redução dos custos e dos prazos de projeto. Novamente tem-se a preocupação com a forma e os procedimentos estabelecidos na fase de projeto conceitual, conforme já discutido.

3.2.5 A Toyota *Motor Company* e o Projeto do Produto

Morgan e Liker (2008) também apontam a base do sistema enxuto de desenvolvimento do produto da Toyota como sendo explicada pela teoria dos sistemas

sócio-técnicos (SST). Esses foram populares nas décadas de 1970 e 1980 e têm por premissa a conjugação ideal entre o sistema social e técnico que se adapte ao objetivo organizacional e ao ambiente externo. Ainda é afirmado pelos autores que o desenvolvimento de produtos da Toyota tem evoluído como um sistema vivo a fim de adequar-se ao seu entorno diferenciado.

Para descrever o sistema Toyota de desenvolvimento do produto, o modelo de sistemas sócio-técnicos pode ser dividido em três subsistemas principais: **Processos, Pessoas e Ferramentas e tecnologia**. Com base nos três subsistemas acima, Morgan e Liker (2008) descrevem os treze princípios que compõem estes subsistemas e que estão representados na Figura 10.

É enfatizada pelos autores a atenção para a correta interpretação do modelo ilustrado na Figura 10, haja vista a necessidade de entendimento de que somente os treze princípios aplicados não asseguram o sucesso no desenvolvimento do produto. O ponto em questão é o da existência de uma harmonia organizacional na Toyota que permite a cooperação dos sistemas entre si de forma positiva. A seguir serão descritos os três sistemas e seus treze princípios componentes.

3.2.5.1 Subsistema Processo (Princípios de 1 a 4)

O subsistema processo pertence, dentro do conceito de sistema sócio-técnico, à parcela técnica deste sistema. Num processo de engenharia a matéria-prima é a informação, dados competitivos, princípios de engenharia e outras informações que são transformadas ao longo do processo. No caso do sistema enxuto de desenvolvimento do produto o foco de observação está nas atividades pelas quais a informação flui diariamente, os projetos evoluem, os testes são completados ou protótipos são construídos.

Princípio 1 – Identifique valor definido pelo cliente para separar valor agregado de desperdício: a definição do que é desperdício começa com a identificação do que é valor para o cliente. Em desenvolvimento do produto são dois os tipos de desperdício:

- 1) *Desperdício criado por engenharia ineficiente, que resulta em baixos níveis de desempenho em produtos ou processos;*

2) *Desperdício no processo de desenvolvimento de produtos propriamente dito.*

Princípio 2 – Concentre esforços no início do processo de desenvolvimento do produto para explorar integralmente soluções alternativas enquanto existe a máxima flexibilidade de projeto: o começo do programa proporciona as maiores oportunidades de exploração das alternativas, uma vez que o projeto está em sua maior fluidez, aumentando a probabilidade de atingir a solução “ótima”.

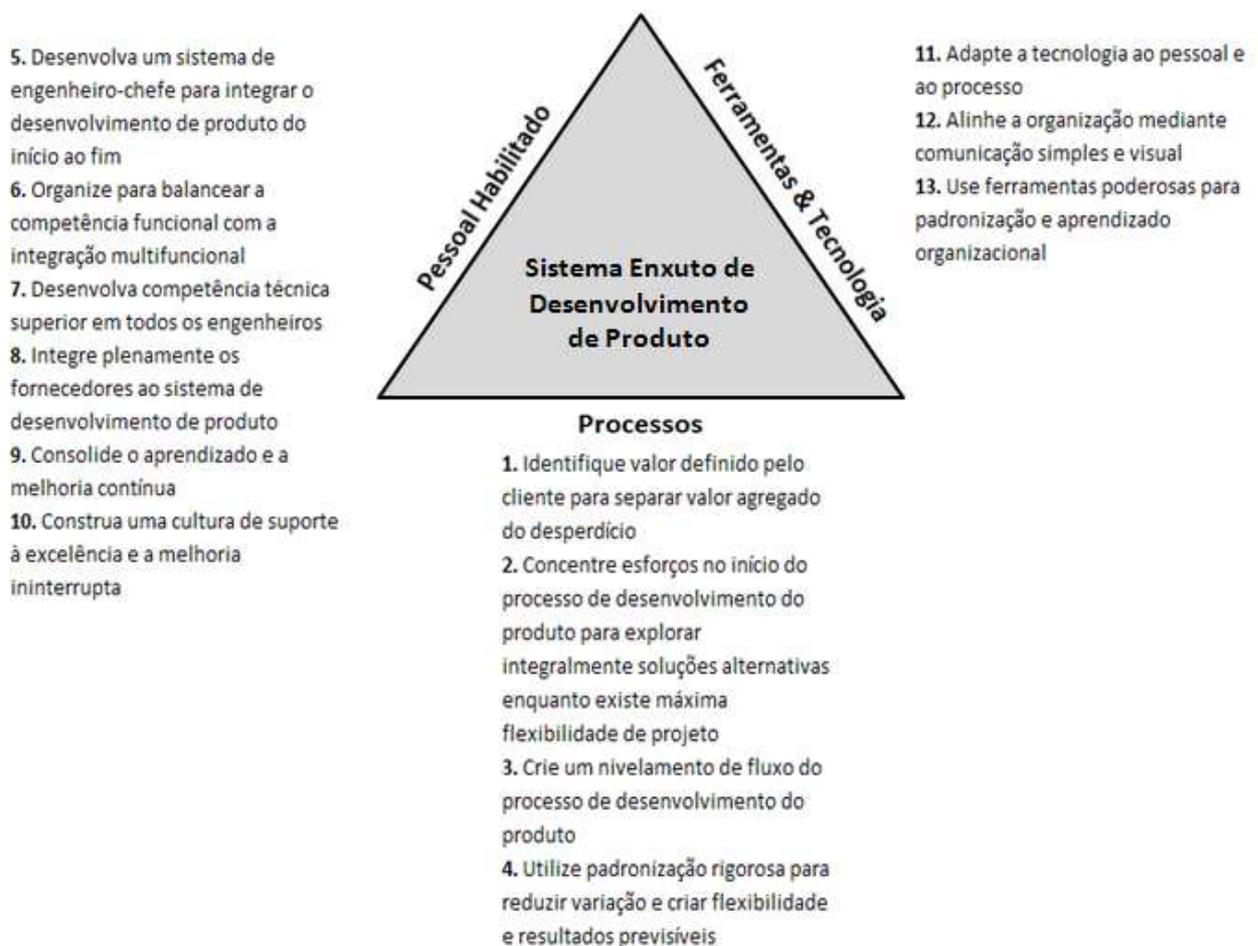


Figura 10: Modelo de desenvolvimento enxuto de produto e seus 13 princípios.

Fonte: Morgan e Liker (2008)

Princípio 3 – Criar um nivelamento de fluxo do processo de desenvolvimento do produto: para minimizar as filas, sincronizar as atividades e evitar retrabalhos a Toyota interpreta o sistema de desenvolvimento do produto como uma *oficina de trabalho de conhecimentos funcionais*, onde equilibra a carga de trabalho e cria ou diminui a cadência da gestão de eventos para criação do tempo *takt*.

Princípio 4 – Utilize padronização rigorosa para reduzir a variação e criar flexibilidade e resultados previsíveis: padronizar as tarefas mais comuns para reduzir a variação preservando a criatividade. São três as categorias de padronização da Toyota:

- 1) *Padronização de projeto:* modularidade e reutilização de componentes;
- 2) *Padronização de processos:* plantas de produção padronizadas e processos de manufatura padrão;
- 3) *Padronização dos conjuntos de competência em engenharia:* flexibilidade na formação das equipes.

3.2.5.2 Subsistema Pessoal (Princípios de 5 a 10)

O subsistema pessoal envolve recrutamento, seleção e treinamento de engenheiros, estilos de liderança e padrões de estrutura e aprendizagem organizacionais. Este subsistema abrange o campo complexo da cultura e o grau de compartilhamento dos elementos desta cultura entre organização e colaboradores, quanto maior o grau de compartilhamento, mais forte é a cultura que é um importante princípio do pensamento enxuto.

Princípio 5 – Desenvolva um sistema de engenheiro-chefe para integrar o desenvolvimento do início ao fim: o engenheiro-chefe, aos olhos a Toyota, é o elemento de conexão que mantém o sistema de desenvolvimento do produto sólido e unido. Seu papel excede as responsabilidades de gerente de projeto, pois sua figura representa a instância das decisões mais difíceis. O elemento do engenheiro-chefe objetiva a eliminação do labirinto de caminhos percorrido usualmente pelas equipes de projeto para se obter orientações e liderança.

Princípio 6 – Organize para balancear a competência funcional e a integração multifuncional: a tarefa de conseguir o equilíbrio entre a excelência funcional no âmbito das disciplinas específicas e, ao mesmo tempo, integrar equilibradamente os especialistas não é simples e caracteriza os sistemas de desenvolvimento de alto desempenho.

Princípio 7 – Desenvolva competência técnica superior em todos os engenheiros: a Toyota focaliza o desenvolvimento técnico especializado ao invés da posição generalista do

engenheiro. Após uma rigorosa contratação o engenheiro cada vez mais aprofundar-se-á na sua área de conhecimento, pois a excelência técnica é o objetivo do sistema de desenvolvimento do produto da Toyota.

Princípio 8 – Integre plenamente os fornecedores ao sistema de desenvolvimento de produtos: a Toyota mantém um relacionamento estreito com seus fornecedores, responsáveis na Toyota por 75% dos componentes dos veículos, do início ao fim do programa de desenvolvimento. Acordos prévios de fornecimento deixam o fornecedor a par de todo o processo e métodos como a presença de engenheiros convidados objetivam a manutenção da solidez nos relacionamentos com os parceiros de projeto.

Princípio 9 – Consolide o aprendizado e a melhoria contínua: princípio básico do pensamento enxuto desde o chão de fábrica é um dos princípios mais cultivados pela Toyota.

Princípio 10 – Construa uma cultura de suporte à excelência e à melhoria contínua: a cultura da Toyota apóia a excelência com valores explicitamente definidos e adesão resoluta às convicções centrais. Esta combinação de crenças e valores é fortemente compartilhada por gerações de gerentes e engenheiros e forma o “DNA” da Toyota, conforme denominado pelos autores.

3.2.5.3 Subsistema Ferramentas e Tecnologia (Princípios de 11 a 13)

O subsistema Ferramentas e Tecnologia engloba todo o material de trabalho necessário a transformação da matéria-prima em produto final. Isto inclui, não apenas ferramentas CAD, mas também tecnologias de máquinas e manufatura digital e toda natureza de softwares que dão suporte ao desenvolvimento do produto.

Princípio 11 – Adapte a tecnologia para que sirva ao pessoal e aos processos: a Toyota reconhece que somente a tecnologia não resultará em grandes vantagens competitivas uma vez que estão disponíveis para a concorrência também. A tecnologia, para a Toyota, agrega valor quando ajustada a pessoas e processos que já estão otimizados. Os aceleradores tecnológicos que alavancam oportunidades específicas são sempre complementos das pessoas e dos processos.

Princípio 12 – Alinhe a organização mediante comunicação simples e visual: a Toyota utiliza sistemas simples de comunicação para alinhar projetistas e engenheiros, tais como os conhecidos relatórios “A3”, nome devido ao papel em formato A3, contendo todas as informações relevantes oriundas do desdobramento das necessidades do cliente em objetivos técnicos mensuráveis (desempenho, peso, custo, segurança).

Princípio 13 – Use ferramentas poderosas para a padronização e o aprendizado organizacional: a melhoria contínua, para a Toyota, deve ser padronizada para que seja contínua. De outra forma esta evolução ficaria restrita a alguns círculos ou mesmo desapareceria pela não aplicação. Desta forma, de programa em programa as melhorias no desenvolvimento do produto que sejam relevantes são inseridas nos processos e padronizadas.

O conjunto de conhecimentos resulta do desenvolvimento dos processos de chão de fábrica há décadas cultivados e desenvolvidos na Toyota. Liker (2005, p. 288) descreve este aspecto da seguinte forma:

o modelo Toyota foi inventado, descoberto e desenvolvido ao longo de décadas, à medida que administradores e engenheiros talentosos da Toyota, como Ohno, “aprenderam a lidar com seus problemas de adaptação externa e integração interna.

O princípio três, referente à criação de um nivelamento de fluxo do processo de desenvolvimento de produtos, remete, segundo Morgan e Liker (2008), ao princípio do fluxo analisado primeiramente por Ford. Desta forma o desenvolvimento do produto pode ser considerado um processo e sendo assim torna-se possível analisar suas perdas.

Para Morgan e Liker (2008), as sete perdas propostas segundo o sistema enxuto de desenvolvimento do produto seguem a orientação das sete perdas mapeadas pelo mecanismo da função produção e são as seguintes:

- **Superprodução:** desperdício comum sempre que os processos não são bem sincronizados nas organizações multifuncionais. Representam quaisquer tarefas finalizadas antes que a próxima operação esteja pronta para processá-la, ou, operações à jusante trabalhando em projetos a montante de modo prematuro.

Outro tipo de superprodução refere-se a trabalhar em um projeto antes de verificar sua compatibilidade com o sistema e sua viabilidade de produção;

- **Tempo disponível (espera):** esperas dos engenheiros por revisões, decisões, permissões, informações, ordens de compra ou alguma outra atividade de transição que contenha desperdício. Esperas e demoras, segundo a experiência dos autores, são os tipos de desperdícios mais comuns em desenvolvimento do produto;
- **Transporte:** desperdício relacionado com a transferência desnecessária de informações ou tarefas de um especialista para outro, seja por palavras, imagens ou intercâmbio de dados;
- **Processamento em si:** desperdícios relacionados a desenhos de novos componentes ao invés do uso dos já existentes, também relacionados a projetar a partir do zero em vez de transformar a arquitetura de projeto padrão. Outro desperdício levantado pelos autores refere-se às desnecessárias transações e negociações que transpiram em meio à escolha e gerenciamento de fornecedores;
- **Estoque:** desperdício resultante de superprodução, segundo os autores. No desenvolvimento do produto trata-se de informações em excesso;
- **Movimento:** desperdícios relacionados a reuniões sem efeito, relatórios redundantes e tempo gasto com revisões improdutivas. Também inclui longas excursões a plantas e instalações que não levam a qualquer informação objetiva que ajude na tomada de decisão do projeto.
- **Produtos defeituosos:** desperdícios com auditorias de programas, testes de novos componentes em lugar da utilização de similares de valor comprovado, mudanças de engenharia tardias e todas as formas de retrabalho.

Morgan e Liker (2008), dessa forma, apresentam sua percepção das sete perdas do STP, associadas ao desenvolvimento do produto. O Quadro 3 sintetiza a visão dos autores sobre estas fontes de desperdício.

O Quadro 3 vem ao encontro da proposta de trabalho desta pesquisa em suas linhas mais amplas, uma vez que os autores analisam os aspectos práticos das perdas no ambiente de projeto do produto. Torna-se visível essa questão nas exemplificações listadas, as quais se utilizam de expressões e palavras como “acúmulo” e “distribuição de informação”, sem associá-las a questões de rotina do projeto do produto. Em outro ponto exemplifica-se a perda por movimento como “revisões superficiais”. Movimentos são deslocamentos desnecessários de trabalhadores durante as operações, ou seja, relacionam-se com a pessoa. Outro ponto de observação está na exemplificação da perda por transporte, citada como “indefinição”. A questão remete ao entendimento de qual indefinição se propõe o autor a observar. Da mesma forma questiona-se a exemplificação “utilização excessiva do sistema” para a perda por estoque.

Sete Desperdícios	O que são?	Exemplos em DP
Superprodução	Produzir mais ou antes do que o processo seguinte necessita	Acúmulos, tarefas simultâneas não sincronizadas
Espera	Esperar por materiais, informações ou decisões	Esperar por decisões, distribuição de informação
Transporte	Transferir materiais ou informação de um lugar para outro	Indefinição/excessiva distribuição de informação
Processamento	Realizar tarefa desnecessária ou processamento desnecessário em uma tarefa	Tarefas repetitivas, tarefas redundantes, reinvenção, variação de processo - falta de padronização
Estoque	Acúmulos de material ou informação que não são utilizados	Acúmulo, utilização excessiva do sistema, variação de chegada
Movimentação	Excesso de movimentação ou atividade durante a execução da tarefa	Trajetos longos demais/reuniões redundantes/revisões superficiais
Correção	Inspeção para detectar problemas de qualidade ou para consertar defeitos	Concretização da qualidade externamente, correção e retrabalho

Quadro 3: Os sete desperdícios aplicados ao desenvolvimento do produto.

Fonte: Morgan e Liker (2008)

As proposições para modelo conceitual que será visto no capítulo a seguir são percorridas primeiramente pelo entendimento dos mecanismos da função produção, seus elementos e sua tradução para um ambiente de projeto do produto. Após esta relação estar estabelecida, é possível partir para a análise das perdas no ambiente em questão.

4. ANÁLISE E ESTRUTURA DO MODELO CONCEITUAL

O presente capítulo objetiva a descrição do processo de meta-análise para as perdas em projeto do produto. Conforme já descrito, a análise tem por base as sete perdas codificadas pelo STP somadas à oitava perda do pensamento enxuto, sendo essas perdas observadas em dez subfases de desenvolvimento do produto propostas pelo modelo conceitual de Rozenfeld *et al.* (2006).

4.1 A Análise do Projeto do Produto pelo Prisma do Mecanismo da Função Produção

O MFP, conforme discutido no capítulo anterior, foi concebido com base na análise dos processos e operações de um dado sistema de produção. Primeiramente os criadores desta teoria objetivaram identificar o que são processos e o que são operações dentro de uma rede funcional de produção. Sendo assim, os conceitos para ambos componentes de um sistema de produção são:

- **Processo:** Fluxo que a matéria-prima percorre no tempo e no espaço durante sua transformação em produto acabado;
- **Operação:** Ações que executam as transformações desta matéria-prima.

A rede funcional que uma manufatura envolve é naturalmente complexa e a separação dos dois principais fenômenos de um processo produtivo permitiu grande parte dos futuros aprofundamentos e refinamentos dos sistemas de produção enxuta. Portanto a partir deste modelo mental estabelecido tornou-se possível identificar outros elementos envolvidos na problemática da busca pelo enxugamento de um processo de produção. Estes elementos foram utilizados na concepção do modelo conceitual das perdas em projeto do produto e são originalmente:

- **Matéria-prima:** material base para a transformação em produto final;
- **Recurso:** meio que adiciona trabalho à matéria-prima transformando-a em produto semi-acabado ou produto final;

- **Produto:** resultado do trabalho do recurso na matéria-prima.

Devido ao seu valor intrínseco, o estudo das perdas tem grande disseminação nos meios profissionais e acadêmicos gerando análises sobre as fontes de desperdício desde as tratativas das questões ambientais até as perdas decorrentes de questões de segurança, as quais foram discutidas no capítulo do referencial. Para ilustrar algumas das possibilidades de perdas disponíveis na literatura e passíveis de serem trabalhadas na pesquisa em questão, o Quadro 4 lista as perdas segundo a visão dos autores sobre o tema das perdas:

Shingo	Sekine e Arai	Liker	Sarkis e Rasheed	Hirano
Superprodução		Superprodução		Gerenciamento - Perdas em materiais
Espera		Espera		Homem - Perdas por olhar
Transporte	Reuniões e conferências	Transporte ou movimentação desnecessários		Método - Perdas em coleta de peças
Processamento	Projeto de desenhos de referência Preparação de novos desenhos Permissão para que os projetistas e engenheiros definam seus tempos	Superprocessamento ou procesamento incorreto		Máquina - Perdas em grandes máquinas Máquina - Processamento de "ar" Material - Perdas em componentes Gerenciamento - Perdas em reuniões
Estoque		Excesso de Estoque		Método - Perdas por estoque
Movimentos	Procura e levantamento de desenhos e materiais	Movimento desnecessário		Homem - Perdas por caminhar
Produtos defeituosos	Mudanças de projeto para correções Requisitos e especificações não	Defeitos		Qualidade - Perdas por fazer bens defeituosos
		Desperdício da criatividade dos funcionários		
			Perdas ambientais	
				Segurança - Perdas em desastres e acidentes

Quadro 4: A classificação das perdas segundo os autores de referência.

