

# **LEAN DEVELOPMENT: DIAGNÓSTICO DOS TIPOS DE PERDAS OCORRIDAS NOS PROJETOS DE PRODUTO EM UMA MULTINACIONAL DO RAMO AUTOMOTIVO**

(Artigo a ser submetido ao periódico “Revista Produção”)

Marcelo Lima Celente (UFRGS) [marcelo.celente@gmail.com](mailto:marcelo.celente@gmail.com)

Istefani Carísio de Paula (UFRGS) [istefani@producao.ufrgs.br](mailto:istefani@producao.ufrgs.br)

**Resumo:** Largamente aplicada no ambiente fabril, a abordagem enxuta vem apresentando significantes resultados na eliminação das atividades que não agregam valor - ou seja, desnecessárias aos processos de fabricação - gerando reduções de custos e ganhos em produtividade para as empresas. Embora atualmente a maior parte das organizações foquem seus esforços para a implementação dos conceitos *lean* nos processos produtivos (*lean manufacturing* ou *lean production*), observa-se um direcionamento para a difusão desses conceitos no processo de desenvolvimento de produtos - PDP. Assim, o objetivo deste estudo é realizar um diagnóstico dos tipos de perdas ocorridos no PDP, através do uso do mapeamento de fluxo de valor, da obtenção de melhorias em processos e da reflexão sobre os conceitos do *lean development*.

**Palavras-chave:** ferramentas, *lean*, desenvolvimento, produto, automotiva.

## **LEAN DEVELOPMENT: DIAGNOSIS OF TYPES OF WASTING OCCURRED IN PRODUCT PROJECTS IN A MULTINATIONAL OF THE AUTOMOTIVE INDUSTRY**

**Abstract:** *Widely applied to manufacturing environment, the lean approach has shown significant results in control of wasting (in other words, unnecessary manufacturing processes), generating cost savings and gains in efficiency. Although currently most of organizations focus their efforts for the implementation of lean concepts in production processes (lean manufacturing or lean production), there is a direction for the implementation of these concepts in product development process - PDP. Therefore, the objective of this study is to diagnose the types of wasting occurred in PDP, by the application of value stream mapping, obtaining improvements in processes and reflection on the concepts of lean development.*

**Keywords:** tools, *lean*, development, product, automotive.

## 1. INTRODUÇÃO

A década de 1990 marcou a mudança do foco competitivo da indústria automobilística para o desenvolvimento de produtos e para o avanço do processo de globalização. E, também, para as conseqüências dessa internacionalização sobre os fatores que definem a competitividade nesse setor (Clark; Fujimoto, 1991; Sturgeon; Florida, 1999; Fujimoto; Takeishi, 2001).

Ao conceber uma melhoria em um subsistema ou plataforma, o processo de atualização dos produtos se torna menor, o que diminui o tempo de difusão da inovação no portfólio de produtos (MEYER; LEHNERD, 1997). Isso explica a maior ênfase das montadoras para inovações incrementais e rápidas, ao invés de radicais e de longo prazo. Há também outro fator: os menores ciclos de vida dos produtos têm possibilitado maior vantagem para as empresas, no sentido de substituição rápida de modelos e de novos lançamentos, ao passo que a venda de veículos por modelo tem decrescido e o ciclo de vida se tornou menor.

A maior parte das organizações tem notado a grande oportunidade para eliminar os desperdícios nas fases iniciais dos projetos, onde se concentram os maiores custos de desenvolvimento (e por isso, também, o potencial de ganho mais significativo). Esta habilidade tem sido considerada fundamental para a competitividade das organizações (LIKER, 2006). É mais frequente a difusão, conhecimento e aceitação da produção enxuta - *lean manufacturing* ou *lean production* - visando melhorar os processos produtivos, do que sua aplicação na fase de desenvolvimento do produto. Porém, observa-se um direcionamento dos esforços para a difusão desses conceitos também no Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP).

O mercado automobilístico brasileiro permitiu a ocorrência do desenvolvimento de produtos nas empresas subsidiárias. O fenômeno aumenta a importância dos setores de engenharia dessas subsidiárias, afetando o papel que essas equipes exercem na estratégia global das corporações. Além disso, o desenvolvimento na subsidiária impulsiona a economia local e o desenvolvimento de competências na área de produto. Salerno *et al.* (2002) afirma que sediar localmente um projeto de desenvolvimento de produto (DP) significa gerir o projeto em todas as suas dimensões importantes, aumentando: o grau de autonomia na escolha de fornecedores, o volume de fornecimento local e, conseqüentemente, a participação de empresas locais na cadeia produtiva.

A empresa focalizada por este estudo de caso é uma filial que atua no ramo automotivo que desenvolve seus produtos e processos nos setores de engenharia, cujos requisitos são captados em outras plantas do grupo, em diversos países, através do contato com os clientes. Por esta razão, as maiores perdas no PDP da empresa estudada não se concentram nas fases de Pré-Desenvolvimento, mas nas fases de Desenvolvimento, principalmente nas fases de Projeto Detalhado e de Preparação para a Produção. Os engenheiros trabalham em um ambiente de multiprojetos, definido por Danilovic e Börjesson (2001) como aquele pelo qual um grupo de liderança gerencia diversos projetos, alocando os recursos segundo critérios de prioridade. Nesse processo, na empresa em questão, há muitos desperdícios. Deles resultam atrasos na entrega dos projetos (alto *time to market*) e aumento dos seus custos. A empresa, recentemente, começou a implantar o desenvolvimento *lean* de produtos, ainda de forma muito superficial.

A identificação e eliminação prévias das fontes de desperdícios proporcionam ganhos competitivos para a organização, através da redução do tempo de desenvolvimento, dos riscos e dos custos. Segundo Rozenfeld *et al.* (2006), os custos de modificações do produto crescem exponencialmente com o tempo, sendo a fase de projeto conceitual aquela em que as decisões tomadas têm o maior impacto nos custos de um produto, pelo menor investimento. Dessa forma, este trabalho se propõe a comparar as práticas presentes na literatura com aquelas existentes na empresa, visando a eliminação prévia de desperdícios, o que reduz a probabilidade de modificações tardias.

Independentemente da equipe de projeto ter maior ou menor autonomia sobre todas as fases do PDP as chances de que existam perdas durante o projeto são grandes, especialmente quando as operações de desenvolvimento não estão centradas na mesma unidade de negócio. Em vista disso, o principal objetivo deste trabalho é realizar um diagnóstico dos tipos de perdas ocorridos no PDP através do uso do mapeamento de fluxo de valor, da obtenção de melhorias em processos e da reflexão sobre os conceitos do *lean development*.

Nas próximas seções deste trabalho, serão apresentadas referências da literatura a respeito dos problemas encontrados no PDP das empresas - a partir da abordagem *lean* - assim como ferramentas aplicáveis e disponíveis. Após isso, será realizado um mapeamento na empresa buscando as perdas no PDP de projetos com diferentes níveis de complexidade e, por fim, serão identificadas as oportunidades de melhorias que poderão ser abordadas em futuros estudos.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Rozenfeld *et al.* (2006) faz referência ao desenvolvimento *lean* como uma das várias abordagens de desenvolvimento de produtos. Outras abordagens atualmente difundidas são: o *Design for Six Sigma (DFSS)*, desenvolvido originalmente pela empresa Motorola), a Abordagem dos Modelos de Maturidade (proposto pela *Software Engineering Institute - SEI*), o Gerenciamento do Ciclo de Vida de Produtos (*PLM*) (ABRAMOVICI, 2007). Uma das contribuições evidentes do desenvolvimento *lean* consiste na proposta de uma “visão mais orgânica do processo”, obtida através da máxima simplificação e da diminuição da formalização do processo (são atividades que não agregam valor), além da valorização do trabalho dos times. A idéia é valorizar ao máximo a experimentação e a aprendizagem. O gerente de projetos não é visto apenas como um coordenador e motivador, ele é também um dos orientados - nota-se aqui a valorização da aprendizagem organizacional e da gestão do conhecimento. Outra contribuição é a idéia de retardar ao máximo as decisões de detalhes muito específicos (como tolerâncias) os quais serão otimizados nas etapas finais do projeto (ROZENFELD ET AL, 2006).

A empresa abordada neste estudo de caso já adotou os princípios da Produção Enxuta, o que justifica a escolha pelo Desenvolvimento Enxuto de Produto, e sua aceitação. O primeiro passo para a implementação desta abordagem ao PDP é o mapeamento do fluxo de valor.