Referente às perdas mapeadas por Hirano (1989), apenas algumas estão descritas no quadro. A análise desse autor é mais aprofundada e o conjunto de todas as perdas apontadas por ele não é considerada no quadro.

A análise das perdas no projeto do produto requer o exercício de trazer o conceito de sistema de produção para dentro do ambiente de projeto, o qual é considerado um ambiente de natureza abstrata nos seus mecanismos funcionais. Esta apropriação de conceitos é viabilizada pelo elo de ligação estabelecido neste trabalho entre processos de

manufatura e processos de desenvolvimento do produto, o MFP, portanto a observação dos elementos componentes do MFP é de importância fundamental no mapeamento das perdas em projeto do produto e sendo assim, a partir destes conceitos básicos, tem-se:

- **Matéria-prima:** conjunto de informações que resultarão em entregas técnicas;
- **Processo:** fluxo que a matéria-prima percorre no tempo e no espaço durante sua transformação em produto acabado (conceito que permanece inalterado);
- **Operação:** ações que executam as transformações da matéria-prima (conceito permanece inalterado);
- **Recurso:** engenheiro, técnico, projetista ou desenhista que executa as transformações das informações em entregas técnicas;
- **Produto:** desenho de SSC, desenho de produto final, norma, padrões de teste ou qualquer natureza de entrega técnica, dependendo da fase do projeto.

O MFP, uma vez constatada a viabilidade no estabelecimento de analogias entre manufatura e projeto, exerce um papel metodológico fundamental na identificação dos elementos de um processo produtivo. Esses elementos são similares a um processo de projeto e desenvolvimento do produto. Juntamente com o MFP o modelo conceitual de gestão de projeto do produto de Rozenfeld *et al.* (2006) associa-se para o estudo em função de algumas particularidades importantes. Uma delas é justamente o aprofundamento do modelo de gestão aos níveis mais básicos das atividades de projeto, desenhos, testes de engenharia, construção de protótipos, dentre outros.

Observando a Figura 11, de um lado são apresentadas as operações de manufatura com a montagem dos componentes de uma máquina. As operações se dão ao longo de um processo em que a transformação da matéria-prima ocorre pela intervenção dos recursos dispostos ao longo da linha de montagem. Cada operação pertencente ao processo de fabricação da máquina entrega à operação ou operações contíguas o produto de seu posto de trabalho e assim sucessivamente até que o produto final se configura em uma máquina pronta para expedição. Da mesma forma, se observado um ambiente técnico existem operações em andamento transformando matéria-prima em produto ao longo de um

processo de desenvolvimento do produto. Os recursos, não mais máquinas ou montadores, mas engenheiros, técnicos, projetistas e outros profissionais, transformam a matéria-prima em produto pelas operações.

Para a análise das perdas, em projeto do produto, torna-se necessário realizar uma mudança na percepção de que projetos são atividades inerentemente abstratas e não seguem padrões de execução. Se compreendido que projetos contêm uma parcela importante de abstração, porém a maior parte de suas atividades obedece a uma rotina de trabalho, torna-se possível mapeá-los em seu processo e suas operações. Se processos ou operações podem ser mapeados pode-se identificar nestes processos e operações os recursos, matérias-primas e produtos participantes. Conseqüentemente, com base nestes elementos, torna-se possível empreender uma busca pelas suas fontes de desperdício.

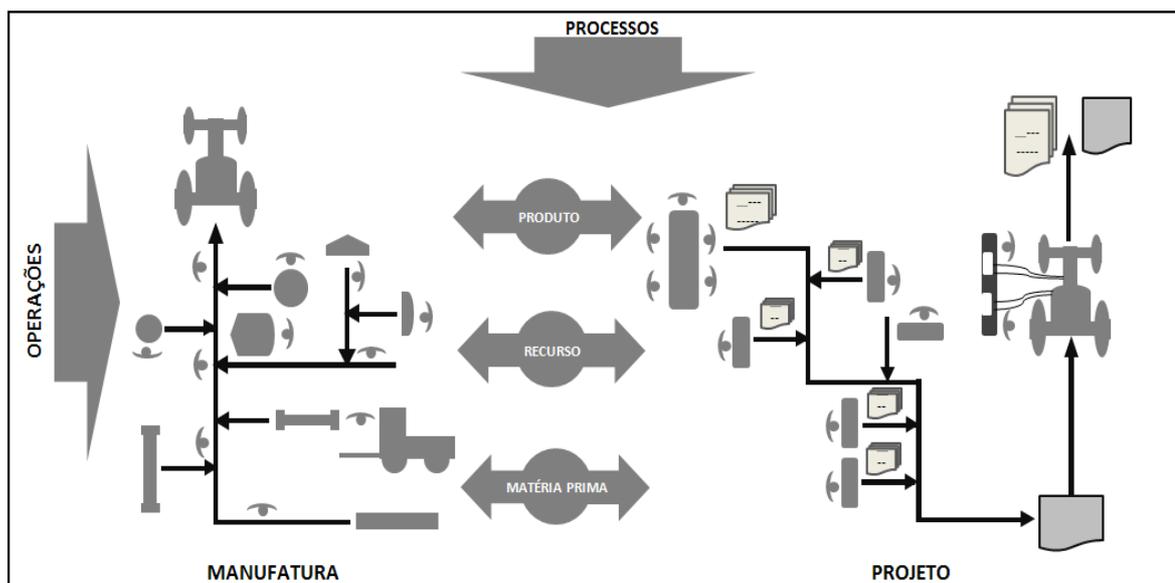


Figura 11: O Mecanismo da Função Produção da manufatura ao projeto.

Os modelos de gestão do projeto do produto com visão de projeto macroscópica (*project*) têm no seu bojo de conhecimentos as soluções ou diretivas de soluções para as questões estratégicas e gerenciais do projeto. Porém, poucas vezes adentram no ambiente específico de engenharia, pois são concebidos como modelos genéricos e esta é sua função: suportar tanto uma demanda de projeto do produto como uma demanda pela organização de um evento que deseje ser gerida à luz da gestão de projetos. O modelo de Rozenfeld *et al.* (2006) traz os elementos e ações de engenharia para dentro do estudo da gestão de

projetos, suportando assim os objetivos propostos por este trabalho no que se refere à análise das ações de engenharia.

4.2 A Construção do Modelo Conceitual Proposto

O primeiro passo na construção do modelo conceitual dá-se pela análise das fases do projeto do produto de Rozenfeld *et al.* (2006). Cada etapa, pertencente às fases escolhidas, é observada como uma operação na qual existe uma entrada de matéria-prima e a saída de um produto ou subproduto, o qual alimentará a entrada da próxima operação. O processamento da matéria-prima é efetuado pelo recurso e pode ser feito (ou não) em lotes unitários, dependendo da natureza do produto.

A seqüência ‘planejamento do projeto’, ‘projeto informacional’, ‘projeto conceitual’ e ‘projeto detalhado’ engloba grande parte do trabalho que exige o envolvimento direto dos departamentos de engenharia e desenvolvimento do produto. Em se tratando de um modelo genérico de gestão do desenvolvimento do produto, não necessariamente todos os projetos e desenvolvimentos de produto devem obedecer às fases mapeadas pelo modelo. Cada projeto, naturalmente, tem suas particularidades e, sendo assim, em um dado contexto, algumas fases serão necessárias, outras não.

Da mesma forma que as fases, as subfases também contém sua linha lógica no desenvolvimento do produto. Em última instância, para a análise direta das perdas em projeto do produto, o objeto da observação é a subfase, pois é nesta etapa que se torna produtivo estabelecer uma analogia entre os elementos do MFP e os mecanismos de desenvolvimento do produto.

O primeiro passo na construção do modelo de análise das perdas é o passo da estratificação de cada subfase pelos elementos do MFP. Sendo o conjunto de subfases um encadeamento de atividades onde a saída da subfase anterior gera a entrada da subfase subsequente, torna-se necessário analisar todo o fluxo de uma fase com as entradas e as saídas de cada uma das suas subfases componentes. Uma vez que se identifique o que está entrando como matéria-prima em cada subfase, como esta matéria-prima está sendo processada, quais são os recursos desta subfase e, por fim, qual o produto desta subfase,

torna-se possível analisar as perdas, de forma independente, em cada subfase, tal como um posto de trabalho.

Dentre todo o conjunto de subfases, as dez subfases destacadas no Apêndice 1 deste trabalho são as subfases determinadas para análise direta das perdas. Nelas o esforço do trabalho é concentrado para o estabelecimento de um modelo de identificação das perdas. Destas dez subfases em estudo, cinco são pertencentes à fase do projeto detalhado. Isto se justifica pela natureza do envolvimento e da responsabilidade direta da engenharia de desenvolvimento do produto. Nesta fase ocorre a grande produção de engenharia, composta de elementos de criação e inovação, associados à grande quantidade de rotinas técnicas que não se alteram de um projeto para outro. A exemplo, pode-se citar a confecção de um desenho de engenharia: independente do projeto em questão, um desenho precisa informar todas as características dimensionais e de restrições geométricas, bem como a composição de material, acabamento superficial, datas, revisões de engenharia, projetista e outras informações. Estes elementos de um desenho são de rotina e, quanto mais complexos são os projetos e maior a quantidade de pessoas e recursos envolvidos, mais os processos tendem a uma padronização para que possa haver um controle eficaz das ações ao longo do tempo.

Além do fator produtividade outro elemento tem importância na seleção das subfases para análise: a percepção de que tal subfase é componente da grande maioria dos projetos de desenvolvimento do produto. Para algumas subfases o processo foi diferenciado, sendo as mesmas conjugadas em uma única operação, tal como o “cálculo, desenho, especificação de tolerâncias e integração de SSC’s”. Originalmente, segundo o modelo genérico de Rozenfeld *et al.* (2006), esta fase é dividida em duas, porém para o estudo em questão as mesmas foram agrupadas em uma única seção, pois são ações operacionais de engenharia que do ponto de vista de um processo produtivo contém características similares. Esta síntese das subfases também foi aplicada à fase da arquitetura, estética e ergonomia do produto, por serem ações de engenharia pertencentes ao projeto conceitual do produto, que contém, da mesma forma, similaridades do ponto de vista de um processo de desenvolvimento do produto. Sendo assim as subfases definidas para análise são:

1) Planejamento do Projeto

- Definição do escopo do produto;
- Definição do escopo do projeto;

2) Projeto Informacional

- Identificação dos requisitos dos clientes do produto;
- Definição das especificações meta do produto;

3) Projeto Conceitual

- Definição da arquitetura do produto e Ergonomia e estética do produto;

4) Projeto Detalhado

- Criar, reutilizar, procurar e codificar SSC's;
- Calcular, desenhar, especificar tolerâncias e integrar os SSC's;
- Finalizar desenhos e documentos;
- Construção de protótipos;
- Teste e homologação do produto.

A análise do MFP em cada uma das dez subfases selecionadas do projeto do produto está detalhada no Apêndice 1 deste estudo.

4.3 A Estrutura Proposta para o Modelo Conceitual de Análise e Identificação das Perdas em Projeto do Produto à Luz do Pensamento Enxuto

O modelo conceitual proposto por este estudo é apresentado em forma de um quadro, sendo este composto, nas suas linhas, pelas oito perdas já discutidas nas sessões anteriores, e em suas colunas, pelas dez subfases selecionadas do projeto do produto. Visualizando o modelo na forma de um quadro, é possível considerar analogamente suas

linhas e suas colunas como coordenadas de um sistema, sendo que o cruzamento de uma dada linha com uma dada coluna tem por objetivo a focalização de uma dada classe de perdas. A estrutura proposta é ilustrada no Quadro 5.

Para que haja uma construção efetiva de relacionamentos associados às potenciais perdas em cada subfase do produto o analista necessita proceder de uma forma pontual e sistemática em seu estudo, visualizando a perda diretamente no contexto da subfase desejada. Nesta subfase, toda e qualquer ação ou procedimento que não agregue valor ao produto é considerada uma perda. Neste caso, para que seja viável a identificação se faz necessário o conhecimento da entrada (matéria-prima), da saída (produto) e de quais recursos são os processadores da matéria-prima.

Sendo o modelo proposto um modelo conceitual e baseado em conceitos oriundos da análise de sistemas de manufatura, deve-se observar, também, que algumas perdas possivelmente venham a não ter aplicação efetiva nas subfases do processo de desenvolvimento do produto.

O próximo capítulo abordará a discussão e detalhamento das perdas em projeto do produto pela visão do autor, somado a visão dos profissionais de projeto entrevistados, complementando-se com a validação dos especialistas em projeto do produto e perdas.

FASES DO PROJETO DO PRODUTO PERDAS	Planejamento do Projeto		Projeto Informacional		Projeto Conceitual	Projeto Detalhado				
	Definição escopo do produto	Definição escopo do projeto	Identificar os requisitos dos clientes do produto	Definir especificações meta do produto	Definir arquitetura, ergonomia e estética do produto	Criar, reutilizar, procurar e codificar SSCs	Calcular, desenhar, especificar tolerâncias e integrar os SSCs	Finalizar desenhos e documentos	Construção de Protótipos	Testar e homologar produto
Superprodução										
Espera da matéria prima no processo										
Transporte										
Processamento										
Estoque										
Movimentos										
Produtos defeituosos										
Desperdício da criatividade dos funcionários										

Quadro 5: A estrutura do Modelo Conceitual de Perdas no Projeto do Produto.

5. A RELAÇÃO DE PERDAS NA GESTÃO DO PROJETO DE PRODUTO, SUA DISCUSSÃO E ANÁLISE

O presente capítulo tem por objetivo apresentar a relação de perdas identificadas e relacionadas neste trabalho para cada fase do projeto do produto proposta para estudo. Os dez subcapítulos subseqüentes descreverão os conjuntos de perdas relacionadas às dez subfases do projeto do produto. Ao final de cada subcapítulo o conjunto de perdas relacionadas será sumarizado em um quadro descritivo onde além da perda relacionada será descrito também a natureza processo ou operação desta perda, bem como um conjunto de possíveis causas para a dada perda, visando assim observar o estudo desenvolvido por um panorama amplo da fase em questão.

5.1 Os Resultados e Detalhamentos das Perdas em Projeto e Desenvolvimento do Produto à Luz do Pensamento Enxuto

Conforme já discutido no capítulo de referencial teórico o conjunto de perdas clássicas distingue-se por ser de ocorrência no processo de fabricação, ou seja, no fluxo do componente pela sua manufatura (neste caso a informação) e de ocorrência na operação, que se relaciona com o recurso que está processando esta matéria prima que percorre o processo.

Sendo assim este subcapítulo é dividido em dez sessões, cada uma representando a respectiva subfase do projeto do produto, a qual relata as perdas relativas a esta subfase e ao final apresenta um quadro informativo das perdas e suas possíveis causas relacionadas. A estrutura completa das perdas identificadas está disposta no Apêndice 2 deste trabalho.

5.1.1 Perdas Relacionadas à Definição do Escopo do Produto

Conforme Rozenfeld *et al.* (2006) o documento Escopo do Produto é composto de uma lista de características e funções que o produto deverá apresentar e que o projeto deverá criar.

Perdas por **Superprodução**, na definição do escopo do produto, podem caracterizar-se por **Definir excessiva quantidade de funcionalidades (parâmetros básicos) para o novo produto**, ou seja, com o aumento das funcionalidades uma série de ações excedentes irá ocorrer para suportar estas características as quais podem não estar sendo sinalizadas pelo cliente e por consequência não agregam valor ao produto.

Outra perda por **Superprodução** pode ocorrer quanto a **Superespecificar as funções do produto**. Como exemplo, pode ser citada a necessidade de elevada autonomia para uma máquina agrícola no seu serviço. Esta autonomia se dá pela capacidade de combustível em litros (l), superespecificar esta característica significa determinar que tal sistema de combustível deva, no mínimo, comportar supostos 300 litros de combustível, quando a necessidade máxima de autonomia demandada pelo cliente é de 250 litros. Nesta situação está se entregando mais do que o requerido pelo mercado, além de gerar excessivo trabalho para detalhamento de estruturas durante o projeto.

Para a perda por **Espera** a primeira fonte mapeada é do **Elevado tempo entre reuniões e ações para definição dos parâmetros do produto**. Uma vez que os parâmetros do produto são compilados em um documento, chamado aqui de *checklist*, e têm sua origem na coleta por pesquisas ou qualquer outro tipo de ação que prospecte as necessidades do mercado alvo, faz-se necessária a análise das informações por meio de reuniões, avaliando e identificando as necessidades associadas à missão do produto. Um elevado tempo entre essas reuniões estratégicas, que não venha a trazer resultados progressivos para as reuniões seguintes, não agrega valor ao projeto que por sua vez está em um andamento mais lento do que o supostamente definido para a concepção do produto.

Relativo a **Transportar excessivamente informações por diversas bases de dados**, seja físico ou eletrônico, esta ação pode gerar perdas por **Transporte** em função da matéria-prima (a informação) estar percorrendo roteiros desnecessários até o seu destino que é o ponto de processamento pelo grupo técnico, das informações oriundas de mercado e campo. Pode ainda ocorrer que a fonte emissora de alguma informação relevante não seja de conhecimento do grupo técnico em função da não condução destas informações por um processo mapeado de transporte.

No que tange à perda por **Processamento**, a qual se refere à mudança física da informação ou da qualidade desta informação, **Diversas e complexas etapas para conversão das informações de mercado/campo em requisitos de produto** usualmente detêm grande parte de trabalho que não agrega valor ao produto. Ou seja, ações complexas ou desconexas, com muitas frentes de trabalho e com pouco poder de síntese no processamento das informações de ordem qualitativa e quantitativa geram ações (operações) que não agregam valor.

Uma vez que todas as reuniões, pesquisas de campo ou outras ações estejam completas, cabe a um determinado grupo técnico a confecção e liberação do *checklist*. O **Elevado tempo de produção e liberação do checklist** é a segunda fonte de perdas identificada para **Processamento**.

Poderá ocorrer perda por **Estoque** de informações quando as análises de campo e de mercado estiverem **Armazenando ou arquivando excedentes de requisitos técnicos que não são absorvíveis ou de baixo valor para o cliente** em função de não haver métodos claros e padronizados de coleta de informações. Isso também pode ocorrer quando o armazenador não detém a experiência necessária para discriminar informações relevantes de informações pouco agregadoras.

Movimentos são fontes de perdas referentes ao deslocamento desnecessário de trabalhadores durante as operações. Comparativamente à subfase de definição de escopo de produto, toda a movimentação do grupo técnico que não agrega valor à produção do *checklist* é uma perda. Sendo assim, pode ser caracterizada pela **Movimentação desnecessária de pessoal devido a fontes de informações estarem separadas física ou virtualmente, em setores ou bases de dados** sejam elas memórias de projetos passados, pesquisas de campo, pesquisas de mercado, pesquisas de satisfação ou quaisquer outras informações.

A ausência de uma concentração física ou virtual de todo o material necessário a produção do *checklist* gera a necessidade de deslocamentos desnecessários e a não garantia de que todas as informações que agregam valor estejam sendo observadas. Este ponto remonta à questão de um processo claramente definido e padronizado de coleta de informações e suporte a novos projetos, no qual existam endereços claramente

comunicados aos grupos de trabalho para utilização como base de dados aos trabalhos que estão sendo desenvolvidos.