### 2.1 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR

A definição de valor pode ser descrita como “conteúdo inerente de um produto, segundo o julgamento do cliente, refletido em seu preço de venda e demanda de mercado” (*LEAN INSTITUTE*, 2011). No *PDVSM (Product Development Value Stream Mapping)* o valor é mapeado para cada atividade do fluxo, onde são evidenciadas as atividades que: (i) agregam valor (devem ser preservadas ou até mesmo melhoradas); (ii) não agregam valor mas são necessárias (devem ser otimizadas); (iii) não agregam valor (devem ser eliminadas). A Figura 1 ilustra uma simbologia que pode ser adotada na elaboração do mapeamento:

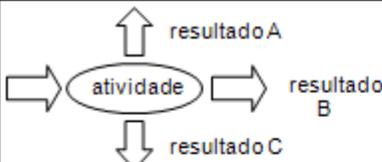
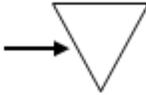
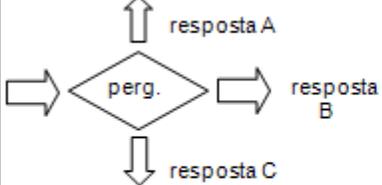
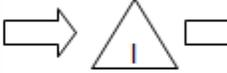
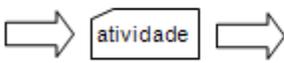
SIMBOLOGIA			
	Atividade Revisão - símbolo oval * pode ou não incluir decisões implícitas		Estoque * representa arquivamento, acúmulo banco dados
	Atividade Decisão - símbolo diamante * perguntas chave para definição do fluxo do processo		Inventário * representa esperas, filas, etc
	Fator Externo * fontes de informação externa		Estouro Chama atenção para os problemas
SIMBOLOGIA PARA O FLUXO DE INFORMAÇÕES		SIMBOLOGIA PARA A LINHA DE TEMPO	
	fluxo iterativo	WT - Tempo de espera	CT - tempo despendido na execução da atividade IPT - tempo de trabalho contínuo dedicado.
	informações no fluxo principal		

Figura 1: simbologia utilizada para representação do fluxo informacional no PDP.

Fonte: adaptado de McManus (2005)

O primeiro passo para a definição de valor é o entendimento, por parte da equipe, sobre as fronteiras do problema a ser atacado, uma vez que o mapeamento deve ser feito “porta a porta”. O resultado final, que representa valor para os clientes, deve estar direcionado para “produzir os requisitos solicitados, sem defeitos, com máximo desempenho possível, no menor tempo possível” (MCMANUS, 2005).

Alguns fatores dificultam o mapeamento do fluxo de informações: a difícil visualização do fluxo no PDP (pois são informações que fluem no processo e não os materiais) e o fato do fluxo de informações ser caracterizado por incertezas, que implicam o risco do produto não atender às expectativas do consumidor. O *PDVSM* poderia ser realizado de acordo com o seguinte esquema de melhoria (MILARD, 2001): treinar o time no mapeamento do fluxo de valor; selecionar o fluxo de valor para melhoria; definir os elementos do fluxo de valor; analisar e mapear o estado atual; analisar um mapa futuro ou um mapa ideal; implementar novos processos; melhorar continuamente. A Figura 2 mostra as siglas usadas para as medições dos tempos relacionados no *PDVSM*:

Medições dos tempos relacionados às atividades			
WT	<i>Wait time</i>	Tempo de espera da atividade (após seu término e antes do início da atividade subsequente).	Horas; Dias
IPT	<i>In Process Time</i>	Corresponde ao tempo de trabalho contínuo para a execução da atividade.	Horas;Dias
CT	<i>Cycle Time</i>	Tempo de duração da atividade (tempo de calendário).	Horas;Dias

Figura 2: siglas utilizadas para mapeamento do fluxo informacional no PDP. Fonte: adaptado de McManus (2005)

## 2.2 REVELANDO OS DESPERDÍCIOS DO PDP

Segundo Ohno (1988), desperdício se refere a todos os elementos de produção que só aumentam os custos sem agregar valor - sob o ponto de vista do cliente - mas são realizadas dentro do processo de produção. Shingo (1981) considera que os sete desperdícios para o Sistema Toyota de Produção (STP) são: (i) superprodução; (ii) espera; (iii) transporte excessivo; (iv) processos inadequados; (v) estoque; (vi) movimentação desnecessária; (vii) produtos defeituosos.

Fundamentado que o pensamento enxuto pode ser aplicado em qualquer processo de uma empresa, ele pode tornar-se uma abordagem do PDP. Além dos sete desperdícios levantados por Shingo (1981) para o pensamento enxuto, Bauch (2004) propôs ainda outros desperdícios para o PDP: (viii) reinvenção: reinventar processos, soluções, métodos e produtos que já existem ou que somente necessitariam de poucas modificações para torná-los adequados ao problema em questão; (ix) falta de disciplina: responsabilidades e direitos não declarados ou não informados; regras mal definidas; definição pobre de dependência entre atividades, insuficiente predisposição para cooperar, treinamento pobre; (x) integração de tecnologia da informação (TI): a grande variedade de componentes de TI (hardware, software, redes, etc.) e o desafio de conseguir mapear todo o processo de desenvolvimento de forma integrada (que viabilize não somente o uso das ferramentas atuais, mas também as futuras), levam a problemas de compatibilidade, capacidade e disponibilidade baixas. Criticando Bauch (2004), a reinvenção, em um sentido pragmático, é equivalente ao retrabalho. Sendo assim, recai sobre uma das perdas já citadas por Shingo (1981). A falta de disciplina, como foi colocada pelo autor, é causada, muitas vezes, pela falta de padronização.

Para muitas empresas, o primeiro passo para estabelecer fluxo contínuo é a implementação de fases (*gates*) do PDP (MASCITELLI, 2007). O nome “*stage gate*” foi sugerido por Cooper (1991), que denominou como “*gates*” os pontos de checagem da qualidade do PDP. Após isso, este autor sugere 5 etapas até o fluxo contínuo: Etapa (I) reduzir o número de fases: as revisões de projetos representam obstáculos ao fluxo de valor, então o ideal seria não haver fases (colaboraria para a minimização do *time-to-share*). Porém, como os riscos técnicos, de mercado e fabricação devem ser gerenciados, o autor sugere três fases adequadas ao PDP (as “Fases Congeladas Permeáveis” que serão mostradas na Figura 2); Etapa (II) tornar as fases “permeáveis”. A permeabilidade significa iniciar algumas atividades de risco calculado antes que se termine a revisão de toda a etapa anterior (reduzindo tempo de espera nas etapas posteriores); Etapa (III) alinhar as fases com o caminho crítico: agendar a duração das fases e planejá-las (ou replanejá-las) imediatamente antes do seu início; Etapa (IV) eliminar as atividades e entregas redundantes, através da execução de mini eventos *kaizen*; Etapa (V) congelar as fases: mudanças no escopo de uma fase certamente causarão um deslocamento de todos os prazos das fases posteriores. A Figura 3 ilustra o PDP em fluxo contínuo.

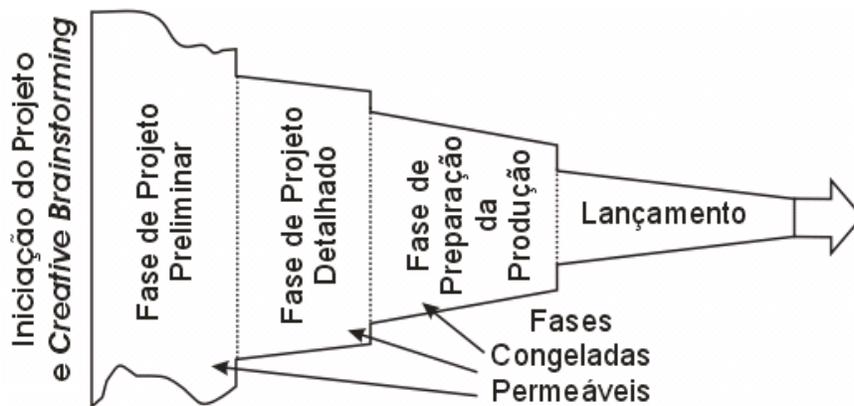


Figura 3: Processo de Desenvolvimento em Fluxo Contínuo. Fonte: Mascitelli (2007)

### 2.3 EXECUÇÃO RÁPIDA DOS PROJETOS

Assim como os produtos são divididos em lotes, assim pode-se dividir o tempo despendido na execução das atividades de um projeto. Um exemplo de lote de tempo ocorre quando uma grande tarefa é executada sem respostas imediatas, principalmente se outras atividades do projeto dependem desta (MASCITELLI, 2007). O autor salienta que as reuniões

regulares também representam lotes de tempo, pois decisões importantes ficam aguardando por elas. A priorização, em ambientes de multiprojetos, constitui ponto fundamental na rápida execução dos projetos. Mascitelli (2007) sugere priorizar os projetos de acordo com duas variáveis: (i) o valor presente líquido do projeto (retorno financeiro); (ii) horas de projeto necessárias. O quociente de (i) por (ii) deve estabelecer a ordem da lista de prioridades, a partir do maior valor até o menor. Há várias outras formas de priorização que podem ser utilizadas. Na Figura 4 estão listados alguns objetivos da priorização e “fatiamento” do tempo:

Ambiente típico de multitarefas	Com priorização e fatiamento do tempo
Priorização confusa Carga de trabalho invencível Horas extras crônicas Baixo moral Síndrome de "Apenas faça tudo"	Priorização uniforme do trabalho Plano claro de trabalho para todas as tarefas Horas extras usadas apenas para "reserva de capacidade" Progredir melhorando o moral Trabalhadores sempre sabem o que fazer e em que trabalhar

Figura 4: objetivos da priorização e “fatiamento” do tempo. Fonte: adaptado de Mascitelli (2007)

O processo de priorização pode ser auxiliado pela classificação de projetos. Shenhar & Wideman (2000), conduziram uma série de estudos durante a década de 1990, com base em mais de 120 projetos. Concluíram que os níveis de dois fatores, complexidade (ligada ao volume de novidades) e incerteza (ligada às mudanças tecnológicas), são proporcionais, respectivamente, à necessidade da administração técnica e a necessidade por ênfase em gerenciamento de projetos, inclusive de maneira mais formal. Porém, em ambos os incrementos, deve haver maiores níveis de processo, da componente integração e de testes.

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Essa seção caracteriza brevemente o cenário, o método de pesquisa e o método de trabalho aos quais este artigo é aplicado. Essas informações dizem respeito à forma como os resultados do artigo serão obtidos.

#### 3.1 DESCRIÇÃO DO CENÁRIO

O presente trabalho foi realizado em uma filial de uma multinacional do ramo automotivo, líder mundial do mercado de semi-eixos homocinéticos (Anexo 1). A empresa faz parte da divisão *Driveline*, que possui 40 fábricas em mais de 20 países, em todos os continentes. A planta brasileira está localizada na cidade de Porto Alegre, no estado do Rio Grande do Sul, é

responsável pela produção exclusivamente de semi-eixos automotivos que atendem aos mercados nacional e internacional.

As atividades de responsabilidade do setor de Engenharia de Processos (desenvolvimento dos processos de manufatura e produtos) serão o foco deste artigo. Este setor trabalha conjuntamente com os setores de Engenharia de Produto e *CAPM (Customer Application Programme Management)*. A Engenharia de Produto negocia os requisitos de produto e encaminha o desenho de produto à Engenharia de Processo - bem como os relatórios de qualidade a serem preenchidos - e solicita os testes a serem realizados. Os engenheiros de processo, por sua vez, preparam a documentação de processo (fluxograma, planos de controle, registros de liberação de setup, etc.). A principal atividade realizada no *CAPM* consiste no planejamento e a definição dos prazos de entrega dos produtos e relatórios aos clientes. Esses três setores trocam um volume intenso de informações durante o período de projeto: desde que o cliente expõe à empresa a necessidade de um novo produto, até ele ser liberado para a produção. O Anexo 1 mostra o produto desenvolvido pela empresa.

A aplicação deste estudo nessa empresa surgiu da necessidade da redução do tempo de entrega dos projetos - visto que os gerentes têm dificuldades no cumprimento dos prazos, incorrendo em frequentes atrasos, provocando renegociações com os clientes - e da redução das perdas de materiais envolvidas na fabricação de amostras e protótipos.

### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DO MÉTODO DE PESQUISA

Este trabalho possui natureza aplicada (CIRIBELLI, 2003), pois se volta à aplicação prática e com abordagem qualitativa. A abordagem é qualitativa, por abranger a investigação de valores, atitudes, percepções e motivações do público pesquisado, com o foco em compreendê-los em profundidade (MALHOTRA, 2006).

Quanto aos procedimentos técnicos, este trabalho se caracteriza como um Estudo de Caso, utilizando procedimentos deste método, que é o mais adotado quando é necessário responder a questões do tipo “como” e “por quê”, e quando o pesquisador tem pouco controle sobre os eventos pesquisados (YIN, 2001). O estudo tem por objetivo promover melhorias na organização.

### 3.3 CARACTERIZAÇÃO DO MÉTODO DE TRABALHO

Os assuntos abordados por este artigo são do interesse de indústrias de grande porte do setor metal mecânico que desenvolvem produtos utilizando testes de protótipos e amostras com elevada exigência de qualidade, envolvendo o processamento destas peças em condições reais de produção. O método de trabalho se desenvolve em quatro etapas.

A primeira etapa consiste na obtenção de informações da literatura sobre as ferramentas de desenvolvimento *lean*, encontrando os principais tipos de perdas possíveis para o PDP. Para realizar uma síntese, um foi obtido um *check list* envolvendo os possíveis tipos de perdas envolvidos em projetos de produto (Apêndice 1).

A segunda etapa foi o acompanhamento de um projeto por aproximadamente 50 dias, registrando os fatos ocorridos em um mapeamento de fluxo de valor (*PDVSM*), seguindo as instruções de elaboração sugeridas por McManus (2005), limitado à fase de projeto detalhado. Para a proposição do mapa do estado futuro dos processos, será considerada para análise a medição dos tempos necessários para a conclusão de cada atividade mapeada. As informações necessárias serão obtidas através da participação e observação *in loco* da execução de atividades. A obtenção de outras informações relevantes à análise dos projetos será obtida da documentação da empresa.

Em seguida, na terceira etapa, foi aplicado um questionário que confronta os eventos registrados no *PDVSM* com o *check list* dos possíveis tipos de perdas. O questionário foi respondido pelos sete engenheiros responsáveis pela execução do projeto detalhado, sendo três do setor de *CAPM* e quatro do setor de Engenharia de Processos – Amostras. Os entrevistados atribuíram uma pontuação aos tipos de perdas apresentados, cujas médias aritméticas das respostas foram inseridas em um gráfico de priorização que considera os fatores “impacto” e “frequência” dos eventos. Observa-se que nem todas as perdas relatadas no *check-list* correspondem àquelas relatadas no questionário, mas apenas as que se considerou como possíveis de ocorrer nos processos mapeados no *PDVSM*, buscando selecionar, dentre as perdas apresentadas, quais delas realmente ocorreram.

Na quarta e última etapa, houve reuniões com os engenheiros de processo, apresentando os resultados do mapeamento, do gráfico de priorização e do *check list*, para obtenção de um quadro contendo as perdas detectadas e as ações de melhoria. Como resultado final, se obteve o

desenho do mapa do estado futuro dos processos mapeados, contendo as melhorias sugeridas pelo quadro das ações de melhoria aplicadas aos respectivos processos. A Figura 5 esquematiza o método de trabalho aplicado:

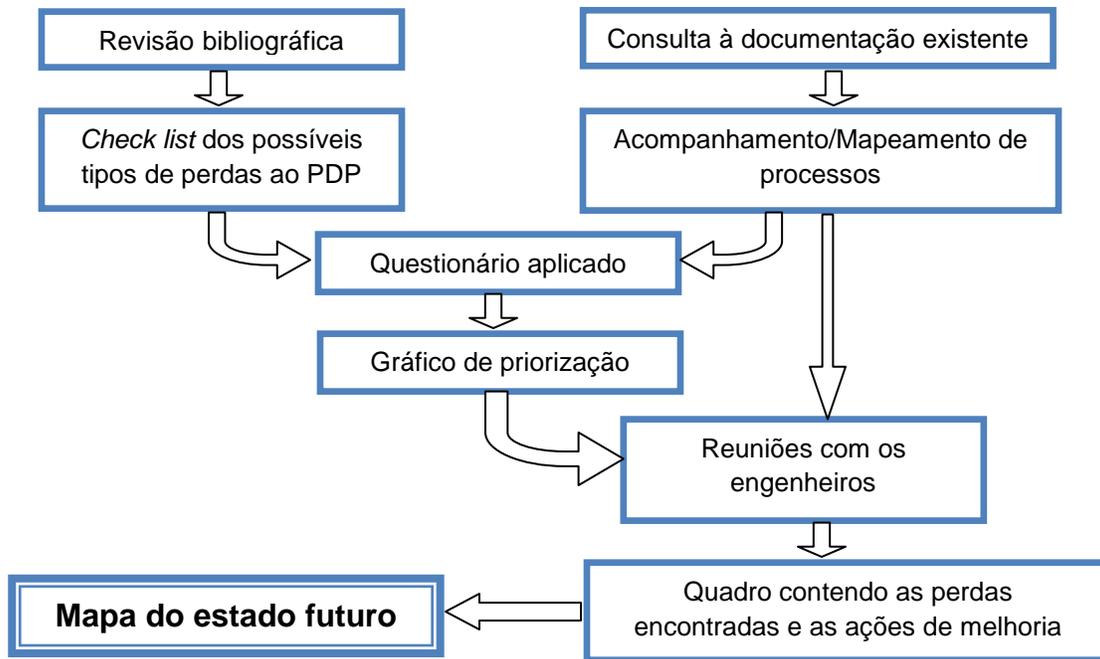


Figura 5: esquematização do método de trabalho aplicado

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quanto ao *check list*, os autores vêm publicando diferentes tipos de perdas relacionados ao PDP, sob a ótica do desenvolvimento enxuto de produtos. Desta forma, há um menor consenso na literatura em relação às perdas envolvidas no desenvolvimento enxuto, em comparação às existentes na produção enxuta. Isso se explica pela subjetividade envolvida nos projetos (alto fluxo de informações) e por ser um assunto mais recente (MCMANUS, 2005). Por estes motivos, novos tipos de perdas podem ser relacionados a projetos, dependendo da sua natureza e do grau de inovação. A partir da pesquisa bibliográfica, foi elaborado o *check list* das possíveis perdas do PDP (Apêndice 1).