Referente às perdas por **Defeitos, Definir equivocadamente o escopo do produto** gera ao longo de todo o desenvolvimento do produto um processo de perdas em cadeia, uma vez que a gênese do projeto está na definição do escopo do produto, todas as ações posteriores serão baseadas e orientadas pela entrega técnica desta subfase.

Definir requisitos técnicos desnecessários e não sinalizados pelo mercado, por sugestões internas pode ser caracterizada como perda por **Defeito**, uma vez que estes requisitos técnicos venham a compor o conjunto de necessidades de mercado, sem que haja um estudo prévio que valide esta necessidade. Novas entradas geram novos arranjos de produto e conseqüentemente um esforço de toda a estrutura de projeto para o atendimento desta sugestão.

Por fim, outra perda relacionada ao **Defeito** pode ocorrer na ação de **Processar informações de mercado/campo pouco confiáveis**. Esta perda é passível de ocorrência caso haja uma entrada de matéria-prima defeituosa para este processamento, ou seja, um conjunto de informações de campo de baixa qualidade devido à falta de informações relevantes ou a falta de confiabilidade das informações coletadas.

Finalizando esta sessão apresenta-se o Quadro 6 com as perdas relacionadas.

		Definição escopo do produto	
		Descrição	Causas
Processo (matéria-prima)	Superprodução	Fazer sem necessidade (antes ou demais)	<p>» Definir excessiva quantidade de funcionalidades (parâmetros básicos) para o novo produto;</p> <p>» Superespecificar as funções do produto;</p> <p>Falta de análise estruturada,, com aplicação de técnicas de levantamento, das informações de campo e pesquisas de mercado;</p> <p>Não conhecimento das necessidades de campo;</p> <p>Base de informações de campo de baixa qualidade;</p>
Operação (recurso)	Espera	Recursos esperando	<p>» Elevado tempo de espera do grupo de trabalho entre reuniões/ ações para definições dos parâmetros do produto;</p> <p>Ausência de planejamento de atividades e rotina de reuniões para definição dos parâmetros;</p> <p>Ausência da figura do líder para "puxar" o processo;</p> <p>Ausência de uma gestão adequada de comunicação;</p>
Processo (matéria-prima)	Transporte	Transporte da matéria-prima entre os recursos	<p>» Transportar excessivamente informações por diversas bases de dados;</p> <p>Ausência de base de dados centralizada para registro das informações e que seja acessível a todo o grupo;</p> <p>Ausência de comunicação de projeto para informar a existência de uma ou mais de uma base de dados e suas funções e objetivos;</p>
Processo (matéria-prima)	Processamento	Fazer sem agregar valor	<p>» Diversas e complexas etapas para conversão das informações de mercado/campo em requisitos de produto;</p> <p>» Elevado tempo para produção do <i>checklist</i> de parâmetros do produto - maior impacto em projetos de ciclo curto;</p> <p>Não mapeamento do fluxo de valor para as atividades relacionadas;</p> <p>Não mapeamento do fluxo de valor para as atividades de processamento e diferenciação por natureza e ciclo de projeto;</p>
Processo (matéria-prima)	Estoque	WIP	<p>» Armazenar/arquivar excedentes de requisitos técnicos que não são absorvíveis ou de baixo valor para o cliente;</p> <p>Baixo nível de experiência técnica para discriminar informações relevantes e não relevantes ao projeto;</p>
Operação (recurso)	Movimentos	Movimentação dos operadores no processamento	<p>» Movimentação desnecessária de pessoal devido a fontes de informações estarem separadas física ou virtualmente, em setores ou bases de dados;</p> <p>Fontes de informações estarem separadas física ou virtualmente, em setores ou bases de dados;</p>
Processo (matéria-prima)	Defeitos	Fazer errado	<p>» Definir equivocadamente o escopo do produto;</p> <p>Nível técnico inadequado do grupo envolvido;</p> <p>Qualidade inadequada da informação de campo e dos estudos de mercado;</p> <p>Ausência de revisão;</p> <p>» Definir requisitos técnicos desnecessários e não sinalizados pelo mercado, por sugestões internas;</p> <p>Cultura organizacional de influência de elementos de gestão prevalecendo aos elementos técnicos;</p> <p>» Processar informações de mercado/campo pouco confiáveis;</p> <p>Ausência ou ineficácia da análise e revisão do material de entrada;</p> <p>Nível técnico inadequado do grupo envolvido;</p>
	Desperdício da criatividade dos funcionários	Falta de flexibilidade	<p>Não avaliadas as perdas</p>

Quadro 6: As perdas e suas causas na definição do escopo do produto.

5.1.2 Perdas Relacionadas à Definição do Escopo do Projeto

O escopo do projeto recebe as informações de saída do escopo do produto. Uma vez que se tenham determinado os requisitos técnicos, faz-se necessário responder como estes requisitos serão atingidos, como será estruturado o esforço de trabalho, em face às restrições da organização. É na declaração do escopo do projeto que serão informados desde título do projeto até a metodologia de desenvolvimento de produto adequada.

Segundo Rozenfeld *et al.* (2006), a Declaração de Trabalho, ou *Statement of Work* (SNOW) é o documento que entrega o resultado final da subfase de definição do escopo do projeto. Desta forma as perdas por **Superprodução** nesta subfase podem ser observadas inicialmente por **Definir excessivo número de objetivos**, pois a declaração de muitos objetivos no projeto tende a gerar equívocos de interpretação e de prioridades pelo grupo de trabalho.

A geração de perdas por superprodução nesta subfase do projeto pode ocorrer também por **Definir Deliverables desnecessários**. As entregas ou *deliverables*, como são conhecidas, são os subprodutos ou resultados intermediários do projeto e remetem aos objetivos a serem alcançados. Caso uma entrega desnecessária seja contabilizada ao conjunto de entregas, esta irá gerar uma superprodução pelos recursos do projeto.

Por fim, relativo às perdas por **Superprodução**, o **Checklist finalizado e aguardando processamento da definição do escopo do projeto** configura-se como perda quando todos os pontos de análise do escopo do produto foram avaliados e determinados, porém de alguma forma o conjunto de informações não está em progressão e desenvolvimento no processo, aguardando a frente do posto de trabalho o seu processamento.

No decorrer da subfase de construção do escopo do projeto as perdas por **Transporte** podem se originar por **Transportar as informações por elevado número de meios físicos**. Isto se deve ao fato de que as informações oriundas da definição do escopo do produto somadas às informações adicionais necessárias à avaliação das restrições da organização na condução do projeto estejam “pulverizadas” em diversas fontes emissoras. Caso estas fontes sejam, em sua maioria, de meio físico, o transporte das informações se dá de forma física, que pode ser complexa e relativamente trabalhosa, pois o conjunto de

matérias-primas percorrerá diversos postos de trabalho antes de chegar ao processamento efetivo, podendo ser danificado.

Por fim, **Transportar as informações das pessoas estratégicas (líderes) para o grupo técnico por sentido/fluxo da não estabelecido e declarado** também se configura como uma perda por **Transporte** uma vez que a figura do coordenador ou gestor estratégico de uma dada função na gestão do projeto tem por responsabilidade articular uma série de informações relevantes e fundamentais ao andamento do projeto. O transporte destas informações aos interessados necessita de um fluxo claro, pré-determinado e comunicado a todos os envolvidos.

O **Processamento** pode vir a gerar perdas no escopo do projeto uma vez que esteja promovendo **Atividades e reuniões que não agregam valor ao produto ou sem propósitos claramente definidos**. Estas atividades demandam a mobilização dos envolvidos, paradas de trabalho e outras interrupções as quais supostamente deveriam adicionar informações relevantes ao andamento do trabalho, tais como: datas chave, informações de natureza especial ou estratégica que ao fim dos encontros oriente os envolvidos em suas atribuições, destaque para metas e prazos, avaliação de gargalos, dentre outras. Caso estas reuniões e atividades não estejam contribuindo de forma objetiva, uma perda por processamento pode estar ocorrendo.

Grupo com pouco domínio técnico para responder "como o produto será obtido?" pode ser caracterizado como uma perda por **Processamento** uma vez que este grupo não esteja apto a definir o escopo do projeto, o qual é a resposta para a pergunta de como o produto será obtido.

Outra forma de geração de perdas por **Processamento** está contida na utilização de um **Mecanismo de gestão muito complexo ou excesso de mecanismos**. Tal complexidade pode gerar um processamento pouco eficiente e não objetivo com pouca agregação de valor ao projeto e conseqüentemente ao produto.

Registrar informações em mais de uma base de dados pela ausência de uma base central pode gerar perdas por **Processamento** devido à possibilidade de se executar ações que não agreguem valor ao produto de entrega.

As perdas por **Movimentos** no escopo do projeto não diferem das perdas por movimento no escopo do produto e foram descritas no subcapítulo anterior. Soma-se a elas a **Movimentação desnecessária do pessoal do grupo técnico**, que pode gerar perdas em função de todas as atividades e rotinas necessárias às definições do escopo do projeto.

A geração de perdas por **Defeitos**, no escopo do projeto, pode acontecer uma vez que se entregue a declaração de trabalho com **Definições equivocadas, sub-dimensionadas ou super-dimensionadas dos elementos da declaração**. A exemplo cita-se a definição equivocada dos times de especialistas necessários ou da estratégia de condução do projeto, das premissas básicas, restrições e limitações, dos custos envolvidos ou mesmo da liderança determinada. Todo este conjunto de aspectos define se haverá uma boa prática de gestão do projeto ou se haverá percalços durante o andamento do projeto. É na declaração de trabalho que a gestão do projeto do produto efetivamente inicia suas atividades.

Relativo, ainda, às perdas por **Defeitos**, a **Definição dos Componentes do escopo do projeto (SNOW) não balanceados, como exemplo: carga de trabalho versus número de engenheiros** pode configurar defeito uma vez que se esteja determinando na entrega do documento de trabalho (SNOW) a quantidade de recursos necessários para suportar a demanda esperada e entregar um conjunto de informações técnicas com requisitos mínimos de qualidade assegurados. Estes requisitos também devem ser entregues em um período pré-estabelecido. Uma vez que este balanceamento não esteja sendo considerado em proporcionalidade ao intento referido, torna-se passível da ocorrência de falhas em algum dos pontos acima levantados.

O **Processamento de informações imprecisas ou de baixa qualidade com o uso de artifícios de suposição** denota uma perda por Defeito uma vez que exista um processamento que irá gerar um produto de má qualidade. O uso de artifícios de suposições, neste caso, tem como objetivo complementar os espaços deixados pelas informações faltantes ou não precisas. Caso sejam não precisas, estes artifícios têm como objetivo agregar uma certeza às informações que estão sendo tratadas.

Relativo às perdas pelo **Desperdício da criatividade dos funcionários, Não utilizar as experiências prévias de outros projetos** é passível de ocorrer não permitindo que o uso das

experiências prévias de projetos venha a auxiliar principalmente no que concerne aos problemas e erros enfrentados em episódios passados.

Não priorizar a utilização dos membros habilitados nas disciplinas de gerenciamento de projetos também pode ser caracterizado como uma perda pelo **Desperdício da criatividade dos funcionários** uma vez que habilidades importantes na gestão do projeto não estejam sendo colocadas à disposição em uma fase na qual são muito requeridas.

Finalizando esta sessão apresenta-se o Quadro 7 com as perdas relacionadas.

5.1.3 Perdas Relacionadas à Identificação dos Requisitos dos Clientes do Produto

A subfase de identificação dos requisitos dos clientes objetiva, conforme já descrito, a listagem dos requisitos nas diversas dimensões do produto: funcional, de fatores humanos, de confiabilidade, de propriedades físicas ou químicas ou mesmo de ciclo de vida, portanto a entrega desta fase é da lista de requisitos mapeados.

A **Superprodução** nesta subfase pode advir do **Excesso de requisitos listados**, ou seja, uma quantidade muito maior do que a necessária de variáveis que deverão ser controladas nos passos futuros do projeto. Supondo que o projeto do produto, em grande parte, busque o uso de plataformas já existentes, mapear um elevado número de requisitos e conseqüentemente um grande conjunto de variáveis torna-se pouco produtivo, não agregando valor ao produto, uma vez que seja muito provável que uma parte destas variáveis já tenha sido mapeada e já sejam componentes da plataforma existente. Neste ponto ocorre a observação dos especialistas no que se refere ao excesso de requisitos, que não configura necessariamente uma superprodução, uma vez que devam ser consideradas todas as possibilidades, sob a pena de não sinalizar um requisito crítico.

			Definição escopo do projeto	
			Descrição	Causas
Processo (matéria-prima)	Superprodução	Fazer sem necessidade (antes ou demais)	<ul style="list-style-type: none"> » Definir excessivo número de objetivos; » Definir <i>Deliverables</i> desnecessários; » <i>Checklist</i> finalizado e aguardando processamento da definição do escopo do projeto; 	<ul style="list-style-type: none"> Não focalização/orientação do projeto para o escopo do produto; Ausência de análise aprofundada e objetiva do escopo do produto; Não observação e desvio do escopo do produto; Desbalanceamento da carga de trabalho do grupo técnico;
Operação (recurso)	Espera	Recursos esperando	Não avaliadas as perdas	
Processo (matéria-prima)	Transporte	Transporte da matéria-prima entre os recursos	<ul style="list-style-type: none"> » Transportar as informações por elevado número de meios físicos; » Transportar as informações das pessoas estratégicas (líderes) para o grupo técnico por sentido/fluxo da não estabelecido e declarado; 	<ul style="list-style-type: none"> Não orientação do <i>layout</i> físico das fontes de informação para o suprimento das necessidades do grupo de trabalho; Ausência ou ineficiência de uma gestão de comunicação de projeto;
Processo (matéria-prima)	Processamento	Fazer sem agregar valor	<ul style="list-style-type: none"> » Atividades e reuniões que não agregam valor ao produto ou sem propósitos claramente definidos; » Grupo com pouco domínio técnico para responder "como o produto será obtido?"; » Mecanismo de gestão muito complexo ou excesso de mecanismos; » Registrar informações em mais de uma base de dados - ausência de uma base central; » Excesso de tempo demandado para a montagem da declaração de escopo do projeto; 	<ul style="list-style-type: none"> Ausência de um planejamento das atividades de desenvolvimento do escopo do projeto; Ausência de uma gestão adequada de comunicação de projeto; Falta de treinamento, instrução ou domínio das habilidades de gestão de um projeto; Não mapeamento do fluxo de valor das atividades; Não existência de uma base central com material e formulários padrão de registro; Baixa experiência do grupo de projeto; Ausência de planejamento das atividades;
Processo (matéria-prima)	Estoque	WIP	Não avaliadas as perdas	
Operação (recurso)	Movimentos	Movimentação dos operadores no processamento	» Movimentação desnecessária do pessoal do grupo técnico;	» Separação (dispersão) física dos integrantes do grupo técnico;
Processo (matéria-prima)	Defeitos	Fazer errado	<ul style="list-style-type: none"> » Definições equivocadas, sub ou superdimensionadas dos elementos da Declaração do Escopo do Projeto - SNOW; » Componentes do escopo do projeto (SNOW) não balanceados; Ex: carga de trabalho X número de engenheiros; » Processar informações imprecisas ou de baixa qualidade - artifícios de suposição; 	<ul style="list-style-type: none"> Não conhecimento das restrições de estrutura para suprir o projeto; Uso de estimativas superficiais quanto a recursos e prazos; Ausência de análise de carga e demanda de trabalho X grupo técnico disponível para a execução no prazo definido; Não observação e desvio do escopo do produto; Ausência de revisão;
	Desperdício da criatividade dos funcionários	Falta de flexibilidade	» Não utilizar as experiências prévias de outros projetos;	<ul style="list-style-type: none"> Ausência ou não uso de base dados de inteligência de projetos passados; Ausência ou não uso de bases de dados com lições aprendidas;

Quadro 7: As perdas e suas causas na definição do escopo do projeto.

Perdas por **Transporte**, na subfase do desenvolvimento do produto, são passíveis de ocorrência uma vez que haja **Deslocamento excessivo de pessoal para procura ou levantamento de informações sobre tecnologias/produtos similares/produtos concorrentes/patentes não organizadas em uma base central para consulta**. Nesta subfase do projeto informacional pode ocorrer uma grande movimentação e levantamento de dados, em função das determinações dos requisitos do produto. Caso as bases com informações técnicas primárias, tais quais as informadas acima, não estejam unificadas e adequadamente indexadas, haverá necessariamente um deslocamento do pessoal técnico para procura e informação.

Para as perdas relacionadas ao **Processamento** das informações nesta subfase, **Aplicar elevado número de técnicas de conversão das necessidades dos clientes em requisitos técnicos** pode tornar-se uma fonte de desperdício de recursos. Isto porque a equipe de projeto estará trabalhando em atividades por vezes paralelas, para atingir um mesmo fim, o da visualização dos requisitos técnicos. Da mesma forma que se pode incorrer na perda pela abertura de mais de uma “frente” de trabalho. Neste contexto, outra fonte natural de perdas com potencial de ocorrência é a **Mobilização dos recursos em processamentos paralelos por meio de reuniões e encontros técnicos** para tratar dos mesmos problemas ou temas.

Relativo aos requisitos, nesta subfase do desenvolvimento do produto, pode-se afirmar que estão na sua forma bruta e sem maiores refinamentos técnicos. Portanto gerar perdas por **Processamento** também pode vir a ocorrer pelo **Excessivo tempo para mapeamento e identificação dos requisitos “brutos” do cliente**.

Na identificação dos requisitos do cliente perdas por **Movimentos**, as quais são os deslocamentos desnecessários dos trabalhadores, podem apresentar-se na **Movimentação excessiva ou não planejada de integrantes com novos participantes inexperientes no projeto**. Isto se deve ao fato de haver um deslocamento de uma equipe com conhecimento técnico da natureza do projeto para outro grupo que supostamente não detém a mesma experiência no andamento deste projeto, não havendo o domínio tanto das questões de gestão dos diversos aspectos deste projeto como das questões técnicas. Dessa forma

demandar-se-á um dado tempo de aprendizado para que se possibilite desenvolver as competências adequadas e aplicá-las em sua plenitude.

No campo das perdas por **Defeitos**, na subfase de identificação dos requisitos, os **Requisitos incorretos ou erroneamente ponderados** são uma fonte com um alto potencial de ocorrência e impacto. Efetivamente a subfase de identificação dos requisitos do cliente utiliza-se de forma bastante aprofundada das informações do escopo do produto. Porém é possível que haja equívocos nesta subfase uma vez que ocorram interpretações distorcidas dos estudos da fase de planejamento produzindo assim mapeamentos, tais como QFD, diagrama de Mudge ou outras matrizes de ponderação, com resultados distorcidos conduzindo naturalmente os esforços para requisitos não prioritários.

O Deslocamento desnecessário e adicional de pessoal para novo mapeamento dos requisitos dos clientes se caracteriza como perda por **Defeito** em função da não conformidade na definição dos requisitos do produto. Uma vez que os requisitos não tenham sido mapeados de forma correta ou confiável, pode haver a necessidade de uma nova movimentação de pessoal para novos levantamentos, retrabalho, gerando incremento nos custos e nos prazos do projeto.

Relativo às perdas pelo **Desperdício da criatividade dos funcionários**, é passível de ocorrência pelo **Não uso da sensibilidade criativa para perceber mudanças de tendência nos requisitos do produto**. Usualmente quando o grupo técnico envolvido no projeto detém certa experiência e conhecimento técnico, habilidades de percepção de tendências de mercado podem se desenvolver, sendo que o uso destas habilidades pode auxiliar no entendimento de uma mudança de comportamento ou tendência do mercado.

A **Não permissão do uso de novos métodos de identificação dos requisitos propostos pelo grupo** também pode configurar-se como **Desperdício da criatividade dos funcionários**, uma vez que haja a possibilidade de evolução nos métodos empregados pelo desenvolvimento de habilidades pelos integrantes que possam ser consideradas e adicionadas à metodologia empregada pela empresa. Esta possibilidade é importante no que se refere à experiência prévia do funcionário com a realidade de trabalho, associada a uma nova proposta de método. A união destas duas características pode complementar e realizar uma evolução robusta dos métodos empregados.

Finalizando esta sessão apresenta-se o Quadro 8 com as perdas relacionadas.

Identificar os requisitos dos clientes do produto			
			Descrição
			Causas
Processo (matéria-prima)	Superprodução	Fazer sem necessidade (antes ou demais)	» Listar elevado número de requisitos sobre as necessidades de: Desempenho funcional / Fatores humanos / Propriedades / Confiabilidade / Ciclo de vida / Recursos / Ambientais;
			Não observação e desvio do escopo do produto; Não conhecimento da aplicação do produto em campo; Não conhecimento do perfil de consumidor do produto;
Operação (recurso)	Espera	Recursos esperando	Não avaliadas as perdas
Processo (matéria-prima)	Transporte	Transporte da matéria-prima entre os recursos	» Deslocamento excessivo de pessoal para procura ou levantamento de informações sobre tecnologias/produtos similares/produtos concorrentes/patentes não organizadas em uma base central para consulta;
			Fontes de informação sobre tecnologias, produtos similares, produtos concorrentes/patentes não organizadas em uma base central para consulta;
Processo (matéria-prima)	Processamento	Fazer sem agregar valor	»Aplicar elevado número de técnicas de conversão das necessidades dos clientes em requisitos técnicos; »Mobilização dos recursos em processamentos paralelos de identificação por meio de reuniões e encontros técnicos; »Excessivo tempo para definir os requisitos "brutos" do cliente;
			Ausência de uma padronização dos procedimentos de trabalho; Ausência de uma gestão de comunicação adequada entre os envolvidos no projeto; Baixo domínio das técnicas de definição dos requisitos pelos integrantes do grupo gerando tempo de aprendizado; Conflitos de interpretação técnica devido a má qualidade das ferramentas utilizadas para converter os requisitos; Ausência de um planejamento e roteirização do processo de conversão dos requisitos;
Processo (matéria-prima)	Estoque	WIP	Não avaliadas as perdas
Operação (recurso)	Movimentos	Movimentação dos operadores no processamento	»Movimentação excessiva ou não planejada de integrantes com novos participantes inexperientes no projeto;
			»Realocações desnecessárias de pessoal para outros projetos ou assuntos de inferior importância; Ausência de uma gestão de comunicação adequada que informe o caminho das fontes e as fontes disponíveis;
Processo (matéria-prima)	Defeitos	Fazer errado	» Requisitos incorretos ou erroneamente ponderados;
			Não uso de ferramentas/técnicas de conversão adequadas como aplicação de estimativas pessoais; Ferramentas/técnicas de conversão não adequadas; Ferramentas/técnicas de conversão não corretamente utilizadas; Ausência de revisão dos resultados; Retrabalho de atividades anteriores para adequação e continuidade das atividades de projeto informacional;
	Desperdício da criatividade dos funcionários	Falta de flexibilidade	» Não usar a sensibilidade criativa para perceber mudanças de tendência nos requisitos; »Não permitir o uso de novos métodos de identificação dos requisitos propostos pelo grupo;
			Alta concentração dos esforços do grupo nas demandas operacionais requeridas pelo escopo de projeto - modelo mental de execução, muito operacional; Gestão enraizada em conceitos e técnicas antigas de identificação dos requisitos;

Quadro 8: As perdas e suas causas na identificação dos requisitos do produto.

5.1.4 Perdas Relacionadas à Definição das Especificações Meta do Produto

As especificações meta do produto são os requisitos do cliente com seus respectivos parâmetros numéricos. Estes parâmetros são acompanhados pelas suas respectivas unidades de engenharia (mm, kg) associadas às tolerâncias, se necessário.

As perdas por **Superprodução** nesta subfase podem configurar-se pela **Determinação de especificações meta para requisitos do produto não assinalados pelo cliente, pertencentes a plataformas de linha já existentes ou de pouca importância para o cliente.** As especificações meta devem orientar os esforços de engenharia no sentido de atingir efetivamente a entrega das necessidades do cliente, respeitando as restrições técnicas e tecnológicas envolvidas no processo. Portanto definir especificações meta para uma necessidade não mapeada de mercado é superproduzir. Da mesma forma que definir especificações técnicas já definidas anteriormente uma vez que sejam estas pertencentes a plataformas de linha ou atentar para requisitos de pouca importância tanto para o cliente quanto para a engenharia, também configuram ações de superprodução.

A **Ocorrência de várias frentes gerando os valores meta para cada requisito do produto** pode ser considerada uma **Superprodução** uma vez que se esteja utilizando mais de um grupo de recursos para produzir o mesmo produto de informações. A determinação “frentes” nesta perda configura o avanço nos desenvolvimentos por mais de um grupo de trabalho ou recurso.

Estar com o **Mapa dos requisitos brutos pronto e aguardando início das definições de especificações meta** configura uma perda por **Superprodução** uma vez que haja a necessidade de seu processamento porém o recurso esteja processando outra matéria-prima, pois todo o trabalho de engenharia posterior a esta subfase necessita de metas e de unidades de engenharia para que haja a condição de concepção, projeto, mensuração, avaliação dos espaços físicos, impactos nos custos alvo.

Pode haver a perda por **Espera** em função do **Grupo de trabalho parado aguardando resolução de conflito na condução das aprovações, reprovações ou opiniões dos gestores.** Indefinições de decisão, conflitos de interesse ou elevado tempo para aprovações de ações do grupo de trabalho, envolvendo a gestão do projeto, pode gerar esperas de natureza

impactante no decorrer do projeto uma vez que as determinações devem ser supostamente claras para que haja uma boa prática no desenvolvimento do produto.

Para que haja a transformação dos requisitos em metas, naturalmente deve haver o **Processamento** da matéria-prima a qual pode conter perdas. Neste processamento, caso exista o **Elevado tempo para definição e desdobramento dos requisitos técnicos do produto em metas técnicas** pode estar ocorrendo a existência de perdas em função da subjetividade envolvida nesta subfase de desdobramento, no projeto informacional, onde o processamento destes desdobramentos será mais extenso, possibilitando “operações em vazio”, ou seja, processamento de “ar”, conforme o jargão de chão de fábrica. Desdobramentos nesta subfase devem ser orientados e conduzidos para respostas quantitativas, diretas e de fácil interpretação.

Relativo às perdas por **Movimento**, esta subfase identifica a mesma fonte de perdas da subfase anterior: **Movimentação excessiva ou não planejada de integrantes com novos participantes inexperientes no projeto**, haja vista as duas subfases pertencerem à mesma fase de projeto informacional. Neste ponto ocorre a observação dos especialistas para a condição de perdas por movimento, enfatizando para a questão da conservação dos registros de projeto e comunicação em um nível que garanta a mínima perda conseqüente da movimentação de pessoas.

Por fim, referente às perdas por **Defeitos**, a **Definição de metas técnicas fora da faixa ideal** é a perda que impacta diretamente na seqüência de operações do projeto do produto. Metas técnicas fora da faixa ideal têm por significado a definição equivocada de quais valores atendem às necessidades do cliente do produto em desenvolvimento. Exemplificando, pode se ilustrar novamente as necessidades em relação à autonomia em serviço de uma máquina, para a qual, através dos desdobramentos, se identifica o valor de 200 ± 20 litros. Porém avaliando o escopo do produto como matéria-prima de entrada observa-se que a necessidade real está posicionada em 200 litros com tolerância mínima de 190 litros e máxima de 230 litros. A possibilidade de dimensionar o sistema de combustível a 180 litros existe e permite ao sistema como um todo evitar interferências de montagem entre tubos, mangueiras, suportes, dentre outros componentes, o que facilita o trabalho da engenharia. Porém o valor meta está 10 litros abaixo da necessidade real do consumidor.

Supõe-se que 10 litros não tenham um impacto na operação uma vez que o sistema todo contenha 180 litros. Entretanto, os 10 litros adicionais podem significar custos logísticos para deslocamento de uma fonte abastecedora de combustível até uma determinada área onde a máquina esteja operando, pois esta não consegue deslocar-se ao fim de seu turno sem combustível suplementar em função do planejamento operacional previsto para atingimento das metas diárias (ou de turno) ao qual foi concebido, sendo considerada uma série de outras variáveis atuantes no ambiente de serviço.

Finalizando esta sessão apresenta-se o Quadro 9 com as perdas relacionadas.

5.1.5 Perdas Relacionadas à Definição de Arquitetura, Ergonomia e Estética do Produto

A função da definição da arquitetura do produto é de estruturar o conjunto de sistemas que irão compor o produto, estes sistemas por sua vez são compostos de subsistemas e componentes. Para um dado produto, uma vez identificada sua missão e seus requisitos técnicos, existe uma gama de possibilidades para a realização da missão proposta. Portanto definir arquitetura significa escolher, para cada sistema, a proposta técnica existente, ou desenvolver uma nova, que melhor se ajuste a necessidade vigente. Na esteira da arquitetura, pode-se iniciar o trabalho com os fatores humanos associados ao produto e que se configuram basicamente em estética e ergonomia.

Gerar perdas por **Superprodução** na fase de projeto conceitual, de definição da arquitetura, ergonomia e estética do produto, pode ocorrer por **Definir sistemas de solução desnecessários ou duplicados, sem necessidade, para uma dada função “n” do produto**. Por exemplo, uma vez que o sistema de propulsão tenha sido definido como motor de combustão interna a diesel se parte para o refinamento do projeto analisando a melhor especificação de motor diesel, sua interface com os outros sistemas e todos os desdobramentos técnicos oriundos desta decisão. Superproduzir configura desenvolver outro sistema paralelo para atendimento de uma mesma demanda, como um sistema a álcool ou elétrico, que ao final do intento não será selecionado como solução ao produto, pois o motor diesel já teve sua aprovação no início do processo.

Ainda relacionado a perdas por **Superprodução**, o **Conjunto de especificações meta pronto e aguardando análise da engenharia para definir arquitetura, elementos de estética e ergonomia**, configura uma perda dessa natureza em função da matéria-prima estar aguardando seu processamento em frente ao posto de trabalho.

			Definir especificações meta do produto	
			Descrição	Causas
Processo (matéria-prima)	Superprodução	Fazer sem necessidade (antes ou demais)	» Determinar especificações meta para os requisitos do produto não assinalados pelo cliente, pertencentes a plataformas de linha já existentes ou de pouca importância para o cliente;	Não observação e seguimento do escopo do produto; Não observação das plataformas vigentes e disponíveis (já desenvolvidas); Não utilização dos resultados de ponderações para avaliar prioridades no desenvolvimento;
Operação (recurso)	Espera	Recursos esperando	» Grupo de trabalho parado aguardando resolução de conflito na condução das aprovações, reprovações ou opiniões dos gestores ;	Ausência de gestão de comunicação entre os envolvidos no projeto; Não observação e desvio das determinações do escopo de projeto;
Processo (matéria-prima)	Transporte	Transporte da matéria-prima entre os recursos	Não avaliadas as perdas	
Processo (matéria-prima)	Processamento	Fazer sem agregar valor	Elevado tempo para definição e desdobramento dos requisitos técnicos do produto em metas técnicas;	» Aplicação de técnicas muito subjetivas, não orientadas a leitura direta das metas quantitativas - números ; Baixo domínio das técnicas de definição dos requisitos pelos integrantes do grupo requerendo tempo de aprendizado;
Processo (matéria-prima)	Estoque	WIP	Não avaliadas as perdas	
Operação (recurso)	Movimentos	Movimentação dos operadores no processamento	» Movimentação excessiva ou não planejada de integrantes com novos participantes inexperientes no projeto;	» Realocações desnecessárias de pessoal para outros projetos ou assuntos de inferior importância;
Processo (matéria-prima)	Defeitos	Fazer errado	» Definição de metas técnicas fora da faixa ideal - faixas muito largas ou muito estreitas;	Não observação e desvio do escopo do produto; Não observação e desvio dos requisitos técnicos; Não conhecimento da aplicação do produto em campo; Não conhecimento do perfil de consumidor do produto; Não observação das plataformas vigentes e disponíveis (já desenvolvidas);
	Desperdício da criatividade dos funcionários	Falta de flexibilidade	Não avaliadas as perdas	

Quadro 9: As perdas e suas causas na definição das especificações meta do produto.

Relativo às perdas por **Transporte**, estas podem ser visualizadas pelo **Transporte desnecessário de informações de definição da arquitetura/estética e ergonomia em função de estarem disponíveis em diversas fontes de informação que não estão concentradas ou orientadas a informação do grupo**. Esta subfase do desenvolvimento do produto gera a orientação não somente dos trabalhos técnicos de engenharia visando ao atendimento dos requisitos meta, mas também às inserções de inovação passíveis de serem aplicadas no campo da estética buscando o atendimento do aspecto de interação do produto com a percepção de estilo do consumidor. Da mesma forma, as questões de ergonomia vêm à discussão, pois se referem a padrões pré-estabelecidos de adequação ao fator humano. Dentre estes padrões inserem-se também as variáveis relacionadas à segurança e uso do produto.

Sendo a demanda nesta subfase não somente oriunda dos requisitos técnicos, pode-se deparar com a questão de localizar os materiais informacionais necessários à execução das demais ações relativas à estética e segurança. Caso estes materiais não estejam depositados nos repositórios adequados a sua consulta, pode haver esforços e deslocamentos desnecessários de procura ou mesmo da criação de novas áreas paralelas para depósito de informações, as quais conseqüentemente irão orientar o fluxo de informações por diversos outros meios antes que sejam transformadas pelo processamento.

Para perdas relacionadas ao **Processamento**, a existência de **Etapas de discussão técnica e reuniões excessivas ou pouco orientadas ao desdobramento do Escopo do Produto nas funções principais (arquitetura), na percepção visual do produto (estética) e nos itens e normas de segurança e conforto na operação (ergonomia)** não agrega valor ao produto, pois o processamento deve ser orientado para a execução de operações que efetivamente transformem a matéria-prima ou venham a suportar a transformação dessa matéria-prima. O dimensionamento da quantidade de encontros para a definição dos objetivos orienta os esforços ao resultado a ser atingido, não permitindo a extensão dos encontros por períodos demasiadamente longos e que venham a comprometer os prazos “globais” do projeto.

Outra possível fonte de perdas por superprodução está em **Subdividir o produto em um número maior de sistemas do que o necessário agregando complexidade**

desnecessária. Analisando a arquitetura de um produto é possível identificar as “fronteiras” entre os sistemas componentes deste produto, sistema motor, sistema transmissão, sistema elétrica/eletrônica embarcada, sistema suspensão, dentre tantos outros. Quando as “fronteiras” não são definidas com clareza, elementos de um sistema podem ser considerados na estrutura de outro sistema por convenção do projetista ou engenheiro, ou mesmo novos sistemas venham a ser criados para cumprirem a missão de comunicar os sistemas principais uns com os outros. A possibilidade de criação de sistemas auxiliares pode tender a gerar grandes quantidades de trabalho se não houver uma estrutura de arquitetura pré-definida como norma geral de conduta no desenvolvimento do produto. De outra forma a geração de novos sistemas torna-se pouco controlada e conduz a uma superprodução de novos conceitos, desenhos de peças e instalações, cadastro de componentes, adição de novos registros em manuais técnicos e todas as outras ações conseqüentes desta produção excessiva.

Perdas por **Movimento** são passíveis de ocorrer quando existirem **Elevado número de deslocamentos para esclarecimentos e alinhamentos técnicos devido à ausência de especialistas nos fundamentos básicos do produto.** O projeto conceitual traz consigo uma elevada complexidade no que se refere à condição crítica dos assuntos relacionados. A exemplo, podem ser consideradas as questões de ergonomia. Caso não haja uma atuação robusta neste sentido, as conseqüências no uso, pelo consumidor, podem ser funestas, podendo gerar em algum momento ações legais de reparação de danos. Para que situações como esta sejam cobertas os desenvolvedores do projeto conceitual necessitam estar solidamente fundamentados nas disciplinas envolvidas. Caso não haja estas habilidades dedicadas ao grupo de desenvolvimento, será necessário o deslocamento de pessoal às fontes que possam dirimir as dúvidas, sejam estas fontes materiais ou pessoas especialistas nos assuntos.

Perdas por **Defeitos** podem ser identificadas nesta subfase do projeto pela construção de **Soluções de arquitetura equivocadas, subdimensionadas ou não desejadas pelo cliente.** Configura-se um defeito a definição equivocada das soluções de arquitetura quando esta tenha sido sinalizada no escopo do produto, ou pertencente à plataforma tecnológica existente, a qual servirá de base para o novo produto. A alteração na arquitetura que não atenda, ao menos, uma destas duas restrições corre o risco de confrontar-se

negativamente com as expectativas do cliente além de trazer esforços adicionais ao time de projeto para adequar as interfaces dos outros sistemas (soluções), a nova solução que se está sendo inserida.

O **Projeto ergonômico fora das normas e convenções ou de complexa produção** caracteriza-se também como uma perda por **Defeitos** no momento em que as ações conceituais não prevejam as indicações normativas de conforto, operação e segurança. Mesmo que o projeto tenha características ergonômicas diferenciadas e inovadoras deve ainda assim obedecer às normas estabelecidas. Caso contrário, o trabalho deverá ser refeito, novos encontros e rodadas técnicas serão necessários, gerando perdas no prazo do projeto, nos custos do projeto e possíveis impactos na motivação do grupo de trabalho. Da mesma forma, haverá retrabalho por produto defeituoso uma vez que as definições de ergonomia, como formas e espaços estejam dentro das normas, porém inviabilizam a execução técnica do projeto ou da fabricação devido a sua complexidade, necessitando de rearranjos nos sistemas ou de aplicação de tecnologias altamente dispendiosas, para sua fabricação, impactando em última instância nos custos do produto.

As perdas por defeitos podem ser materializadas em um **Projeto estético, cores e formas não alinhadas com as necessidades do Escopo do Produto**. A desarmonia na falta de análise do escopo do produto para averiguação das expectativas do cliente quanto a estas formas e cores, as quais devem estar alinhadas com a percepção do cliente e com os valores de marca do produto, pode gerar retrabalhos. Quaisquer definições pouco embasadas, neste prisma do projeto conceitual, gerarão retrabalho uma vez que as cores e formas de um produto configuram a primeira dimensão de contato do cliente com o produto.

O projeto conceitual demanda naturalmente de intervenções multifuncionais na sua execução, uma vez que tem por responsabilidade a entrega dos desdobramentos do projeto informacional associados a todas as demais dimensões do produto. Sendo assim o projeto conceitual torna-se um ambiente fértil para a produção de idéias que, alinhadas as restrições de projeto e de produto, possam vir a diferenciar o produto no mercado. Devido à natureza rígida das análises da fase de planejamento e de projeto informacional, propõe-se nesta fase um comportamento de avaliação e geração de documentos e registros que efetivamente irão suportar o próprio projeto conceitual e o projeto detalhado. Por outro lado o projeto

conceitual permite uma fluidez das idéias de inovação e de diferenciação, desde que estas estejam em harmonia com o escopo do produto.