Para analisar o processo de desenvolvimento de produtos da empresa, foi elaborado o mapeamento de 50 dias da execução da fase de projeto detalhado de um projeto chamado “Onix”, que possui média complexidade, envolvendo um número significativo de modificações de

produto em relação aos produtos existentes. O *check list* foi considerado na detecção dos possíveis problemas a serem relatados no mapeamento do estado futuro.

Para a realização do mapeamento, procedeu-se previamente a uma pesquisa à documentação da empresa. O documento fornecido foi elaborado pelo gerente da equipe da Engenharia de Processos – Amostras, que elaborou o projeto detalhado obedecendo às especificações recebidas pela matriz inglesa (Anexo 3). Os processos investigados aparecem em destaque no fluxograma (em amarelo). Esse fluxograma não define responsabilidades, que muitas vezes são distribuídas informalmente. Além disso, não responde a perguntas sobre como cada atividade é executada, quem faz, onde é feita. Foram mapeadas atividades da fase de projeto detalhado do projeto “Onix”, considerado de média complexidade, pois abrange uma considerável quantidade de modificações de produto em relação aos produtos existentes. São atividades críticas ao processo devido a atrasos e aumento dos custos (Figuras 6, 7, 8 e 9).

A primeira atividade mapeada corresponde ao “Recebimento de ferramental e entrega aos pré-sets”. Nesta atividade o pessoal do almoxarifado recebe as ferramentas e/ou ferramentais enviados pelos fornecedores e encaminha e-mail para o responsável pelo material, para que retire do local, realize a inspeção, inclua no inventário e armazene em local conveniente e disponível para o uso. Notou-se a presença de dois diferentes procedimentos: no primeiro nível, executado pelo pessoal responsável pela montagem de semi-eixos de amostras, e no segundo nível, realizado pelas demais unidades de manufatura de amostras (Figura 6).

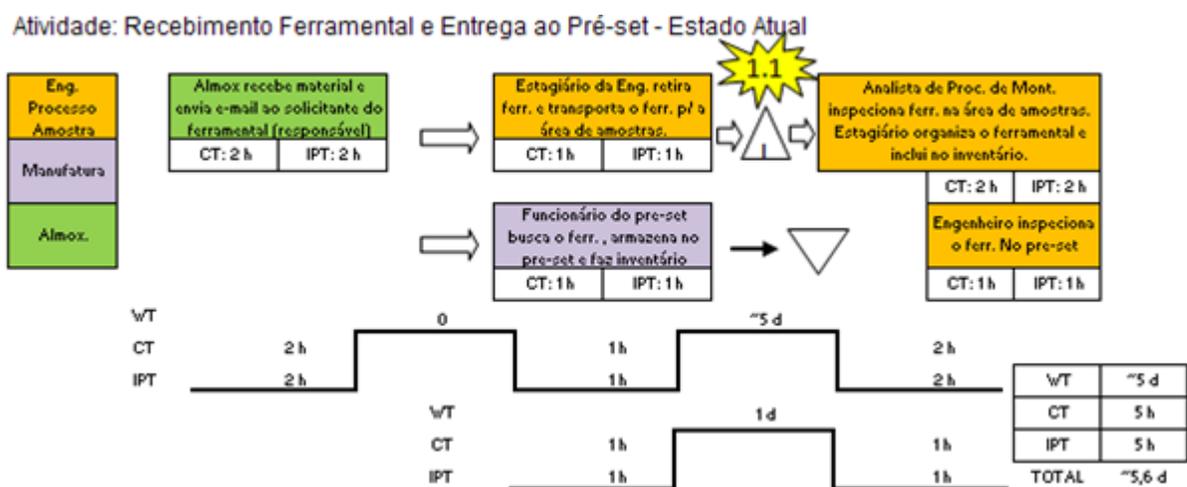


Figura 7: mapeamento da atividade “Recebimento e entrega ao Pré-set” do projeto “Onix”

Legendas: ver Figura 1 e Figura 2

A atividade seguinte, “Usinagem de amostras e estudos dimensionais” começa quando o operador, orientado pelo engenheiro de processos, realiza o setup da máquina para a nova peça, que será processada pela primeira vez. Após processar a peça na máquina, o operador efetua medições dimensionais com dispositivos próprios da célula de manufatura. Quando os valores medidos se encontram dentro das especificações, se inicia a produção. Algumas das peças produzidas são encaminhadas ao Departamento de Garantia da Qualidade, para medições dimensionais em dispositivos extremamente precisos (precisão em torno de 0,001mm) e em sala climatizada. Essas medições são registradas em relatórios a serem aprovados pelo Engenheiro de Produto responsável e encaminhados aos clientes (fabricantes de automóveis). Após tudo isso, as peças são encaminhadas à área de amostras, onde aguardarão pela montagem de Semi-eixos (Figura 7).

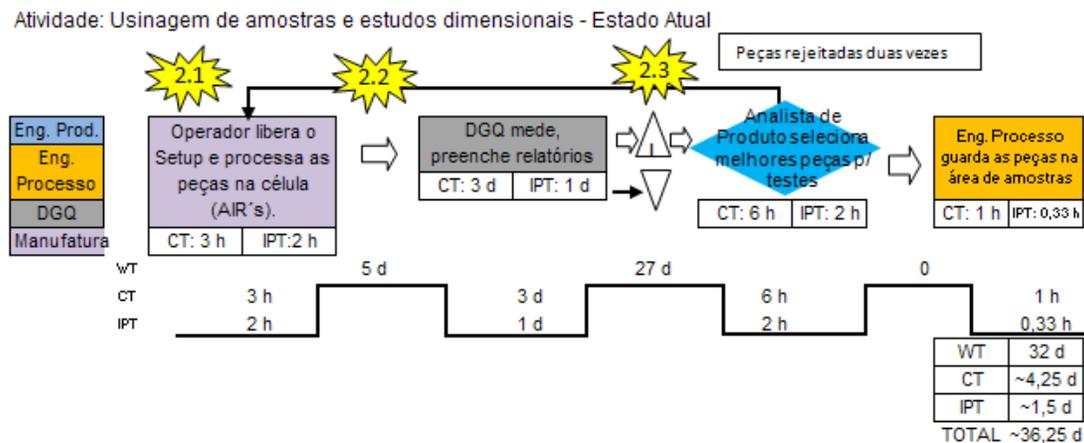


Figura 7: PDVSM da atividade “Usinagem de amostras e estudos dimensionais” projeto “Onix”

Legendas: ver Figura 1 e Figura 2

A próxima atividade, “Organizar componentes para montar amostras”, precede a montagem das amostras de semi-eixos. Nela, ocorre a segregação de componentes que se encontram em diversos setores da fábrica, e sua reunião na área de amostras, onde aguardarão para a montagem de semi-eixos de amostras (que ocorre normalmente no dia seguinte). Nessa etapa é frequente a ocorrência de erros de inventário, ocasionando falta de peças, ou dificuldade em localizá-las nos diferentes setores da fábrica (Figura 8).

Atividade: Organizar componentes para montar amostras - Estado Atual

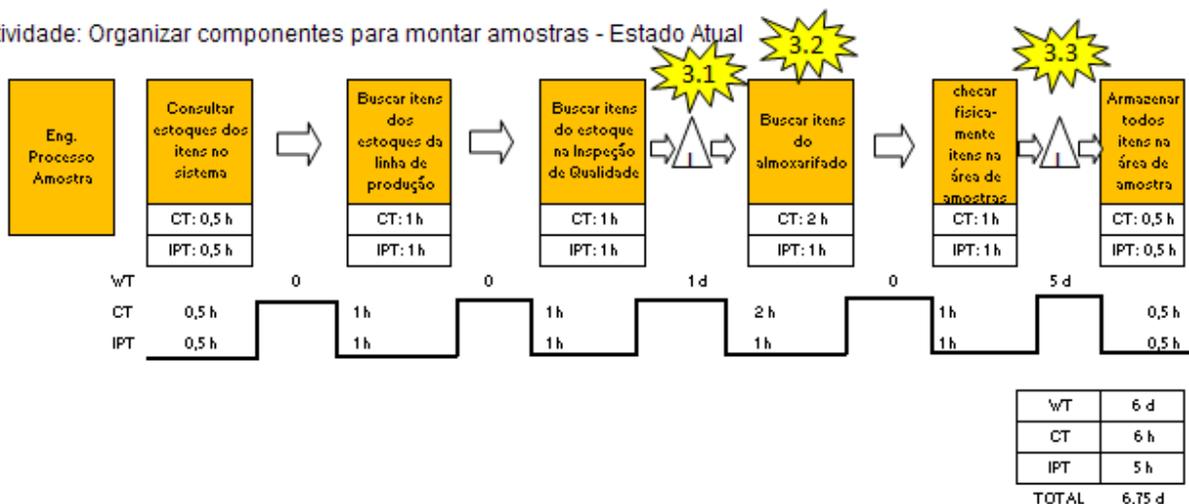


Figura 8: “Organizar componentes para montar amostras” - Legendas: ver Figura 1 e Figura 2

A última atividade mapeada, a “montagem de semi-eixos de amostras” inicia com a reserva da célula de montagem, em que a produção diária da célula é interrompida, motivo pelo qual não se admite perdas de tempo nessa etapa (célula sem produzir representa alto custo), motivo torna o processo crítico. Outro fator de criticidade deste processo consiste no prejuízo de sua execução em razão de falhas ocorridas nas etapas anteriores, e que somente são detectadas durante a montagem. O setup ocorre de forma despadronizada, demorada e desorganizada. Após a montagem, os semi-eixos são encaminhados para a área de amostras, onde aguardarão pelo envio ao cliente, ou pelo início dos testes internos (Figura 9).