A perda pelo **Desperdício da criatividade dos funcionários** pode configurar-se nesta subfase, caso haja um rigor excessivo na condução das ações que definirão a arquitetura, ergonomia e estética do produto **Não contribuir com novas idéias e inovações latentes**. Dentre as quatro fases selecionadas para este trabalho, a fase de projeto conceitual pode ser considerada a etapa em que a condição de criação latente nos profissionais de projeto pode ser colocada em prática em sua forma mais direta. O projeto conceitual respeita as definições das especificações meta do produto e a partir dessas restrições permite um campo interessante e ao mesmo tempo controlado para o desenvolvimento de novas idéias, sistemas funcionais, estética, ergonomia ou mesmo estilo.

O incentivo ao uso da criatividade dos colaboradores, nesta fase, é de grande importância, uma vez que os mesmos podem vir a trazer novidades de mercado, tendências futuras e mesmo inovações técnicas ou tecnológicas. A não permissão do uso desta criatividade latente pode acarretar conformismos com a situação e com os problemas vigentes e por consequência impactar na motivação da equipe de trabalho. A condição humana de busca pela melhor condição em uma dada situação não é ausente nas questões de projeto do produto, ao contrário, determina de forma muito impactante o andamento do projeto, haja vista um projeto de produto conter em sua natureza a característica de criação, de melhorar algo já existente ou mesmo revolucionar os conceitos vigentes.

Finalizando esta sessão apresenta-se o Quadro 10 com as perdas relacionadas.

Definir arquitetura, ergonomia e estética do produto				
		Descrição	Causas	
Processo (matéria-prima)	Superprodução	Fazer sem necessidade (antes ou demais)	<p>» Definir sistemas de solução desnecessários ou duplicados, sem necessidade, para uma dada função "n" do produto;</p> <p>» Conjunto de especificações meta pronto e aguardando definição de arquitetura, estética e ergonomia;</p>	<p>Não aplicação do princípio de <i>set based concurrent engineering</i> ou princípio similar de orientação à arquitetura final;</p> <p>Desbalanceamento da carga de trabalho entre o pessoal de engenharia;</p>
Operação (recurso)	Espera	Recursos esperando	Não avaliadas as perdas	
Processo (matéria-prima)	Transporte	Transporte da matéria-prima entre os recursos	» Transporte desnecessário de informações de definição da arquitetura/estética e ergonomia em função de estarem disponíveis em diversas fontes de informação que não estão concentradas ou orientadas a informação do grupo;	Bases de dados distantes fisicamente do ambiente de projetos;
Processo (matéria-prima)	Processamento	Fazer sem agregar valor	<p>» Reuniões excessivas ou pouco orientadas para o desdobramento do Escopo do Produto nas funções principais - Arquitetura, na percepção visual do produto - estética e nos itens e normas de segurança e conforto na operação - Ergonomia;</p> <p>» Subdividir o produto em um número maior de sistemas do que o necessário agregando complexidade;</p>	<p>Ausência de comunicação sobre os objetivos e prazos ao grupo de trabalho;</p> <p>Ausência de planejamento de reuniões com objetivos finais a cada encontro;</p> <p>Falta de domínio técnico pelos desenvolvedores;</p> <p>Falta de observação e desvio dos processos de definição da arquitetura padrão do produto ;</p>
Processo (matéria-prima)	Estoque	WIP	Não avaliadas as perdas	
Operação (recurso)	Movimentos	Movimentação dos operadores no processamento	» Elevado número de deslocamentos para esclarecimentos e alinhamentos técnicos devido a ausência de especialistas nos fundamentos básicos do produto;	<p>Não existência de um arranjo físico que privilegie a integração dos envolvidos no projeto;</p> <p>Ausência de planejamento de comunicação e integração do grupo;</p>
Processo (matéria-prima)	Defeitos	Fazer errado	<p>» Soluções equivocadas, subdimensionadas ou não desejadas pelo cliente;</p> <p>» Projeto ergonômico fora das normas e convenções ou de complexa produção;</p> <p>» Elementos de estética, cores e formas não alinhados com as necessidades do Escopo do Produto;</p> <p>» Definições equivocadas sobre o conceito em relação a, normas e legislações vigentes para a arquitetura, ergonomia e estética do produto;</p>	<p>Não seguimento ou observação do escopo do produto e dos requisitos meta do produto;</p> <p>Domínio técnico inadequado sobre as restrições normativas vigentes;</p> <p>Ausência de uma base de dados que oriente e comunique as normas aplicadas às necessidades de definição de conceito;</p> <p>Domínio técnico inadequado sobre as restrições normativas vigentes;</p> <p>Não observação das relações de causa e consequência no desenvolvimento do conceito em relação às normas de ergonomia (espaço físico e segurança) e estética do produto (espaço físico);</p>
	Desperdício da criatividade dos funcionários	Falta de flexibilidade	» Não contribuir com novas idéias e inovações latentes;	<p>Cultura de auto suficiência dos gestores de projeto e produto;</p> <p>» Não permissão para que funcionários e desenvolvedores tragam novas idéias e inovações latentes;</p>

Quadro 10: As perdas e suas causas na definição da arquitetura, estética e ergonomia do produto.

5.1.6 Perdas Relacionadas à Criação, Reutilização, Procura e Codificação de SSC's

A criação, reutilização procura e codificação de SSC's (Sistemas, Subsistemas e Componentes) é a primeira subfase tratada neste trabalho a qual está inserida na fase de projeto detalhado. Efetivamente esta é a fase de ação e responsabilidade direta de um departamento de engenharia.

Perdas por **Superprodução** podem advir nesta subfase da ação de **Gerar sistemas, subsistemas ou componentes em duplicidade, com códigos diferentes, havendo o mesmo já desenvolvido**. Ou seja, durante a concepção dos componentes, seus subsistemas ou sistemas, pelo desenho convencional ou pela modelagem em CAD, o projetista pode não vir a avaliar a possibilidade da existência de um componente similar ou idêntico que já exista nas plataformas técnicas liberadas para a produção. Em função do desconhecimento desta informação, é procedido, pelo engenheiro ou projetista, o desenvolvimento de todo o material documental necessário a criação do novo SSC, gerando uma produção desnecessária que impacta não somente no desenho e identificação do novo SSC. Os efeitos também podem impactar nas conduções do desenvolvimento nas áreas de compras, operações logísticas e caso o SSC seja fornecido pela cadeia de suprimentos, até em questões de controle fiscal envolvendo a área financeira.

Outra perda por **Superprodução** consiste em **Gerar componentes em duplicidade desenvolvendo-os na cadeia de suprimentos, havendo o mesmo no mercado e já atendendo às especificações demandadas**. Uma vez que se desenvolva um componente sem a análise externa, corre-se o risco de negligenciar a possibilidade da existência deste componente no mercado. A possibilidade de aquisição de um componente que atenda às demandas técnicas definidas pela engenharia, no mercado, reduz os custos e o tempo do desenvolvimento.

Por fim, relativo às perdas por **Superprodução**, pode-se configurar a perda pelo **SSC estar aguardando recurso para sua criação/reutilização/procura ou codificação**. Em ambientes dedicados a projetos exclusivos, o recurso (engenheiro, projetista, desenhista) pode estar atendendo a outras demandas do mesmo projeto ou a equipe de projetos pode estar subdimensionada para as atividades técnicas, gerando assim esperas de matéria-prima

(informações) ao longo da “linha de produção”, neste caso o processo de desenvolvimento do produto. Estas esperas podem dar-se também pelo desbalanceamento dos recursos do projeto, ocasionando acúmulos em determinadas áreas e ociosidade em outras.

As perdas por **Transporte** podem ocorrer por **Transportar desnecessariamente documentos e informações devido às bases de dados físicas (repositório de desenhos e normas) estarem fora do ambiente de projeto**. Isso porque durante todo o processo de desenvolvimento do produto ocorrerão consultas e requisições de material adicional de engenharia para orientação e referência técnica. Quando um engenheiro se desloca até um determinado departamento, distante de sua área, para consulta, esta perda pode configurar-se como perda por movimento. Porém, quando este engenheiro se desloca repetidas vezes, por longos trajetos, para requisitar desenhos, croquis, prospectos de toda a natureza, manuais, normas e todo o tipo de documento necessário ao andamento de seu trabalho, estão também ocorrendo perdas por transporte de matéria-prima.

As perdas por **Processamento** podem ser identificadas pelo **Elevado tempo para gerar código de SSC**. Os códigos de SSC’s usualmente caracterizam-se por conjuntos de números ou por composições alfanuméricas. O objetivo destas codificações está em identificar a natureza do componente, se é uma peça, um conjunto ou um sistema e também a natureza de sua fabricação: peça usinada, peça soldada, conjunto soldado, conjunto montado, dentre outros processos de fabricação. Esta lógica de identificação objetiva facilitar o reconhecimento, caracterização e custeio do SSC. Uma vez que seja construído o código de uma dada peça, este código provavelmente deverá ser registrado para fins de registro de engenharia, rastreabilidade, desenvolvimento na cadeia de suprimento, estrutura do produto, operações logísticas e operações fiscais. Em alguns casos o registro é único, em apenas uma base de informações, e desta base todas as outras áreas interessadas recebem o registro. Porém este registro pode ser segmentado, demandando do engenheiro que sejam acessadas diversas bases de dados para o registro de uma mesma peça. Este trabalho em repetição gera perdas em tempo e ocupação do recurso. A questão da perda torna-se mais impactante ainda quando os registros são de grandes números de novos SSC’s, o que é usual em um projeto de engenharia de grande porte.

Outra perda por **Processamento** está na questão dos **Tempos e prioridades não claramente definidos**. Cada recurso do projeto, engenheiro, projetista, desenhista ou técnico, caracteriza-se por recurso uma vez que seja responsável pela transformação da matéria-prima (informação) em uma entrega técnica. Caso haja desvios de prioridade nas ações de projeto, por arbitragem dos próprios profissionais ou por diretrizes emergenciais, pode haver um processamento não orientado ao objetivo fim do recurso no projeto. Sendo cada fase de projeto ligada diretamente à demanda necessária a conclusão desta fase, estar o recurso processando outras demandas futuras ou de baixa prioridade para o momento confere a característica de um processamento “em vazio”, pois não há uma agregação direta de valor ao produto naquele momento.

Outra fonte de perdas durante o **Processamento** está na **Falta de periodicidade nas reuniões técnicas para orientação e condução das atividades de engenharia durante o projeto**. Projetos de engenharia que organizam grandes grupos de trabalho com processos e operações complexos demandam naturalmente de orientações permanentes. As reuniões técnicas devem fazer parte do processamento do projeto tanto quanto a produção de um desenho ou de uma requisição de testes de engenharia, pois ditam o “ritmo” do projeto. Ditar o “ritmo” significa conduzir o grupo de trabalho à harmonia entre todas as partes envolvidas, onde as equipes possam entender os tempos demandados pelas outras equipes e ajustam-se para que haja a integração dos trabalhos e das entregas. Além de auxiliar no balanceamento da produção o ritmo desempenha um papel de integração entre os envolvidos, gerando uma percepção de equipe. Neste ponto, observações de especialistas questionaram o conceito de periodicidade e relacionando-o ao plano de projeto, todavia a idéia de periodicidade em reuniões, conforme acima descrito, está no que concerne ao ritmo de projeto, tal qual o ritmo de produção em uma ambiente de manufatura.

A **Elevada quantidade de material físico (desenhos, relatórios e normas)** configura-se uma perda por **Estoque** de informações que poderiam estar em padrões digitais, tais como CAD, caso o ambiente de engenharia seja baseado neste processo de projeto. A não existência de uma estrutura de inventário digital com catálogos de itens padronizados e famílias de itens similares gera perdas em função do tempo demandado na procura ou na modelagem 3D destes componentes.

O **Não uso de plataformas comuns de sistemas, gerando inventário de projeto** também se configura uma perda por **Estoque** uma vez que possibilite a livre construção de inventários locais para suprir demandas pontuais de engenheiros ou de grupos de projeto. A existência de pequenos inventários locais gera perdas em função da “pulverização” da informação e da não garantia de que todos sejam conhecedores dos conteúdos de cada inventário.

As perdas por **Movimentos**, nas ações de criação, reutilização, procura e codificação de SSC's podem estar relacionadas com a evidência de **Elevada ou excessiva movimentação de pessoal devido aos grupos de projeto, engenheiros e técnicos estarem trabalhando muito distantes fisicamente uns dos outros**. Este fator, diretamente relacionado ao arranjo físico dos departamentos de projeto, pode por vezes implicar em problemas de comunicação e na necessidade de deslocamentos excessivos dos profissionais para que se desenvolvam as discussões técnicas e conseqüentemente se alinhem as ações.

Outra natureza de perda por **Movimento** configura-se pelo **Movimento excessivo ou desnecessário de pessoal devido às bases de dados digitais não conectadas a todas as estações de projeto, sendo apenas de consulta em alguns terminais**. Da mesma forma que as bases físicas de dados, caso as bases digitais não estejam disponíveis a todos os profissionais de projeto, haverá deslocamentos para obtenção das informações necessárias ao desenvolvimento do projeto.

Relativo às perdas por **Defeitos**, podem estas ocorrer com o **Desenvolvimento de conceitos e modelos 3D que não estejam alinhados com as demandas técnicas**. Sendo a reutilização, procura e codificação de SSC's, o primeiro conjunto de ações em um projeto detalhado, a definição equivocada das soluções pode configurar-se como uma perda por defeito, pois dessa forma a conseqüência será uma entrega técnica de modelos 3D aos quais não irão atender à demanda requerida pela arquitetura do produto.

O **Erro de duplicidade de códigos de engenharia** também se configura como uma perda por **Defeito** haja vista que uma vez que sejam liberados dois SSC's com códigos iguais, haverá em algum ponto do processo de desenvolvimento do produto o conflito destes componentes, seja na estrutura do produto, seja na compra destes. No caso de duplicidade

confirmada dos códigos, não há alternativa para correção que não seja pelo retrabalho e todo e qualquer retrabalho sempre se configura como uma perda.

Por fim o **Uso de códigos fora das séries e padrões determinados** pode ser dado como uma perda por **Defeito**. Entende-se aqui um código fora da série ou padrão determinado quando existem normas e procedimentos de engenharia para a utilização e determinação dos códigos de SSC, porém não estão sendo obedecidas estas diretrizes, sendo arbitrados os códigos pelos próprios profissionais de projeto. Importante salientar que usualmente estas normas estão em acordo com as normas de qualidade globais.

Relativo às perdas pelo **Desperdício da criatividade dos funcionários, Não registrar sugestões técnicas ou de montagem de mecânicos e pessoal operacional** pode trazer perdas no que se refere à possibilidade de melhorias no desenvolvimento do projeto pelo ponto de vista dos envolvidos diretamente com as situações operacionais de montagem ou fabricação. Nem todas as variáveis podem ser controladas dentro do ambiente de um projeto e as sugestões externas podem auxiliar nestas questões.

Finalizando esta sessão apresenta-se o Quadro 11 com as perdas relacionadas.

5.1.7 Perdas Relacionadas ao Cálculo, Desenho, Especificações de Tolerâncias e Integração de SSC's

O cálculo, desenho, especificação de tolerâncias e integração de SSC's ocorre após a definição conceitual dos modelos dos componentes, subsistemas ou sistemas. O cálculo tem importante papel quando o conceito tem responsabilidade estrutural, ou seja, este sistema ou subsistema esteja sob solicitação, ou quando as dimensões deste modelo devam ser ajustadas às restrições espaciais existentes. Sendo assim o cálculo das solicitações com diferentes materiais ou alternâncias de geometrias pode auxiliar na composição ótima dos sistemas e subsistemas.

			Criar, reutilizar, procurar e codificar SSCs	
			Descrição	Causas
Processo (matéria-prima)	Superprodução	Fazer sem necessidade (antes ou demais)	<p>»Gerar SSC's em duplicidade, com códigos diferentes, havendo o mesmo já desenvolvido;</p> <p>»Gerar componentes em duplicidade desenvolvendo-os na cadeia de suprimentos, havendo o mesmo no mercado e já atendendo às especificações demandadas;</p> <p>»SSC aguardando recurso para sua criação/reutilização/procura ou codificação;</p>	<p>Ausência de uma base informativa de famílias de produtos correntes;</p> <p>Ausência de um mecanismo de busca de itens similares;</p> <p>Baixo domínio ou experiência técnica do desenvolvedor;</p> <p>Ausência de comunicação e informação de famílias de componentes passíveis de serem encontradas no mercado;</p> <p>Baixo domínio ou experiência técnica do desenvolvedor;</p> <p>Desbalanceamento da carga de trabalho entre o pessoal de engenharia;</p>
Operação (recurso)	Espera	Recursos esperando	Não avaliadas as perdas	
Processo (matéria-prima)	Transporte	Transporte da matéria-prima entre os recursos	» Transportar desnecessariamente documentos e informações devido a bases de dados físicas (repositório de desenhos e normas) estar fora do ambiente de projeto;	Bases de dados distantes fisicamente do ambiente de projetos;
Processo (matéria-prima)	Processamento	Fazer sem agregar valor	<p>»Elevado tempo para gerar código de SSC;</p> <p>»Tempos e prioridades não claramente definidos;</p> <p>»Falta de periodicidade nas reuniões técnicas para orientação e condução das atividades de engenharia durante o projeto;</p>	<p>»Processo de codificação composto de muitas etapas e registros em diversos sistemas;</p> <p>Ausência de um planejamento de prioridades pelos gestores de projeto;</p> <p>Ausência de planejamento de comunicação e integração do grupo;</p>
Processo (matéria-prima)	Estoque	WIP	<p>»Elevada quantidade de material físico (desenhos, relatórios e normas);</p> <p>»Não uso de plataformas comuns de sistemas gerando inventário de projeto;</p>	<p>»Baixo inventário de famílias de SSC's, catálogos em CAD e material digitalizado;</p> <p>Ausência de orientação ou padronização dos modelos de SSC em CAD;</p> <p>Ausência de uma estrutura padrão de plataformas de projeto;</p>
Operação (recurso)	Movimentos	Movimentação dos operadores no processamento	<p>»Elevada ou excessiva movimentação de pessoal devido aos grupos de projeto, engenheiros e técnicos estarem trabalhando muito distantes fisicamente uns dos outros;</p> <p>»Movimento excessivo ou desnecessário de pessoal devido as bases de dados digitais não conectadas a todas as estações de projeto, sendo apenas de consulta em alguns terminais;</p>	<p>Não existência de um arranjo físico que privilegie a integração dos envolvidos no projeto;</p> <p>Não existência de um arranjo físico que aproxime as fontes de dados dos envolvidos no projeto;</p>
Processo (matéria-prima)	Defeitos	Fazer errado	<p>» Desenvolvimento de conceitos e modelos 3D de SSC's que não estejam alinhados com as demandas técnicas;</p> <p>»Erro de duplicidade de códigos de engenharia;</p> <p>»Uso de códigos fora das séries e padrões determinadas;</p>	<p>Não observação e seguimento dos requisitos meta e da arquitetura do produto;</p> <p>Processo de geração de códigos de engenharia permitindo saída de códigos em duplicidade;</p> <p>Baixo domínio técnico ou desconhecimento das normas de geração de SSC's</p> <p>Processo de geração de códigos de engenharia permitindo saída de códigos diferentes dos padrões;</p>
	Desperdício da criatividade dos funcionários	Falta de flexibilidade	»Não registrar sugestões técnicas ou de montagem de mecânicos e pessoal operacional;	Cultura de auto suficiência dos engenheiros e projetistas;

Quadro 11: As perdas e suas causas na criação, reuso, procura e codificação dos SSC's.

O desenho confere o registro técnico das atividades de engenharia. No que tange ao cálculo, as dimensões apontadas em desenho são resultado de um dimensionamento prévio e que, possivelmente, se utilizou de cálculos estruturais, de fadiga, segurança, dentre outros.

Após a determinação das dimensões do componente, devem ser observadas suas tolerâncias dimensionais e geométricas. As tolerâncias dimensionais delimitam as possibilidades de variação de uma dimensão, especificada no desenho (dimensão nominal), para a fabricação e montagem do componente. As tolerâncias geométricas são conferidas ao desenho quando se necessita de um controle das variações de forma que as tolerâncias dimensionais não podem garantir. Portanto sucedem à especificação das tolerâncias dimensionais. As variações de forma terão impacto profundo na qualidade da montagem dos subsistemas e sistemas, aos quais são os últimos passos nesta subfase do projeto detalhado.

Perdas por **Superprodução**, nesta subfase do projeto detalhado, podem configurar-se primeiramente pela produção de **Desenhos com excessivo número de folhas**. Tanto para componentes, subsistemas e sistemas, todas as informações necessárias a sua fabricação ou montagem devem estar inseridas no desenho. O desenho tem o papel de síntese de toda a elaboração técnica, porém a adição excessiva de informações e o aumento do número de folhas, para desenhos de engenharia, pode se caracterizar como uma perda uma vez que haja dimensões, tolerâncias, notas informativas e vistas dos SSC's em maior quantidade do que a necessária para o entendimento e atendimento de todos os requisitos solicitados pela engenharia.

Memórias de cálculo com cálculos e dimensionamentos não requisitados ou irrelevantes, podem ser identificadas como **Superprodução** uma vez que tenham sido processadas em excesso. Este processo em excesso pode configurar-se pelo cálculo de um componente de pouca responsabilidade funcional, o cálculo de um componente conhecidamente aplicado em projetos anteriores com histórico de bom atendimento às solicitações em serviço ou com o cálculo de variáveis não relevantes ao dimensionamento em função da solicitação que se está analisando.

Outra forma de **Superprodução** está na adição em **Excesso de tolerâncias dimensionais e geométricas para os SSC's**. O excesso de tolerâncias de controle dimensional e geométrico gera superprodução quando um menor número destas tolerâncias, apontadas no desenho, pode desempenhar o papel de controle dimensional e de forma da peça ou do sistema com plena garantia de que funcionalmente o SSC irá atender a missão conferida.

Além de superproduzir tolerâncias, estão sendo superproduzidos os controles e ferramentas nos processos de fabricação para o atendimento destas tolerâncias.

Ocorre **Superprodução** também quando o **SSC está aguardando recurso para seu cálculo, desenho, especificação de tolerâncias e integração de SSC's**, em função da existência de um não balanceamento dos recursos, engenheiros e projetistas, com a carga de trabalho demandada, o que se caracteriza por Superprodução.

Gerar SSC's em diferentes padrões de desenho ou códigos de engenharia - engenharia de multi sites configura-se como uma perda por **Superprodução** uma vez que exista a possibilidade de haver a padronização dos formatos de desenhos e códigos, porém se mantenha esta prática.

Dimensionar excessivamente os SSC's em função dos altos parâmetros críticos, por fim, também se caracteriza por **Superprodução**, pois está se fazendo a mais do que o necessário para a demanda. Dimensionamento excessivo pode ocorrer quando não há uma análise apurada, seja por cálculo das dimensões ótimas para o atendimento da solicitação a que o componente irá ser submetido ou por análise computacional, gerando-se assim estimativas de compensações de segurança nas variáveis dimensionais do componente. Onde não ocorrer a prática de engenharia pode ocorrer a prática da compensação dimensional em projeto.

A perda por **Espera** pode advir **da Espera dos engenheiros e técnicos por cálculos, desenhos, especificações ou integrações de SSC's de serviços de engenharia terceiro**. Quando existe a demanda de um serviço externo existe a possibilidade de que ocorra uma necessidade interna pela entrega do serviço contratado e esta não ocorra por restrições no processo de produção deste contratado.

Relativo às perdas por Transporte, **Transportar desnecessariamente documentos e informações devido a bases de dados físicas (repositório de desenhos e normas) estarem fora do ambiente de projeto e Transportar desnecessariamente documentos e informações devido as bases de dados digitais não estar conectadas a todos os sites envolvidos no projeto** contém as mesmas características descritas na sessão anterior 5.3.6.

O uso de um **Número desnecessário de elementos de fixação entre os subsistemas e componentes (parafusos, pinos, solda)** pode adicionar perdas pelo **Processamento** uma vez que seja executada a montagem de subsistemas (conjuntos) ou sistemas (instalações) com um excessivo número de elementos de fixação, tais como parafusos, pinos, soldas, fixadores especiais, dentre outros. Para cada elemento de fixação adicionado ao conjunto ou à instalação, deve-se levar em conta a necessidade de projetar nos componentes, que irão ser fixados, posições para esta montagem. Em duas chapas aparafusadas, por exemplo, as mesmas devem conter furos para que possa haver o aparafusamento. Caso seja o aparafusamento ideal por dois pontos, são quatro operações de usinagem nas duas chapas. Caso não haja o dimensionamento correto da quantidade de elementos de fixação necessário e sejam arbitrados quatro pontos de fixação, serão conseqüentemente oito furos a serem usinados nas duas chapas, ocasionando um custo de usinagem desnecessário ao conjunto montado.

Da mesma forma, pode se configurar **Utilizar material desnecessariamente robusto com o uso de materiais de alto custo para aplicações de pouca solicitação ou responsabilidade**. Trata-se de uma perda por **Processamento** uma vez que o processamento do projeto do componente esteja considerando compensações de segurança através do uso de materiais mais nobres do que os usuais visando suplantar a análise estrutural para um ótimo dimensionamento do componente

A orientação para o **Trabalho com arquitetura de poucos subsistemas, visando enxugar a estrutura, porém integrando muitos componentes diretamente nos sistemas, gerando excesso de trabalho**, configura uma perda por **Processamento** no projeto do produto uma vez que as fronteiras entre os sistemas (instalações) componentes do produto não estejam claramente definidas. Quando componentes do sistema motor, por exemplo, são unidos em projeto aos componentes do sistema de transmissão gerando um único sistema de motor/transmissão, todo o conjunto de SSC's será regido por este novo sistema.

Para projetos de engenharia, sistemas de elevado tamanho geram excessiva complexidade tanto em projeto quanto em estrutura de materiais (*Bill of Materials*). Da mesma forma, uma hierarquia de montagem deve ser estabelecida e obedecida, no que tange à estrutura do produto. Um grupo de componentes gera um subsistema, um grupo de

subsistemas gera um sistema e por fim, um grupo de sistemas gera o produto. Esta hierarquia construtiva quando não obedecida, onde componentes e subsistemas juntos geram sistemas ou produtos finais, leva a dificuldades no controle de projeto, geração de lista de materiais, análise de problemas de campo, além de exigir um processamento excessivo pela engenharia durante a concepção de um novo produto.

A **Duplicação de documentos de engenharia idênticos (desenhos e relatórios)** é uma perda por **Estoque** uma vez que se esteja adicionando ao sistema um inventário desnecessário de materiais aos quais irão requerer deste mesmo sistema os controles necessários que em uma última análise impactará em custos de administração.

Referente às perdas por **Movimentos**, a principal fonte está na **Elevada ou excessiva movimentação de pessoal devido aos grupos de projeto, engenheiros e técnicos estarem trabalhando muito distantes fisicamente uns dos outros**, a qual é descrita no subcapítulo anterior.

As perdas por **Defeitos** no cálculo, desenho especificação de tolerâncias e integração dos SSC's podem ser identificadas primeiramente pelo **Subdimensionamento dos SSC's**. Subdimensionar significa estabelecer dimensões físicas ou de especificação de materiais aquém da demanda que um SSC irá sofrer em serviço. Partindo do ponto que os sistemas atendem às funções integrantes da arquitetura e sobre eles ocorrem solicitações em serviço, o subdimensionamento em qualquer nível da arquitetura pode vir a trazer o colapso de todo o sistema e conseqüentemente do produto. A responsabilidade de um componente, em um sistema crítico, é tão importante quanto a responsabilidade do próprio sistema, haja vista a força de todo o conjunto estar limitada pela força do elemento mais fraco deste conjunto.

Outra perda por **Defeito** pode ocorrer quando a entrega técnica da engenharia, o desenho, não oferecer todas as condições de leitura, interpretação, fabricação ou montagem do SSC, ou seja, **Desenhos com poucas informações e detalhamentos**. Os desenhos de SSC são a base para os processos construtivos tanto destes SSC's quanto dos sistemas de produção necessários a sua fabricação.

Desenhos com poucas informações e detalhamentos configuram desenhos que possivelmente não venham a conter as vistas básicas de um componente, suas dimensões

ou tolerâncias dimensionais, tolerâncias geométricas, notas de material, notas de processo de fabricação, indicativo de acabamento de superfície, lista de revisões e alterações de engenharia, dentre outros pontos que venham a ser considerados relevantes à fabricação do SSC.

Tolerâncias dimensionais e geométricas muito amplas ou muito restritivas são **Defeitos** uma vez que possibilitam na montagem de um subsistema ou sistema a ocorrência, ou não, de folgas. A necessidade da folga na montagem de um conjunto de componentes se dá pela natureza do serviço deste conjunto (subsistema/sistema). Sistemas dinâmicos usualmente necessitam mais de folgas do que sistemas rígidos. A definição das tolerâncias está baseada em grande parte na relação peça/contra-peça montadas e em como se dará o comportamento deste conjunto em serviço.

Cálculos resultantes de premissas equivocadas devido a simplificações configuram-se perdas por **Defeitos** uma vez que as premissas e simplificações não concorram para resultados confiáveis, gerando conseqüentemente dimensionamentos baseados em cálculos pouco robustos.

Relativo às perdas pelo **Desperdício da criatividade dos funcionários, Não registrar sugestões técnicas ou de montagem de mecânicos e pessoal operacional**, configura-se nesta sessão as mesmas características da sessão 5.3.6.

Finalizando esta sessão apresenta-se o Quadro 12 com as perdas relacionadas.

5.1.8 Perdas Relacionadas à Finalização de Desenhos e Documentos

A finalização de desenhos e documentos compreende o processo natural de elaboração de documentação de engenharia. Com este processo, os elementos finais da entrega técnica de engenharia serão considerados bem como o refino das informações relevantes a fabricação, montagem e qualidade do produto. A finalização de desenhos e documentos está direta e estreitamente relacionada com o subcapítulo anterior e é função das ações de cálculo, desenho, especificações de tolerância e integração das SSC's.

			Calcular, desenhar, especificar tolerâncias e integrar os SSC's	
			Descrição	Causas
Processo (matéria-prima)	Superprodução	Fazer sem necessidade (antes ou demais)	<ul style="list-style-type: none"> » Desenhos com excessivo número de folhas; » Memória de cálculo com cálculos e dimensionamentos não requisitados ou irrelevantes; » Excesso de tolerâncias dimensionais e geométricas para os SSC's; » SSC aguardando recurso para seu cálculo, desenho, especificação de tolerâncias e integração de SSC's; » Gerar SSC's em diferentes padrões de desenho ou códigos de engenharia - engenharia de multi sites ; » Dimensionar excessivamente pelos altos parâmetros críticos; 	<ul style="list-style-type: none"> Ausência de definição ou treinamento nos procedimentos padrão de detalhamento 2D; Ausência de definição ou treinamento nos procedimentos padrão de cálculo; Baixo domínio técnico sobre as principais variáveis a serem calculadas em cada tipo de SSC; Baixo domínio técnico sobre as principais variáveis geométricas a serem controladas no sistema ou subsistema montado; Desbalanceamento da carga de trabalho entre o pessoal de engenharia; Ausência de definição ou treinamento em procedimentos padrão de detalhamento 2D; Parâmetros críticos excessivamente elevados;
Operação (recurso)	Espera	Recursos esperando	<ul style="list-style-type: none"> » Espera dos engenheiros e técnicos por cálculos, desenhos, especificações ou integrações de SSC's de serviços de engenharia terceiros; 	<ul style="list-style-type: none"> Não definição de um planejamento de demandas e cronograma de entregas, em contrato, com equipes terceirizadas;
Processo (matéria-prima)	Transporte	Transporte da matéria-prima entre os recursos	<ul style="list-style-type: none"> » Transportar desnecessariamente documentos e informações devido a bases de dados físicas (repositório de desenhos e normas) estar fora do ambiente de projeto; » Transportar desnecessariamente documentos e informações devido a bases de dados digitais não estar conectadas a todos os sites envolvidos no projeto; 	<ul style="list-style-type: none"> Bases de dados distantes fisicamente do ambiente de projetos; Bases de dados digitais não conectadas ou rem arranjo de rede;
Processo (matéria-prima)	Processamento	Fazer sem agregar valor	<ul style="list-style-type: none"> » Utilizar desnecessária quantidade de elementos de fixação entre os subsistemas e componentes - parafusos, pinos, soldas; » Utilizar material desnecessariamente robusto dos componentes ou de alto custo para aplicações de pouca solicitação ou responsabilidade; » Trabalhar com arquitetura de poucos subsistemas, porém integrando muitos componentes diretamente nos sistemas, gerando excesso de trabalho; 	<ul style="list-style-type: none"> Ausência de cálculo de esforços e solicitações nos pontos de contato; Ausência de análise de simulação computacional; Ausência de análise de esforços e solicitações com materiais adequados; Ausência de análise de simulação computacional; Não orientação ao projeto por módulos; Baixa divisão do produto em Sistemas (módulos);
Processo (matéria-prima)	Estoque	WIP	<ul style="list-style-type: none"> » Duplicação de documentos de engenharia idênticos (desenhos e relatórios); 	<ul style="list-style-type: none"> Ausência de padrão de armazenagem de dados/gestão eletrônica de documentos
Operação (recurso)	Movimentos	Movimentação dos operadores no processamento	<ul style="list-style-type: none"> » Elevada ou excessiva movimentação de pessoal devido aos grupos de projeto, engenheiros e técnicos estarem trabalhando muito distantes fisicamente uns dos outros; 	<ul style="list-style-type: none"> Não existência de um arranjo físico que privilegie a integração dos envolvidos no projeto;
Processo (matéria-prima)	Defeitos	Fazer errado	<ul style="list-style-type: none"> » Subdimensionamento dos SSC's; » Desenhos com poucas informações e detalhamentos; » Tolerâncias dimensionais e geométricas muito "amplas" ou muito "restritivas"; » Cálculos resultantes de premissas equivocadas devido a simplificações; 	<ul style="list-style-type: none"> Análises de cálculos e simulações não confiáveis; Ausência de definição ou treinamento nos procedimentos padrão de detalhamento 2D; Baixo domínio técnico dos sistemas montados e suas interrelações de componentes, tipos de movimentos e esforços submetidos e missões; Baixo domínio técnico das variáveis e esforços envolvidos no serviço a que o SSC é submetido;
	Desperdício da criatividade dos funcionários	Falta de flexibilidade	<ul style="list-style-type: none"> » Não registrar sugestões técnicas ou de montagem de mecânicos e pessoal operacional; 	<ul style="list-style-type: none"> Cultura de auto suficiência dos engenheiros e projetistas;

Quadro 12: As perdas e suas causas no cálculo, desenho, tolerâncias e integração de SSC's.

Uma das naturezas de Perdas por **Superprodução** nesta subfase pode ser resultante do **Detalhamento de itens simétricos** no desenho. Detalhar componentes simétricos em desenho demanda uma produção maior do que a necessária uma vez que a simetria quando informada por notas explicativas, no desenho, atinge o mesmo objetivo. Tendo como base um componente ou subsistema do lado direito, por exemplo, é possível estimar as

dimensões do seu par simétrico pertencente ao lado esquerdo e proceder com a fabricação do mesmo.

O **Detalhamento individual de itens padronizados** também configura uma **Superprodução**, uma vez que se compreenda a natureza desses itens. Itens padronizados são famílias de componentes que contêm as mesmas características de função, material, forma, porém variam na dimensão devido à natureza da aplicação. Como exemplo pode-se citar uma família de parafusos que detêm as mesmas características dimensionais: parafuso métrico sextavado de 10mm (M10 x 1,25); Classe de resistência: SAE 5; Acabamento de superfície: zinco; Corpo: rosca total; Rosca: normal UNC; Comprimento: “variável”.

Na especificação anteriormente descrita todas as características são padronizadas exceto o comprimento que varia conforme a necessidade na montagem dos elementos que irão ser conectados. Neste caso pode-se adotar um padrão informativo que não requeira a repetição do detalhamento do componente toda a vez que um novo comprimento de parafuso for demandado.

Detalhar o projeto com o **Uso de elevado número de vistas nos desenhos** denota uma **Superprodução** uma vez que um número menor de vistas possa fornecer as mesmas informações ao consultante. A adição de uma quantidade excessiva de vistas no desenho demanda tempo e esforço do projetista sem efetivamente agregar valor ao projeto, pois se está trabalhando na redundância informativa. Da mesma forma o **Uso de elevado número de cotas no detalhamento de desenho** também é uma superprodução, pois está sendo gerada uma redundância de informações.

Por fim o **SSC (requisito técnico) aguardando recurso para sua finalização** configura uma perda por **Superprodução** em função da existência de matéria-prima (informação) em frente ao posto de trabalho aguardando para ser processada. Esta informação pode ter sido produzida antes do que o necessário, o que configura uma Superprodução.

As perdas relativas à **Espera, Transporte, Estoque, Movimentos e Desperdício da criatividade dos funcionários** para esta sessão são as mesmas descritas na sessão 5.3.7.

No que se refere à perda por **Processamento**, um **Elevado tempo e complexidade para liberar oficialmente documentos de engenharia (desenhos e relatórios oficiais)** pode

ocorrer no processo. Uma vez que os documentos de engenharia estejam finalizados, se procede com a sua liberação para outros departamentos como compras ou manufatura. Os processos envolvidos nesta liberação têm usualmente a missão de registrar e comunicar a todos os interessados em que nível (protótipo ou produção) um dado SSC está sendo liberado, bem como a sua emissão de alteração (quais mudanças que ao longo do tempo este SSC foi submetido).

Perdas por **Defeito** podem ser identificadas quando se constata a existência de **Desenhos e documentos não finalizados ou incompletos, carentes de informações**. Em qualquer situação que o documento de engenharia não esteja fornecendo todas as informações necessárias a sua construção ou instalação, a entrega técnica pode ser considerada defeituosa e gerará retrabalho para a sua correção.

A **Estrutura de produto com SSC's faltantes ou duplicados** é uma perda por **Defeito** em função da não liberação da estrutura do produto na condição satisfatória de requisição de componentes e montagem do produto. A ausência de um componente confere a impossibilidade de montar o produto enquanto que a duplicidade gera um custo adicional a esta estrutura de produto.

Finalizando esta sessão apresenta-se o Quadro 13 com as perdas relacionadas.

5.1.9 Perdas Relacionadas à Construção de Protótipos

A construção de protótipos tem por objetivo a avaliação da capacidade do produto em atender a missão para o qual foi projetado. Este processo é resultante da natureza do produto e da estratégia de engenharia para considerar tal produto apto a desempenhar a sua missão. Com o advento da modelagem virtual, popularmente conhecida por "3D", as perdas e os custos na fabricação de unidades protótipo obtiveram reduções uma vez que os modelos 3D podem ser de simples análise de interferências até uma análise funcional por meio de sistemas de mecanismos ou avaliação estrutural pela aplicação de malhas de elementos finitos. Mas, mesmo com a análise virtual, a análise física ainda é requerida. O contato do produto com o ambiente simulado (testes acelerados), ou real (testes de vida) ainda é necessário, em muitos casos, às validações e aprovações finais de produto.