Atividade: Montagem de peças (SEH's de amostras) - Estado Atual

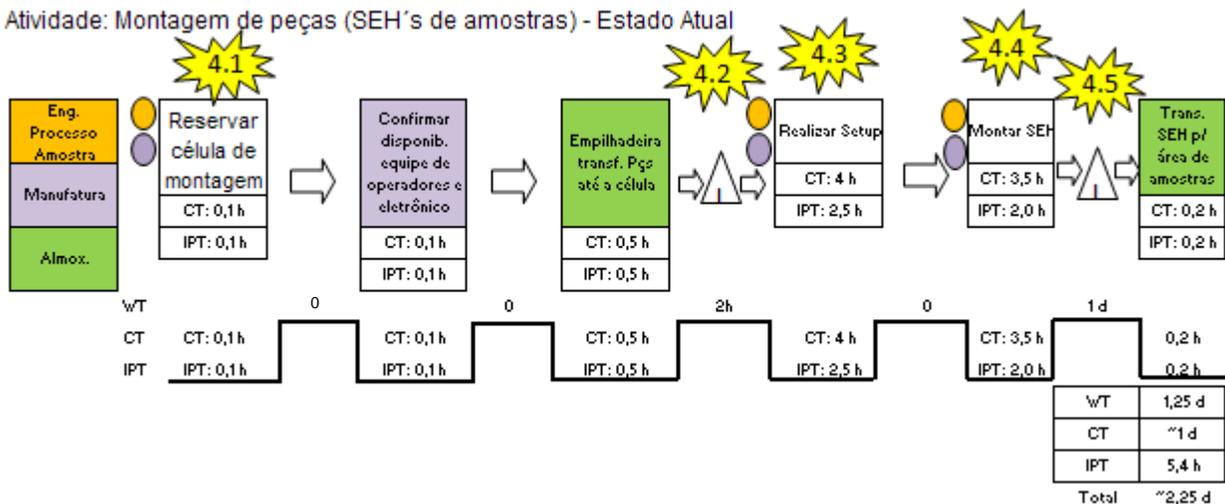


Figura 9: mapeamento da atividade “Montagem de semi-eixos de amostras” do projeto “Onix”

Legendas: ver Figura 1 e Figura 2

As perdas relatadas no *check list*, cuja frequência suspeita-se que possa existir nas atividades mapeadas, serviram para a elaboração de um questionário (Apêndice 2), aplicado aos 3 engenheiros do *CAPM* e aos 4 engenheiros da Engenharia de Processos – Amostras, que correspondem aos responsáveis pela execução da fase de projeto detalhado da empresa, visando a atribuir consensualmente, para cada perda encontrada, a respectiva causa. Optou-se pelo questionário fechado, por ser rápido de responder e permitir uma análise quantitativa dos dados:

A pergunta 3 teve 4 respostas diferentes: (1) Para melhorar o processo de fabricação de amostras/protótipos, estes deveriam entrar no MRP do *Supply Chain* para constar na capacidade produtiva, uma vez que amostra/protótipos são normalmente fabricados em máquinas de produção; (2) Falta de autonomia na tomada de decisão - Exemplo: Projetos com mesmo tamanho de peças (eixo, juntas, mangas etc.) que terão desenhos diferentes, sendo necessário dois desenvolvimentos, porque não pode ocorrer a unificação com o projeto corrente - desenho global, nova versão, etc; (3) Alterações de Engenharia (especificações) durante o desenvolvimento do projeto; (4) Atraso na entrega de componentes por fornecedores. Essas respostas são pertinentes, pois adicionam novas que não estavam relacionadas ao questionário, ou exemplificam a situação específica na qual ocorrem.

Para a análise da avaliação das notas dadas aos itens do questionário pelos engenheiros, se construiu uma adaptação do gráfico de prioridades de Paul Palady (1994). Este gráfico é utilizado para a priorização na ferramenta FMEA. Neste gráfico, o eixo vertical relaciona o índice de ocorrência de um modo ou causa de falha e o eixo horizontal, o índice de severidade de um modo de falha. Esses índices foram adaptados a este estudo, respectivamente, como “frequência” e “impacto”. Neste gráfico são definidas três áreas de prioridade de acordo com a política da empresa em relação ao FMEA: alta, média e baixa. A equipe de desenvolvimento de produtos da empresa não possuía uma regra para priorização dos itens e definiu a pontuação correspondente às faixas de prioridade especificamente para este estudo. Com a aplicação da pontuação obtida no questionário ao gráfico de priorização, se obteve como resultado (Figura 10):

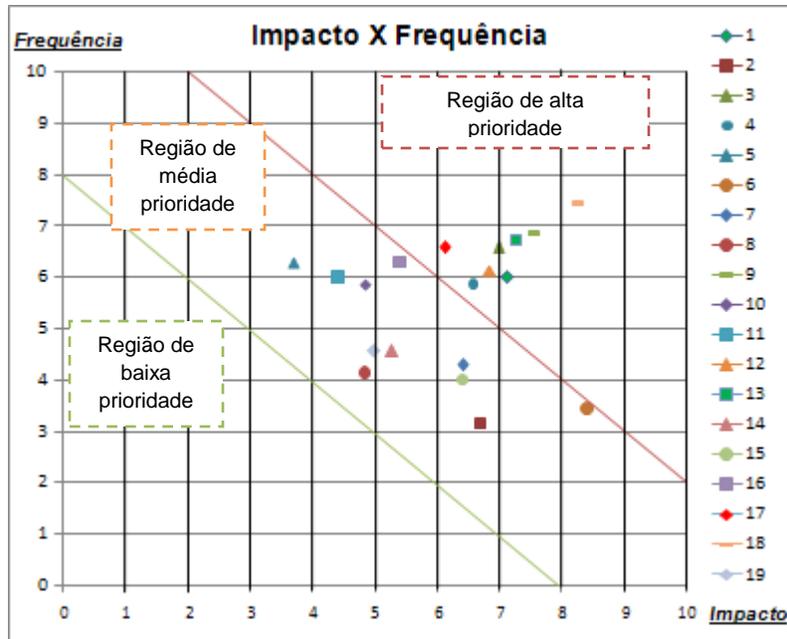


Figura 10: resultados do questionário aplicados ao gráfico de priorização. Fonte: adaptado de Paul Palady (1994)

O gráfico de priorização, com a aplicação dos resultados do questionário, mostra 8 perdas contidas na faixa de Alta Prioridade, que devem ser eliminadas: 1. Estoques para atender mudanças nas quantidades de amostras pedidas pelo cliente; 3. Perdas por espera na transferência de informações e relatórios; 11. Filas; 12. Má priorização dos projetos; 4. Perdas decorrentes do manuseio e formas de armazenamento; 9. Erros de inventário de amostras, causando falta de peças no momento que são solicitadas; 17. Falta de autonomia para simplificar os processos, eliminar práticas que não agregam valor para o cliente, adaptar os projetos à situação real; 18. Problemas de comunicação entre os times envolvidos no desenvolvimento de produto.

Para cada processo mapeado foi realizada uma reunião com os engenheiros de processos e, posteriormente, uma reunião com os setores responsáveis, para buscar as soluções aos problemas detectados (corresponde a cada símbolo de “explosão” no *PDVSM*). Na reunião com os engenheiros de processos, se utilizou como base os mapeamentos, o *check list* e o resultado do questionário, para obter o quadro: descrição das perdas encontradas no *PDVSM* e as ações de melhorias sugeridas (Apêndice 3). As ações de melhoria foram discutidas com os setores do chão de fábrica, para determinar a implementação e atribuir as novas responsabilidades aos envolvidos em cada processo. A proposição de um estado futuro para cada atividade mapeada foi feita

utilizando-se os mapeamentos dos estados atuais das atividades, bem como as sugestões de melhorias do Apêndice 2 (Figuras 11, 12, 13 e 14). Esses mapeamentos serão utilizados para os futuros projetos da empresa.

**Atividade: Recebimento Ferramental e Entrega ao Pré-set - Estado Futuro**

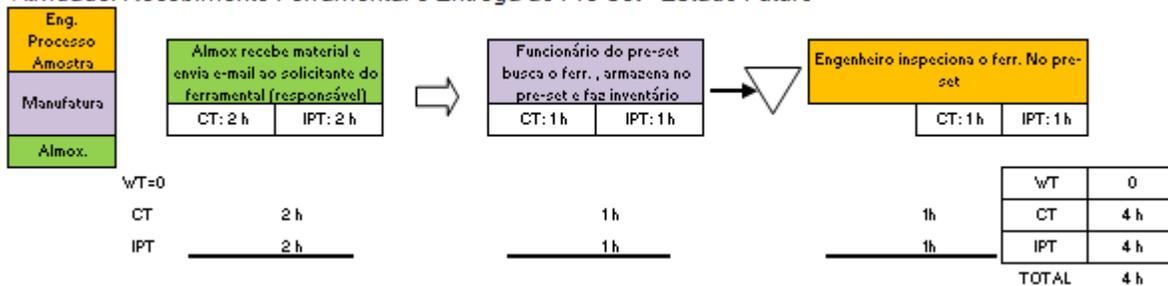


Figura 11: estado futuro da atividade “Recebimento e entrega ao Pré-set” do projeto “Onix”

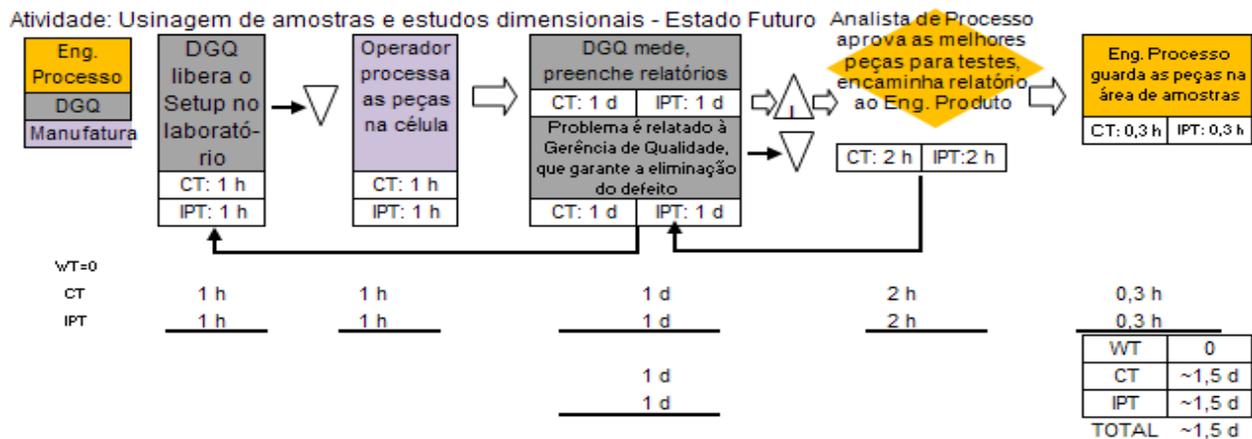


Figura 12: estado futuro da atividade “Usinagem de amostras e estudos dimensionais”

**Atividade: Organizar componentes para montar amostras - Estado Futuro**

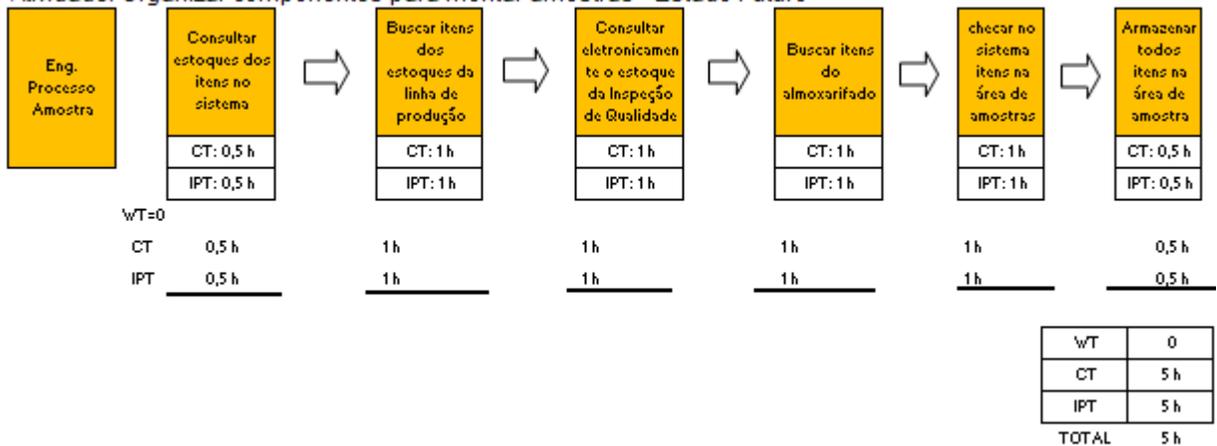


Figura 13: estado futuro da atividade “Organizar componentes para montar amostras” do projeto “Onix”

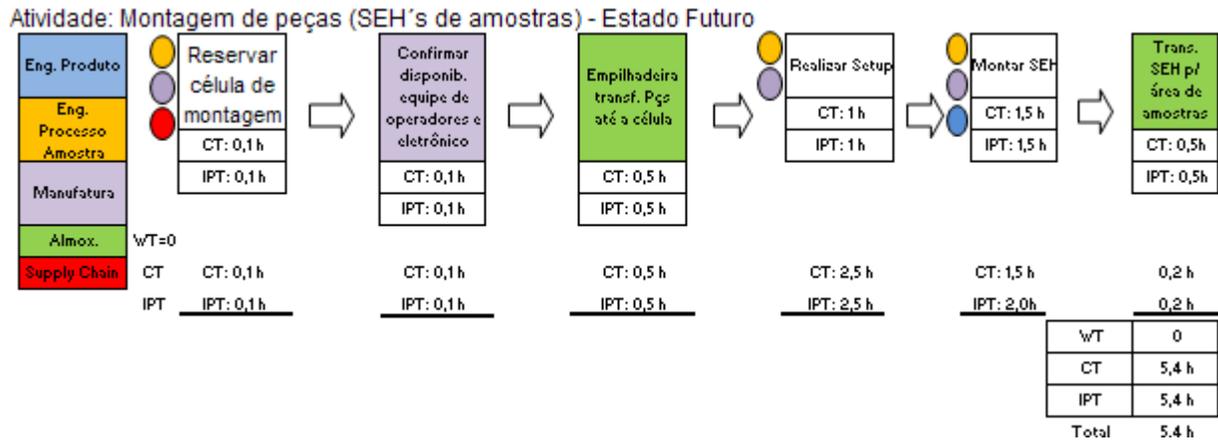


Figura 14: estado futuro da atividade “Montagem de semi-eixos de amostras” do projeto “Onix”

## 5. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo o levantamento das perdas incorridas no PDP de uma indústria do ramo automotivo, sob a ótica do desenvolvimento enxuto de produtos (*lean development*).

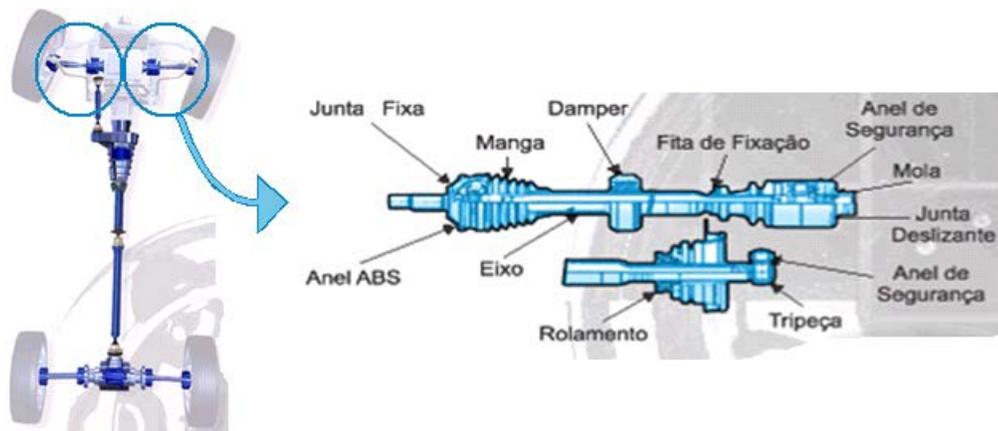
A empresa, apesar de atuar no mercado brasileiro há mais de 30 anos, apenas nos últimos anos começou a formalizar seus processos de desenvolvimento de produtos, pois sua participação nesse processo tem crescido de maneira rápida. Apenas em 2007 foi criada a Área de Amostras, para armazenar as peças dos projetos em desenvolvimento. Muitas das mudanças recentes do PDP não foram formalizadas, causando diferenças na maneira como cada projeto é conduzido, de forma despadronizada. Esses fatores ocasionam irregularidades no cumprimento dos prazos e elevação dos custos. A área de amostras não possui nem um inventário preciso das quantidades de cada peça armazenadas nesse local, nem uma estimativa do custo total dessas peças. Essa estimativa é fundamental para estabelecer metas de redução dos estoques do local, mostrado no (Anexo 2).