			Finalizar desenhos e documentos	
			Descrição	Causas
Processo (matéria-prima)	Superprodução	Fazer sem necessidade (antes ou demais)	<ul style="list-style-type: none"> » Detalhamento de itens simétricos; » Detalhamento individual de itens padrão; » Uso de elevado número de vistas nos desenhos; » Uso de elevado número de cotas no detalhamento 2D ; » SSC (requisito técnico) aguardando recurso para sua finalização; 	<p>Ausência de definição ou treinamento nos procedimentos padrão de detalhamento 2D;</p> <p>Desbalanceamento da carga de trabalho entre o pessoal de engenharia;</p>
Operação (recurso)	Espera	Recursos esperando	<ul style="list-style-type: none"> » Espera dos engenheiros e técnicos por finalizações de desenhos de serviços de engenharia terceiros; 	<p>Não definição de um planejamento de demandas e cronograma de entregas, em contrato, com equipes terceirizadas;</p>
Processo (matéria-prima)	Transporte	Transporte da matéria-prima entre os recursos	<ul style="list-style-type: none"> » Transportar desnecessariamente documentos e informações devido a bases de dados físicas (repositório de desenhos e normas) estar fora do ambiente de projeto; » Transportar desnecessariamente documentos e informações devido as bases de dados digitais não estar conectadas a todos os sites envolvidos no projeto; 	<p>Bases de dados distantes fisicamente do ambiente de projetos;</p> <p>Bases de dados digitais não conectadas ou rem arranjo de rede;</p>
Processo (matéria-prima)	Processamento	Fazer sem agregar valor	<ul style="list-style-type: none"> » Elevado tempo e complexidade para liberar oficialmente documentos de engenharia (desenhos e relatórios oficiais); 	<p>Excessivo número, complexidade ou lentidão de sistemas de base de informação no processo de arquivamento ou liberação de documentos de engenharia;</p> <p>Não mapeamento de um processo enxuto de tratamento da documentação de engenharia;</p>
Processo (matéria-prima)	Estoque	WIP	<ul style="list-style-type: none"> » Duplicação de documentos de engenharia idênticos (desenhos e relatórios); 	<p>Ausência de padrão de armazenagem de dados/gestão eletrônica de documentos</p>
Operação (recurso)	Movimentos	Movimentação dos operadores no processamento	<ul style="list-style-type: none"> » Elevada ou excessiva movimentação de pessoal devido aos grupos de projeto, engenheiros e técnicos estarem trabalhando muito distantes fisicamente uns dos outros; » Movimento excessivo ou desnecessário de pessoal devido as bases de dados digitais não conectadas a todas as estações de projeto, sendo apenas de consulta em alguns terminais; 	<p>Não existência de um arranjo físico que privilegie a integração dos envolvidos no projeto;</p> <p>Não existência de um arranjo físico que aproxime as fontes de dados dos envolvidos no projeto;</p>
Processo (matéria-prima)	Defeitos	Fazer errado	<ul style="list-style-type: none"> » Desenhos e documentos não finalizados ou incompletos, carência de informações; » Estrutura de produto com SSC's faltantes ou duplicados; 	<p>Ausência de definição ou treinamento nos procedimentos padrão de detalhamento 2D;</p> <p>Ausência de procedimentos de conferência e revisão de desenhos;</p> <p>Sistema de geração e armazenamento de estrutura do produto elevadamente dependente de <i>input</i> humano (erro);</p> <p>Ausência de procedimentos de conferência e revisão da estrutura do produto;</p>
	Desperdício da criatividade dos funcionários	Falta de flexibilidade	<ul style="list-style-type: none"> » Não registrar sugestões técnicas ou de montagem de mecânicos e pessoal operacional; 	<p>Cultura de auto suficiência dos engenheiros e projetistas;</p>

Quadro 13: As perdas e suas causas na finalização de desenhos e documentos.

A primeira natureza de perdas, a **Superprodução**, na fabricação de protótipos é identificada na **Construção de um desnecessário número de protótipos**. Perdas ocorrem

neste processo uma vez que não se tenha estimado em um planejamento prévio o que se deseja testar, quais as variáveis que se deseja fazer uma leitura e em qual grau de confiabilidade. A construção de protótipo usualmente é dispendiosa uma vez que os componentes não estão em produção de larga escala, requerendo processos especiais de prototipagem em fabricantes especializados para estas atividades.

Ainda por Superprodução se tem os **Desenhos e documentos de SSC's prontos e aguardando a construção de protótipos funcionais**. Estando todo o material de projeto em condições documentais e considerando, no processo de desenvolvimento do produto, que o próximo passo seja o da construção dos protótipos, qualquer interrupção neste fluxo pode ser considerada uma superprodução, pois a matéria-prima não está sendo transformada dos desenhos (informações), em peças protótipo. As razões podem ser as mais variadas, desde a carência de recursos internos para a fabricação (oficinas de protótipo) até a indisponibilidade externa de fabricação (fornecedores), em todos os casos pode haver como causa o desbalanceamento dos grupos de trabalho. A decisão de fabricar internamente ou externamente uma determinada peça protótipo é função da capacidade e domínio da tecnologia construtiva. Caso não haja uma condição interna favorável, pressupõe-se que os protótipos serão construídos por fabricantes externos a organização.

Deslocar protótipos similares devido à fabricação em lugares diferentes por fornecedores de SSC's diferentes configura uma perda por **Transporte**, pois gera um deslocamento desnecessário dos materiais, desde a emissão de desenhos em diversas cópias para mais de um fabricante até a entrega das peças protótipo, as quais serão oriundas de mais de um fornecedor. A concentração da fabricação de peças da mesma família em um número reduzido de fornecedores reduz os custos operacionais destas operações desde as emissões de documentos da engenharia até o recebimento das peças.

O **Elevado tempo demandado para requerer um SSC protótipo** pode gerar perdas no **Processamento** uma vez que se possa estabelecer um processo de requisição de protótipos mais simples e enxuto tanto no que se refere à solicitação quanto ao controle de custos de projeto para o orçamento dedicado a esta fase.

Protótipos subutilizados ou desnecessários geram perdas por **Estoque** haja vista excederem o necessário no que tange à matéria-prima de trabalho. São subutilizados os

protótipos quando sua construção é requerida, porém este SSC não é testado, medido ou avaliado na totalidade de suas possibilidades. Protótipos têm por objetivos trazer respostas aos desenvolvedores quanto ao refinamento do projeto, se o projeto está satisfatório ou não. Sendo assim quando o protótipo não é utilizado para obtenção de respostas está sendo gerada uma perda e adicionando-se inventário ao projeto.

Uma vez que seja iniciado o processo de fabricação de protótipos, sejam estas peças requisitadas para ensaios especiais ou para montagem de sistemas, a existência de **Movimento desnecessário de pessoal para armazenamento ou coleta devido aos distantes pontos de concentração das peças protótipo** configura uma perda por **Movimento**, pois demanda o deslocamento desnecessário dos trabalhadores aos pontos onde estão estocadas as peças protótipo, para retirada das mesmas em função da necessidade de montagem. Diversos pontos de armazenamento dificultam, além disso, o controle de estoque da peça, e no caso de um protótipo o sensível controle da emissão de projeto desta peça. As emissões de peças protótipo registram a evolução técnica deste SSC.

O **Movimento desnecessário de pessoal devido à construção dos protótipos distante dos desenvolvedores - engenharia** pode trazer perdas por **Movimentos** em função de que as montagens de protótipo são ações complexas e requerem análise direta dos envolvidos no projeto. Caso a ação de construção não esteja sendo executada em um ambiente de engenharia ou próximo deste, possivelmente ocorrerão deslocamentos de pessoal para supervisão e acompanhamento destas ações de montagem.

Perdas por **Defeito** ocorrem quando os **Protótipos não estão conforme arquitetura definida**, ou seja, não atenderam as especificações previstas nos desenhos dos SSC's. Outras perdas por **Defeito** podem ser originadas por **Protótipos incompletos de sistemas ou construídos com subsistemas e componentes não previstos no projeto**, desde que estes protótipos sejam conduzidos a testes de engenharia nesta configuração.

Durante todo o desenvolvimento do produto ocorre um processo construtivo de refinamento dos componentes, subsistemas e sistemas, até a condição considerada aceitável para o projeto. Para que haja o refinamento do projeto um dado componente, por exemplo, pode ser projetado e alterado diversas vezes ao longo do tempo. Estas alterações são a "memória" da vida deste componente e da sua evolução e auxiliam o controle e

rastreabilidade da vida deste componente. Suas alterações são identificadas por códigos de emissões que estão relacionados com as mudanças executadas nestas peças. As emissões estão usualmente dispostas em tabelas informativas no próprio desenho do SSC.

Outra perda por **Defeito** está na **Construção de SSC's protótipo em emissões diferentes da emissão solicitada**, pois tal emissão requerida pode conter uma característica dimensional, geométrica ou de material que necessite ser testada ou avaliada pelo engenheiro.

Não registrar sugestões técnicas ou de montagem construtores, montadores dos protótipos pode se configurar como uma perda por **Desperdício da criatividade dos funcionários**, uma vez que as ações de montagem de protótipos trazem consigo a possibilidade de observar melhorias latentes nos SSC's. Nas atividades de montagem os executores, usualmente mecânicos e técnicos experimentados, defrontam-se com situações de ajustes, regulagens, mudanças de geometria e outras possibilidades não observadas pelos projetistas e engenheiros no ambiente de projeto. Este processo de engenharia reversa pode auxiliar o projeto de forma muito sólida, uma vez que seja possível a troca de informações com os construtores.

Finalizando esta sessão apresenta-se o Quadro 14 com as perdas relacionadas.

5.1.10 Perdas relacionadas a Testes e Homologações de Produtos

Os testes e homologações de produto têm por função a validação da funcionalidade do projeto desenvolvido. Podem estes ser, dentre uma infinidade de outros, acelerados, de vida, destrutivos ou não destrutivos. Em linhas simplificadas um teste pode monitorar diversas variáveis e metodologicamente entrega aos requisitantes deste teste a informação sobre o desempenho do produto através de um elemento de saída, a variável de resposta. Quando o teste é planejado, se estabelecem procedimentos, métodos e mecanismos que façam a leitura desta variável em uma condição pré-estabelecida, para assim avaliar se o componente, subsistema ou sistema está em condições de atender a missão que se propõe a cumprir.

			Construção de Protótipos	
			Descrição	Causas
Processo (matéria-prima)	Superprodução	Fazer sem necessidade (antes ou demais)	<p>» Construir desnecessário número de protótipos;</p> <p>» Desenhos e documentos de SSC's prontos e aguardando a construção de protótipos funcionais;</p>	<p>Ausência de comunicação das necessidade de protótipo;</p> <p>Ausência de um programa definido e planejado de testes;</p> <p>Desbalanceamento dos grupos de trabalho;</p>
Operação (recurso)	Espera	Recursos esperando	Não avaliadas as perdas	
Processo (matéria-prima)	Transporte	Transporte da matéria-prima entre os recursos	» Deslocar protótipos similares devido a fabricação em lugares diferentes por fornecedores de SSC's diferentes;	<p>Ausência de uma definição das fontes de concentração em poucas fontes fornecimento para controle dos protótipos;</p> <p>Decisões arbitradas das fontes de fornecimento;</p> <p>Falta de comunicação entre engenharia e compradores de protótipos;</p>
Processo (matéria-prima)	Processamento	Fazer sem agregar valor	» Elevado tempo demandado para requerer um SSC protótipo;	<p>Processo de requisição de SSC's protótipo complexo com diversos campos de preenchimento e fluxo extenso de aprovação de compra;</p> <p>Não mapeamento do fluxo de valor para definição de um processo enxuto;</p>
Processo (matéria-prima)	Estoque	WIP	» Protótipos ou componentes do protótipo subutilizados ou desnecessários;	<p>Ausência de comunicação das necessidade de protótipo;</p> <p>Ausência de um programa definido e planejado de testes;</p>
Operação (recurso)	Movimentos	Movimentação dos operadores no processamento	<p>» Movimento desnecessário de pessoal para armazenamento ou coleta devido aos distantes pontos de concentração das peças protótipo;</p> <p>» Movimento desnecessário de pessoal devido a construção dos protótipos distante dos desenvolvedores- engenharia;</p>	<p>Ausência de um ponto (armazém) central de estoque e controle de protótipos;</p> <p>Não avaliação da possibilidade de fabricação interna ou em fornecedores mais próximos do setor de desenvolvimento;</p>
Processo (matéria-prima)	Defeitos	Fazer errado	<p>» Protótipos não obedecendo a arquitetura definida;</p> <p>» Protótipos incompletos de sistemas ou construídos com subsistemas e componentes não previstos no projeto;</p> <p>» Construção de SSC's protótipo em emissões diferentes da emissão solicitada;</p>	<p>Não atendimento da estrutura definida no projeto (arquitetura e estrutura do produto);</p> <p>Não atendimento da estrutura definida no projeto (arquitetura e estrutura do produto);</p> <p>Não controle das emissões requeridas versus as emissões fabricadas;</p>
	Desperdício da criatividade dos funcionários	Falta de flexibilidade	» Não registrar sugestões técnicas ou de montagem construtores/ montadores dos protótipos;	Cultura de auto suficiência dos engenheiros e projetistas;

Quadro 14: As perdas e suas causas na construção de protótipos.

Perdas por **Superprodução** nesta subfase do projeto do produto podem ser encontradas na **Construção de estruturas (bancadas) de teste de laboratório superdimensionadas**. Uma bancada de teste tem por função executar testes acelerados que venham a entregar as variáveis de resposta em um tempo menor do que os testes de vida.

Estas estruturas são construídas ou adquiridas usualmente para um fim específico. Quando os testes são fundamentais à qualidade do produto, pois têm exigência legal ou de mercado, tais bancadas são mantidas permanentemente na estrutura de um laboratório. Porém, em outros casos, os testes são especiais, pontuais e específicos. Nesta natureza de teste, estruturar bancadas demasiadamente robustas e duradouras, com as mesmas características das permanentes pode ser considerado uma superprodução, pois após o teste esta bancada estará sem uma função prevista para o uso.

Testar um número excessivo de amostras de sistemas, subsistemas ou componentes para teste também configura uma perda por **Superprodução** uma vez que com um menor número de amostras a variável de resposta possa ser medida mantendo-se o mesmo nível de confiabilidade. Em função de um número de amostras excessivo, serão emitidas ordens de fabricação para um número muito maior de SSC's do que o necessário, conseqüentemente haverá um maior volume de operações em toda a cadeia de desenvolvimento do produto envolvida para o atendimento desta demanda.

Nas perdas por **Superprodução** ainda pode ocorrer a atividade de **Controlar um número excessivo e desnecessário de parâmetros para teste**. Uma vez que seja requisitado o teste para leitura de um parâmetro (variável) ou vários parâmetros (variáveis), executar o teste realizando medições não inerentes às requisições de teste é uma característica de superprodução.

Após ou durante os testes, de campo ou laboratório, uma série de documentos podem estar envolvidos no processo de controle e registro. **Preencher um número excessivo de documentos, formulários e relatórios de teste** pode ser considerado uma **Superprodução** quando excedem o necessário à informação e registro, fazendo-se executar diversas entradas de informação tanto física como digital quando poucos ou um único arquivo poderia sintetizar toda a proposta de teste, seu andamento e seus resultados.

A **Bancada pronta e sem protótipo para testar** ou **Equipe pronta e sem protótipo para testar** configuram perdas por **Espera** uma vez que o recurso esteja aguardando pelos protótipos ou documentos de teste. Neste caso tanto o protótipo quanto as requisições de teste são interpretados como matérias-primas necessárias ao processamento destes testes.

Referente às perdas por **Transporte**, o **Deslocamento de protótipos para testes de laboratório ou de vida em lugares desnecessariamente distantes** gera demandas logísticas desnecessárias para os materiais e informações uma vez que haja a capacidade de execução interna. A execução de testes fora dos laboratórios internos exige a administração de uma logística de materiais e informações para os executores dos testes e usualmente faz-se necessária quando exista a necessidade de homologação do produto junto a organizações governamentais de controle. Caso não haja esta natureza de demanda ou alguma natureza similar, toda esta administração, a qual envolve a mobilização de recursos, custos e tempo para que seja passível de ser feita, estará incorrendo em perdas por transporte.

O **Fluxo de Informações, resultados e percepções de campo seguindo diversos roteiros não mapeados até os interessados de engenharia** podem gerar perdas por **Transporte** uma vez que estas informações de testes sejam transferidas por diversos meios antes de chegarem aos interessados diretos, neste caso os envolvidos no projeto. Não havendo um canal direto de transmissão dos dados relevantes de campo para a engenharia a informação pode ser transportada por quaisquer formas, não sendo garantida sua integridade e conservação até o receptor da engenharia.

As requisições de testes, conforme descrito acima, são oriundas da necessidade da engenharia do produto de averiguar a capacidade de um dado SSC cumprir com a missão para o qual foi projetado. Quando **Testes de parâmetros não solicitados nas requisições** são processados e conseqüentemente são emitidos seus dados de saída pode-se interpretar que o sistema está gerando uma perda por **Processamento**. Esta perda poderia ser interpretada como um defeito, porém não se caracteriza como tal em função de não estar em discussão a não conformidade ou o retrabalho para o resultado deste processamento.

Testar parâmetros de baixo impacto ou responsabilidade também se configura como perda por **Processamento**, pois executa um processamento que não agrega valor ao produto. Os dados de saída resultantes deste processamento não irão suprir com informações relevantes os grupos de projeto do produto.

Procedimentos de teste excessivamente complexos ou com setup interno elevado caracterizam-se, por fim, como perdas por **Processamento**, pois estão agregando em sua complexidade uma série de atividades que não adicionam valor final ao produto, neste caso

a entrega dos resultados de teste. Requisições complexas demandam para interpretação e contribuem para que os tempos de setup sejam elevados.

Um **Protótipo pronto aguardando testes** gera perdas por **Estoque** uma vez que a matéria-prima esteja em processo, porém não esteja sendo processada. Situações desta natureza geram perdas e por fim impactam nos custos uma vez que requerem controle e administração deste estoque em meio ao andamento do projeto, tal qual um lote de matéria-prima em meio a linha de produção.

Perdas por **Movimento** ocorrem por **Deslocar equipes de teste para lugares distantes ou de difícil acesso, podendo executar os testes em lugares mais próximos ao setor de desenvolvimento**. Estas perdas estão associadas, neste caso, diretamente com as perdas por transporte, onde juntamente com a matéria-prima, o protótipo, há a movimentação de trabalhadores para a execução, controle e acompanhamento dos testes em campo.

Testar parâmetros não solicitados nas requisições configura uma perda por **Defeito**, pois não está conforme as necessidades de teste especificadas na requisição.

Arbitrar tamanho de amostras - N podem resultar em perdas por **Defeito** uma vez que os resultados dos testes não estejam embasados em uma abordagem estatística. A definição do número de amostras a ser testado é função do intervalo de confiança que se pretende estabelecer. Sem uma metodologia estatística para analisar o modelo estatístico mais adequado ao que se quer testar. A definição arbitrária do número de amostras (N) não tem estrutura matemática para garantia da qualidade do produto, podendo-se testar uma amostra ou um lote de centenas de amostras sem uma percepção do quanto o componente é confiável.

Definir equivocadamente as variáveis que de teste é outra perda por **Defeito** passível de ocorrência. Entender a missão do SSC torna-se imprescindível neste processo para que haja a definição correta da variável ou das variáveis a serem controladas. Usualmente as naturezas de teste e seus objetivos são definidos em normas globais de qualidade e engenharia: SAE, ASAE, DIN, BS, ISO, dentre outras. Estas normas globais de qualidade têm por objetivo parametrizar as atividades de engenharia de desenvolvimento

do produto. Para tanto tais normas detém as condutas técnicas necessárias a atender as necessidades de serviço de um produto desde o seu projeto até seus testes e homologações.