O *Checklist* demonstrou que a equipe de projetistas e engenheiros reconhece a ocorrência de diversas perdas no PDP da empresa. Essa percepção advém da visão desenvolvida através dos princípios da produção enxuta. Esse fato facilita muito a implementação do desenvolvimento enxuto de produtos na empresa. O *PDVSM* se mostrou uma ferramenta muito útil na detecção de

perdas que provocam aumento do tempo e dos custos de execução das etapas dos projetos, sendo útil para desenhar o processo a ser utilizado nos futuros projetos.

Para futuros estudos, sugere-se o estudo dos fatores que determinem a priorização dos projetos para evitar as longas filas nos processos, visto que elas afetam todos os setores envolvidos nos projetos, desde a engenharia até o laboratório de qualidade, laboratório metalúrgico, ferramentaria, etc, causando obstáculos ao fluxo de valor. Outra sugestão pertinente consiste na análise dos custos das amostras e das causas que levam à elevação do estoque das amostras (Anexo 2), para obter ações que visem a sua redução.

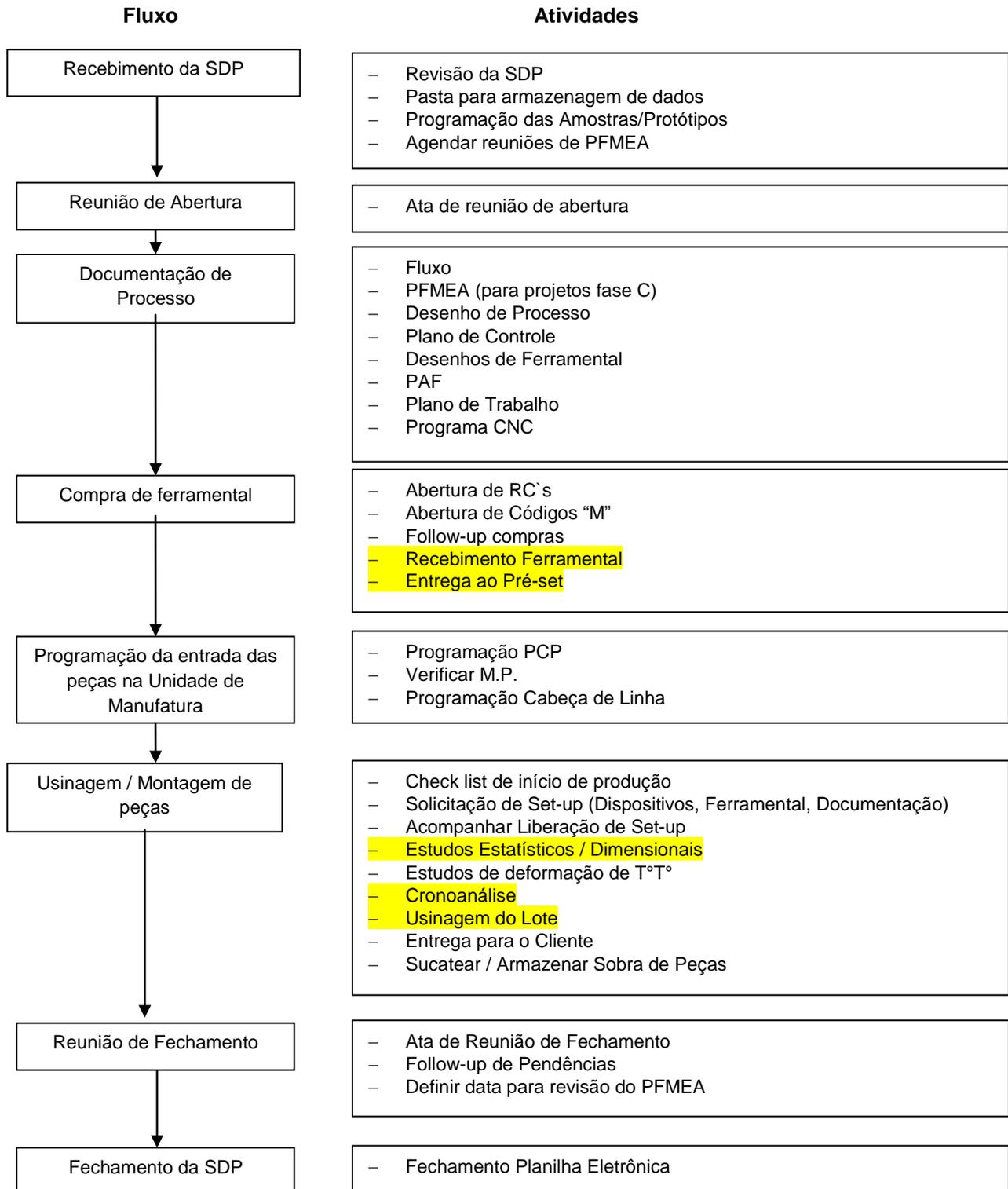
## 6. ANEXOS



Anexo 1: semi-eixo homocinético (SEH). Vista em corte



Anexo 2: foto do estoque da área de amostras (janeiro de 2012)



Anexo 3: fluxograma do projeto detalhado, elaborado na filial brasileira (março de 2011)

## APÊNDICES

<i>Check list</i> das possíveis perdas do PDP	
1. Superprodução	Falta de sincronia durante as etapas do PDP gera problemas de balanceamento. Produzir mais, ou antes, do que o processo seguinte exige (produção empurrada). Quanto maior o portfólio de produtos, maior tende a ser o estoque de peças e informações.
2. Espera	Tempo de espera por decisões, resultados ou distribuição da informação. Ausência de pessoas em reuniões aumenta a espera por informação (MCMANUS, 2005).
3. Transporte	Movimentação de materiais ou informações sem que isto resulte em valor ao produto. Indefinições ou excessiva distribuição de informações.
4. Processamento inadequado/ desnecessário	Reinvenção (falta de benchmarking e de capacidade de reutilização de resultados), falta de padronização de processos, falta de disciplina, processos que não agregam valor, tarefas redundantes. Melhoria contínua pouco efetiva.
5. Estoque/ inventário	Materiais (ex: protótipos não utilizados), informações ou conhecimento parado ou não utilizado no processo, não seguindo um fluxo produtivo.
6. Movimentação	Excesso de movimentação de pessoas. Excesso de atividades durante a execução da tarefa ou atividade. Inclui reuniões redundantes e revisões superficiais.
7. Defeitos	São tarefas que não são bem executadas e possuem resultados errados ou ineficientes. Atividades que resultam em outputs com problemas.
8. Subutilização da capacidade das pessoas / capacidades não utilizadas	Colaboradores não utilizam todas suas capacidades e habilidades, pois seus papéis e responsabilidades são muito limitados (LOCHER, 2008). Falta de rodízio de funções, falta da disseminação do conhecimento.
9. Recursos limitados de TI	Dificuldade em integrar todo o PDP, leva a problemas de compatibilidade, capacidade e disponibilidade baixas.
10. Correção	Inspeção para detectar problemas de qualidade ou para consertar defeitos. Concretização da qualidade externamente, retrabalho.
11. <i>Wishful thinking</i>	Decisões que não estão de acordo com os requisitos estabelecidos no planejamento do produto e que, durante o PDP, não possuem foco na criação de valor para o cliente. Compreende a aplicação de ferramentas conhecidas em situações inadequadas, sem sanar os problemas.

Apêndice 1: *check list* dos tipos de perdas possíveis ao PDP. Adaptado de McManus (2005), Pessoa (2008), Locher (2008), Liker & Morgan (2008)

Assinale a frequência e impacto que as perdas mencionadas a seguir têm sobre o tempo de execução dos projetos e sobre o controle dos estoques de amostras, incluindo a importância e impacto dos blocos: (1) perdas operacionais e (2) perdas relacionadas à gestão do projeto, destacando a nota na tabela abaixo.