Especificar testes não obedecendo às normas reguladoras configura-se uma perda por **Defeito**, pois o produto pode não estar atendendo a sua missão em função de haver sido testado com base na arbitrariedade dos desenvolvedores.

Não planejar programa de testes gerando cancelamentos ou realocações pode, também, ser caracterizado como uma perda por **Defeito**, pois a ausência do planejamento de testes permite equívocos pelo livre arbítrio nas decisões de testes. Informações não convergentes ou a falta de informações contribuem em última instância para que ocorram erros na entrega desta subfase e posterior retrabalho.

Por fim, **Não aproveitar a experiência dos técnicos de teste sobre melhorias no processo de teste** caracteriza-se como perda por **Desperdício da criatividade dos funcionários**, pois a experiência de aplicação e rotina de testes pode vir a complementar a teoria envolvida nas práticas de teste.

Finalizando esta sessão apresenta-se o Quadro 15 com as perdas relacionadas.

			Testar e homologar produto	
			Descrição	Causas
Processo (matéria-prima)	Superprodução	Fazer sem necessidade (antes ou demais)	<ul style="list-style-type: none"> » Construção de estruturas (bancadas) de teste de laboratório superdimensionadas; » Testar um número excessivo de amostras de sistemas, subsistemas ou componentes; » Controlar um número excessivo e desnecessário de parâmetros de teste; » Preencher excessiva quantidade de documentos, formulários e relatórios de teste; 	<ul style="list-style-type: none"> Falta de comunicação entre os solicitantes e o pessoal de laboratório; Falta de um programa estruturado de testes, sem definição dos tamanhos de amostra N; Falta de um programa estruturado de testes, sem definição das variáveis de controle; Falta de documentos padrão e processos definidos;
Operação (recurso)	Espera	Recursos esperando	<ul style="list-style-type: none"> » Bancada pronta e sem protótipo para testar; » Equipe pronta e sem protótipo para testar; 	<ul style="list-style-type: none"> Ausência ou ineficiência no planejamento das atividades de teste;
Processo (matéria-prima)	Transporte	Transporte da matéria-prima entre os recursos	<ul style="list-style-type: none"> » Deslocamento de protótipos para testes de laboratório ou de vida em lugares desnecessariamente distantes; » Fluxo de Informações, resultados e percepções de campo seguindo diversos roteiros não mapeados até os interessados de engenharia; 	<ul style="list-style-type: none"> Falta de um programa estruturado de testes avaliando lugares elegíveis para teste mais próximos da engenharia; Falta de um processo padrão de comunicação para transferência de dados de teste à engenharia;
Processo (matéria-prima)	Processamento	Fazer sem agregar valor	<ul style="list-style-type: none"> » Testar parâmetros que não serão utilizados em etapas posteriores do projeto; » Testar parâmetros de baixo impacto ou responsabilidade; » Procedimentos de teste excessivamente complexos ou com setup interno elevado; 	<ul style="list-style-type: none"> Erro de solicitação de teste; Ausência de sincronia entre os desenvolvedores e o pessoal de laboratório; Obsolescência dos procedimentos e equipamentos de teste
Processo (matéria-prima)	Estoque	WIP	<ul style="list-style-type: none"> » Protótipo aguardando testes pela não liberação das ordens e especificações de teste; 	<ul style="list-style-type: none"> Ausência de um programa definido e planejado de testes;
Operação (recurso)	Movimentos	Movimentação dos operadores no processamento	<ul style="list-style-type: none"> » Deslocar equipes de teste para lugares distantes ou de difícil acesso, podendo executar os testes em lugares mais próximos ao setor de desenvolvimento; 	<ul style="list-style-type: none"> Falta de um programa estruturado de testes avaliando lugares elegíveis para teste mais próximos da engenharia;
Processo (matéria-prima)	Defeitos	Fazer errado	<ul style="list-style-type: none"> » Testar parâmetros não solicitados nas requisições; » Arbitrar tamanho de amostras - N; » Definir equivocadamente as variáveis que de teste; » Especificar testes não obedecendo normas reguladoras; » Não planejar programa de testes gerando cancelamentos ou realocações; 	<ul style="list-style-type: none"> Ausência de um controle padrão, via documento para definição do que deve ser testado; Não domínio de técnicas estatísticas; Não domínio da aplicação do produto; Não domínio das normas regimentadoras do produto; Falta de um programa planejado de testes de campo e laboratório;
	Desperdício da criatividade dos funcionários	Falta de flexibilidade	<ul style="list-style-type: none"> » Não aproveitar a experiência dos técnicos de teste sobre melhorias no processo de teste; 	<ul style="list-style-type: none"> Cultura de auto suficiência dos engenheiros e projetistas;

Quadro 15: As perdas e suas causas no teste e homologação do produto.

Este capítulo apresentou as perdas identificadas e analisadas à luz do pensamento enxuto e com base no MFP. Buscou-se também classificar as possíveis causas para as perdas

listadas, bem como a natureza desta perda, de processo ou de operação. A descrição completa das perdas está disponível no Apêndice 2 deste trabalho.

O próximo capítulo abordará as considerações finais sobre o trabalho, bem como suas limitações e suas recomendações para trabalhos futuros.

6. CONCLUSÕES, ANÁLISE DAS LIMITAÇÕES DA PESQUISA E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ambientes de projeto do produto detêm, em suas características, elementos de criação e de produção. Haja vista a existência, destes dois elementos, ser por vezes de difícil discriminação, pode tornar-se complexa a análise no que se refere às perdas. Usualmente as teorias apontam as atividades diretas de engenharia e desenvolvimento como “pacotes de trabalho” e estes pacotes, não de forma simples, podem vir a ser estratificados em operações, pois projetos variam conforme a natureza do produto.

A análise das perdas em projeto do produto pode ser desenvolvida pela observação dos elementos destes pacotes de trabalho, as quais são as ações, atividades e rotinas técnicas neles contidas, ou seja, os passos operacionais, segundo a visão propugnada por Hirano (1989). Os resultados colhidos para perdas em projeto do produto apontam similaridades entre sistemas de produção de manufatura e sistemas de produção de projeto do produto, se observados como sistemas compostos de processos e operações e tendo em suas estruturas pessoas como recursos e entradas e saídas de matérias-primas como informações. Analogamente pode-se imaginar o ambiente de projeto do produto como uma “manufatura de projetos”. A abordagem para a gestão e desenvolvimento do produto no contexto da manufatura de projetos aproxima os conceitos de manufatura clássicos dos conceitos de gestão de projeto do produto, colaborando assim para a migração e adequada apropriação das teorias de manufatura para a área de projetos. Desta forma o trabalho aqui desenvolvido atinge o primeiro de seus objetivos operativos.

No que se refere às rotinas de engenharia e o impacto das perdas nestas rotinas, a contribuição que este trabalho busca entregar está na abordagem direta ao conceito de ineficiência: a existência de perdas e sua possibilidade de identificação nas atividades de engenharia. A análise e identificação das perdas, conforme propugnado pelos criadores do STP é um exercício diário de melhoria contínua pela observação do paradigma referente ao significado de valor e o quanto se utiliza dos recursos para a obtenção deste valor. Dentro deste exercício de melhoria contínua as observações propostas por este trabalho visam também entender o movimento dos fenômenos das perdas pela identificação das perdas e

observação das possíveis causas, as quais estão relacionadas com o segundo dos objetivos operativos, o qual se refere à apresentação de um conjunto de perdas passíveis de ocorrência nas fases de desenvolvimento propostas.

Estando o conhecimento sobre o pensamento enxuto ainda em crescimento na comunidade industrial, principalmente no chão de fábrica e constatando-se que o senso crítico voltado para a observação das perdas no ambiente de projeto do produto, vivenciado pelo autor, não é dominante e ainda não é um fator gerador de movimentos mais robustos na busca pelo seu entendimento, haja vista o estabelecimento do conceito de que perdas são funções exclusivamente de manufatura e de difícil trânsito em outros ambientes, tem-se um interessante e fértil campo de estudos adiante se estabelecidas as corretas relações entre ambientes e respeitadas as apropriações de conceitos. A análise das perdas pode auxiliar de forma interessante não somente as áreas de projeto do produto, como diversos outros setores produtivos da sociedade.

6.1 Limitações da Pesquisa

Apesar da existência de similaridades significativas do projeto do produto com sistemas produtivos de manufatura, torna-se importante salientar que o desenvolvimento de produto requer um elemento fundamental: a criação. Sendo a dinâmica criativa uma habilidade individual e naturalmente complexa, o presente trabalho limitou-se a não inferir análises aprofundadas no que se refere a este tema. As observações realizadas e as perdas relacionadas à criatividade tiveram por objetivo a identificação das potencialidades criativas do grupo de trabalho e suas possibilidades de utilização na rotina de projeto.

Relativo à condição de análise realizada para o conjunto de perdas identificadas, torna-se importante salientar a característica pontual da análise. Para cada subfase selecionada, as oito naturezas de perdas foram observadas pontual e diretamente. As perdas identificadas, neste contexto, são perdas passíveis de ocorrerem nas respectivas subfases do projeto do produto, porém sua causa pode ter acontecido em outro evento precedente a uma dada subfase, ou mesmo em um evento precedente as ações de projeto do produto, tal como um planejamento estratégico equivocado.

No que se refere às premissas estabelecidas para este trabalho, mostra-se viável o ponto de vista em que os ambientes de projeto e desenvolvimento do produto possam ser considerados sistemas produtivos, com seus recursos, matérias-primas, processos e operações, bem como da existência da possibilidade de analisar as perdas neste sistema produtivo.

Em relação ao método empregado para o trabalho, devido a sua natureza exploratória a meta análise contribuiu de forma substancial, pois permitiu o enquadramento das atividades propostas num modelo que permite a avaliação por “cruzamentos” teóricos e colhe seus resultados efetivos ou não. A análise das perdas, na forma apresentada neste trabalho, requereu de um modelo de análise básica e exploratória o qual suportasse a demanda de avançar por terrenos de pouca exploração e elevado potencial de discussão.

Outro ponto de destaque referente às limitações deste trabalho trata das intenções da abordagem proposta. O presente trabalho não visa à análise crítica dos modelos de gestão de projeto do produto. A intenção, conforme sinalizado no objetivo principal é de observar o ambiente de projeto do produto e suas particularidades por outro ponto de vista, o do pensamento enxuto, o qual é norteado pela busca por perdas.

Limita-se também, este trabalho, pelo não desenvolvimento de uma análise das boas práticas passíveis de serem empregadas na eliminação das perdas identificadas. As fronteiras determinadas delineiam a identificação e discussão das perdas, somadas ao desenvolvimento de considerações sobre as possíveis causas para as dadas perdas.

Relativo ao conjunto de perdas identificadas, o presente trabalho não estabelece limites para o levantamento e análise. Ao contrário, estabelece um começo para esta abordagem. Sendo assim, torna-se muito provável a existência de um número superior de perdas às apresentadas neste trabalho, haja vista o próprio fundamento básico dos sistemas de produção enxuta: a melhoria contínua. Sendo a melhoria um processo dinâmico, sempre haverá novas fontes de perdas a serem buscadas.

Por fim o presente trabalho limita-se também no que se refere à natureza do projeto do produto, sendo este de projeto do produto da indústria mecânica. As perdas identificadas e discutidas, no trabalho, são perdas inerentes a esta natureza de produto, portanto a esta

natureza de projeto. É possível que em uma análise de perdas em um sistema produtivo de processo contínuo, por exemplo, outro conjunto de perdas venha a ser construído e discutido para as oito naturezas destas perdas aqui utilizadas.

6.2 Recomendações e Considerações Finais

A análise das perdas, sendo possível o estabelecimento de uma similaridade entre os sistemas de produção, torna-se factível e de grande potencial de exploração. As perdas identificadas neste trabalho não definem a totalidade de possibilidades no que tange a esta natureza de exploração em projeto do produto, ao contrário disso possibilitam e incentivam novos estudos a respeito.

O campo de estudos das perdas, em projeto do produto, é incipiente e seus resultados de potencial aplicação em ambientes reais, para tanto, ainda requer aprofundamentos e refinamentos em seus resultados, haja vista a constatação de uma carência de material teórico produzido a respeito deste assunto.

Relativo a trabalhos futuros, recomenda-se a análise das perdas em projeto do produto e suas relações de causa e efeito com os custos de projeto e custos do produto, ou seja, o percentual do custo do produto que suporta as ineficiências na gestão do projeto do produto.

Recomenda-se para trabalhos futuros, também, a análise das perdas em projeto do produto do ponto de vista de suas relações de causa e efeito durante o processo de desenvolvimento do produto, ou seja, quais perdas em quais subfases, ou fases, do desenvolvimento do produto são mais impactantes e quais as possibilidades de controle destas, nestas fases.

Por fim, recomenda-se para análises futuras o estudo e o desenvolvimento de uma classificação para as perdas em projeto do produto, de forma a conduzir o processo de busca das perdas pela sua relevância no desenvolvimento do produto. Como exemplo, pode-se estimar que as perdas que ocorrem no início do projeto do produto, em sua fase de planejamento, podem ser mais impactantes do que uma dada perda existente no projeto

detalhado. Esta classificação pode auxiliar no entendimento de quais perdas são prioritárias na concentração de recursos para sua eliminação.

REFERÊNCIAS

- AAKER, David A. KUMAR, V. DAY, George S. **Pesquisa de Marketing**. São Paulo: Atlas, 2001.
- ANTUNES, Junico; ALVAREZ, Roberto; BORTOLOTTI, Pedro; KLIPPEL, Marcelo; DE PELLEGRIN, Ivan. **Sistemas de Produção – conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta**. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- BADR, Haque; JAMES-MOORE, Michael. (2004) ***Applying Lean Thinking to new product introduction***. Journal of Engineering Design, Vol 15 No. 1, pp. 1-31.
- BAXTER, Mike. **Projeto de produto – Guia prático para design de novos produtos**. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.
- BEST, Michael H. ***The New Competition – Institutions of Industrial Restructuring***. Cambridge: Polity Press, 1990.
- BROWNING, Tyson R. (2000). ***Value-based product development: refocusing lean***. IEEE Xplore.
- DINSMORE, Paul Campbell; CAVALIERI, Adriane. **Como se tornar um profissional em gerenciamento de projetos: livro-base de preparação para certificação PMP®**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.
- ECT – Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos. **Gestão da produtividade aplicada aos correios – Educação para a produtividade**. Brasília: ECT, 2008.
- FLICK, Uwe. **Uma introdução à pesquisa qualitativa**. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- FORD, Henry. **Hoje e Amanhã**. Trad. Monteiro Lobato. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1927.
- FORD, David N.; SOBOK, Durward K. (2005). ***Adapting Real Options to New Product Development by Modeling the Second Toyota Paradox***. IEEE Transactions on Engineering Management, Vol. 52, No, 2, pp. 175-185.
- GHINATO, Paulo. **Sistema Toyota de Produção – mais do que simplesmente *Just-in-time*. Automação e Zero Defeitos**. Caxias do Sul: EDUCS, 1996.
- GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2007.
- GUIA PMBOK®. **Conjunto de conhecimentos em gerenciamento de projetos (PMI)**. Terceira edição. 2004.

GOLDRATT, Eliyahu M. **Corrente Crítica**. São Paulo: Nobel, 1998.

HELDMAN, Kim. **Gerência de projetos: guia para o exame oficial do PMI**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

HIRANO, H. **JIT implementation manual: the complete guide to Just-in-time manufacturing**. Portland: Productivity Press, 1989.

KELZNER, Harold. **Gestão de projetos: as melhores práticas**. Porto Alegre: Bookman, 2004.

LEITE, Heyman A. R. **Gestão de projeto do produto – A excelência da indústria automotiva**. São Paulo: Atlas, 2007.

LIKER, Jeffrey K. **O modelo Toyota - 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LUIZ, Alfredo José Barreto. **Meta-Análise: Definição, Aplicações e Sinergia com Dados Espaciais**. Caderno de Ciência & Tecnologia, Brasília, v.19, n.3, p407-428, set./dez. 2002.

MORGAN, James M. LIKER, Jeffrey K. **Sistema Toyota de desenvolvimento do produto – integrando pessoas, processo e tecnologia**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

OHNO, Taichi. **O Sistema Toyota de Produção além da produção em larga escala**. Trad. Cristina Schumacher. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PAHL, Gerhard; BEITZ, Wolfgang; FELDHUSEN, Jörg; GROTE, Karl-Heinrich. **Projeto na engenharia**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

PARASURAMAN, A. **Marketing research**. Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company, Inc. 1991.

PEREZ, Carlota. **Las nuevas tecnologías – Uma visión de conjunto**. 1986.

ROBLES JÚNIOR, Antonio. **Custos de Qualidade: uma estratégia para a competição global**. São Paulo: Atlas, 1994.

RODRIGUES, Cássio. **A Abordagem Processual no Estudo da Tradução: Uma Meta-Análise Qualitativa**. Universidade Federal de Santa Catarina.

ROZENFELD, Henrique; FORCELLINI, Fernando Antônio; AMARAL, Daniel Capaldo; TOLEDO, José Carlos; DA SILVA, Sergio Luis; ALLIPRANDINI, Dário Henrique; SCALICE, Régis Kovacs. **Gestão do**

Desenvolvimento do Produto – Uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.

SARKIS, Joseph; RASHEED, Abdul. *Greening the manufacturing function.* Business Horizons, 1995.

SEKINE, Kenichi; ARAI, Keisuke. *Design Team Revolution – How to cut lead times in half and double your productivity.* Tokyo: Techno Consultants Inc., 1990.

SHIGLEY, Joseph E; MISCHKE, Charles R; BUDYNAS, Richard G. **Projeto de engenharia mecânica.** Porto Alegre: Bookman, 2005.

SHINGO, Shigeo. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da engenharia de produção.** Trad. Eduardo Schaan. Porto Alegre: Bookman, 1996.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia de pesquisa-ação.** São Paulo: Cortez, 2005.

TOLEDO, José Carlos de. **Qualidade Industrial: conceitos, sistemas e estratégias.** São Paulo: Atlas, 1987.

ULRICH, K. T; EPPINGER, S.D. *Product Design and Development.* New York: McGraw Hill, 1995.

WYLEN, Van; SONNTAG, Richard; BORGNAKKE, Claus. **Fundamentos da Termodinâmica.** São Paulo: Edgard Blüches Ltda, 1998.

APÊNDICE 1: O MECANISMO DA FUNÇÃO PRODUÇÃO APLICADO ÀS FASES DO PROJETO DO PRODUTO

APÊNDICE 2: AS PERDAS EM PROJETO DO PRODUTO

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
 UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS
 NÍVEL MESTRADO

AUTORIZAÇÃO

Eu, Quíldare Luchese de Abreu, CPF 919.346.480-00, autorizo o Programa de Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas da UNISINOS, a disponibilizar a Dissertação de minha autoria sob o título de IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DE PERDAS À LUZ DO PENSAMENTO ENXUTO NA GESTÃO DO PROJETO DO PRODUTO, orientada pelo professor doutor Guilherme Luís Roehe Vaccaro, para:

Consulta Sim Não

Empréstimo Sim Não

Reprodução:

Parcial Sim Não

Total Sim Não

Divulgar e disponibilizar na Internet gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, o texto integral da minha dissertação citada acima, no *site* do Programa, para fins de leitura e/ou impressão pela Internet

Parcial Sim Não

Total Sim Não

Em caso afirmativo, especifique:

Sumário: Sim Não

Resumo: Sim Não

Capítulos: Sim Não

Quais: Capítulos 1, 2, 3, 4, 5 e 6

Bibliografia: Sim Não

Anexos: Sim Não

São Leopoldo, ____/____/____

Assinatura do Autor

Visto do Orientador