<b>A) Perdas operacionais</b>	Frequência	Impacto
1. Estoques para atender mudanças nas quantidades de amostras pedidas pelo cliente.	1 a 10	1 a 10
2. Atraso na entrega de um projeto resultar redução no volume de vendas do produto.	1 a 10	1 a 10
3. Perdas por espera na transferência de informações e relatórios.	1 a 10	1 a 10
4. Perdas decorrentes do manuseio e formas de armazenamento.	1 a 10	1 a 10
5. Perdas por espera na transferência física das amostras.	1 a 10	1 a 10
6. Problemas de qualidade nas amostras (atrasando os projetos).	1 a 10	1 a 10
7. Perdas relativas ao processamento de amostras (sucata devido a indefinições do processo ou produto)	1 a 10	1 a 10
8. Estoque por antecipação (prevendo perdas no processo interno).	1 a 10	1 a 10
9. Erro de inventário de amostras, causando falta de peças quando são solicitadas.	1 a 10	1 a 10
<b>B) Perdas relacionadas com gestão do projeto</b>	Frequência	Impacto
10. Perdas causadas pelo ambiente multiprojetos.	1 a 10	1 a 10
11. Filas.	1 a 10	1 a 10
12. Má priorização dos projetos.	1 a 10	1 a 10
13. Problemas na sincronização entre os diferentes setores envolvidos com amostras. Desbalanceamento de distribuição de atividades entre os membros.	1 a 10	1 a 10
14. Falta de um diário de bordo dos projetos, explicando o que ocorreu a cada dia.	1 a 10	1 a 10
15. Falta de mapeamento do fluxo de valor, mantendo somente as atividades de relevância para o cliente.	1 a 10	1 a 10
16. Perdas dentro das reuniões ocorridas na fase de projeto (ausências, espera por decisões das reuniões...).	1 a 10	1 a 10
17. Falta de autonomia para simplificar os processos, eliminar práticas que não agregam valor para o cliente, adaptar os projetos à situação real.	1 a 10	1 a 10
18. Problemas de comunicação entre os times no desenvolvimento de produto.	1 a 10	1 a 10
19. Mudanças ocorridas no decorrer do projeto.	1 a 10	1 a 10
<b>3. Que outras perdas você considera importante relacionar ao PDP?</b>		

Apêndice 2: questionário proposto aos engenheiros que coordenam a fase de Projeto Detalhado

Problema	DESCRIÇÃO DA PERDA	AÇÃO DE MELHORIA
 1.1	1) Espera: 5 dias entre o armazenamento na área de amostras e a inspeção pelo engenheiro de processo de montagem. 2) Erro de inventário: foi detectada a repetição da compra de ferramental. Dois itens com valor de aproximadamente R\$ 4000,00 cada foram encontrados em duplicidade na área de amostras.	Funcionário do Pré-set da montagem transferência do ferramental novo do almox diretamente para o pré-set, sem passar pela área de amostras, como é feito com os outros ferramentais. A montagem é a única unidade de manufatura que não necessita troca constante de ferramental, o que justifica a diferença nos procedimentos.
 2.1	Problemas de qualidade das amostras. As peças foram rejeitadas 2 vezes pelo engenheiro de produto.	DGQ liberar o setup no laboratório, com instrumentos de medição mais precisos que os utilizados na linha de produção.
 2.2	Má priorização dos projetos: filas no DGQ para iniciar as medições. 2 dias na primeira medição, 2 dias na segunda, 1 dia na terceira.	Incluir medições de amostras no plano semanal das medições dimensionais.
 2.3	1) Espera pela transferência de informação: demora de 15 dias para aprovação de peças pelo engenheiro de produto na primeira vez, 10 dias na segunda vez e 2 dias na terceira. 2) Má priorização dos projetos: atividade era prioritária na etapa de processamento na linha de produção, depois deixou de ser prioritária na aprovação das peças.	1) O mesmo engenheiro de processo acompanhar a produção das amostras e aprovar os relatórios de qualidade dimensionais, encaminhando relatórios ao engenheiro de produto. Envolver a gerência de qualidade na aprovação de peças rejeitadas pela primeira vez. 2) Não alterar prioridades no decorrer dos projetos.
 3.1	1) Espera na transferência de informações: o responsável pela igual não estava disponível para informar o estoque do item. 2) Falta de integração de TI: engenharia não tinha acesso à planilha em VBA usada para o controle de estoque do igual.	Disponibilizar acesso somente leitura para a planilha de estoque do igual à engenharia, e treinamento sobre o uso da consulta à planilha.
 3.2	Falta de comunicação entre os times envolvidos no PDP: problemas durante a geração da ordem de produção para retirar eixos do Almox.	Atribuir essa função a um responsável pelas amostras dentro do setor de Supply Chain.
 3.3	1) Erro de inventário: faltaram mangas para montagem dos SEH. Havia saldo no sistema mas as peças já haviam sido utilizadas sem baixa no estoque. Embarque aéreo demorou 5 dias para as peças chegarem à fábrica. 2) Falta de integração de TI: dificuldades frequentes em acertar o estoque da área de amostras. 3) Falta de autonomia aos colaboradores: não há acesso aos engenheiros para ajustar o estoque da área de amostras, somente aos funcionários do Almox.	Disponibilizar notebook para realizar inventário da área de amostras. Disponibilizar acesso ao sistema para o pessoal da Engenharia de Processos alterar a quantidade de itens no estoque da área de amostras.
 4.1	1) Problemas de comunicação: o Supply Chain não reserva capacidade para a montagem de amostras. Frequentes atrasos porque a engenharia agenda com a Manufatura, mas o Supply Chain desfaz o acordo.	Encarregado de amostras dentro do setor de Supply Chain reservar capacidade necessária mensal para montagem de amostras.
 4.2	Espera: empilhadeira normalmente indisponível para o transporte dos componentes pois o primeiro horário é alocado para viar containers de sucata na caçamba dos caminhões para a reciclagem.	Alterar o horário da movimentação da sucata.
 4.3	Erro de inventário: ferramental não localizado na área de amostras, a procura aumenta o tempo de setup.	Idem a 1.1.
 4.4	1) Erro de inventário: montagem deixa de usar alguns dispositivos de automatização, aumentando o tempo de montagem das amostras. 2) Problemas de comunicação: dúvida sobre a especificação de graxa na junta, o engenheiro de produto estava indisponível para prestar a informação.	1) Idem a 1.1. 2) Engenheiro de Produto se responsabilizar por acompanhar a montagem de SEH e prestar informações.
 4.5	Espera: empilhadeira leva o material para o almox, onde aguarda para que, no dia seguinte, outra empilhadeira envie o material até a área de amostras.	Empilhadeira enviar o material direto à área de amostras.

Apêndice 3: descrição das perdas encontradas no PDVSM e as ações de melhorias sugeridas

## REFERÊNCIAS

- ABRAMOVICI, M. (2007). *Future trends in product lifecycle management*. In: *The Future of Product Development, Proceedings of 17th CIRP Design Conference*, Springer Berlin Heidelberg.
- BAUCH, C. *Lean Product Development: Making waste transparent*. Munich, 2004. 140 p. Tese (Doutorado) – *Technical University of Munich*.
- CIRIBELLI, Marilda Corrêa. Como elaborar uma dissertação de mestrado através da pesquisa científica. Rio de Janeiro: 7Letras, 2003. 222 p.
- CLARK, K. B.; FUJIMOTO, T. *Product development performance: strategy, organization and management in the world auto industry*. Boston: *Harvard Business School Press*, 1991.
- COOPER, R. (1991) *Stage Gates systems: a new tool for managing new products*. *Engineering Management Review*, p.5-12.
- DANILOVIC, M. and BÖRJESSON, H. (2001) “*Managing the MultiProject Environment*”, In: *The Third Dependence Structure Matrix (DSM) International Workshop, Proceedings, Massachusetts Institute of Technology (MIT), Massachusetts, Boston, Cambridge, USA*.
- FUJIMOTO, T. e TAKEISHI, A. (2001). “*Automobiles: Strategy-Based Lean production System*”. *Tokyo, the University of Tokyo, Discussion Papers*.
- LEAN INSTITUTE – consulta ao site: [www.leaninstitute.com.br](http://www.leaninstitute.com.br) em setembro/2011.
- LIKER, J. & MORGAN, J. *The Toyota Product Development System – Integrating People, Process and Technology*. Ed. *Productive Press, New York*, 2006
- LOCHER, D. A. *Value Stream Mapping for lean development*. *New York: Taylor & Francis Group*, 2008.
- MALHOTRA, Naresh K. *Pesquisa de Marketing: uma orientação aplicada*. Tradução Laura Bocco. 4ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2006. 720 p.
- MASCITELLI, R. *The Lean Development Guidebook: everything your design team needs to improve efficiency and slash time-to-market*. Ed. *Technology Perspectives*, 2007.

MCMANUS, H. - *Product Development Value Stream Mapping (PDVSM) Manual 1.0. Lean Aerospace Initiative* – Cambridge, 2005.

MEYER, Marc H.; LEHNERD, Alvin P. *The power of product platforms: building value and cost leadership. New York: Free Press, 1997.*

MILARD, R. L. *Value stream analysis and mapping for product development. Massachusetts, 2001. Dissertação (Mestrado) – Massachusetts Institute of Technology.*

OHNO, T. *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. Portland, OR: Productivity Press, 1988.*

PALADY, P. FMEA: Análise dos Modos de Falha e Efeitos: prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram. 3. ed. 270 p. São Paulo: IMAM, 2004.

PESSÔA, M. V. P. (2008). *Weaving the waste net: a model to the product development system low performance drivers and its causes. White Paper – LAI 08-01, The Lean Aerospace Initiative, Massachusetts Institute of Technology, Jan.*

ROZENFELD, H. *et al.* Gestão de Desenvolvimento de Produtos: Uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006, 542 p.

SALERNO, M. S. *et al.* A nova configuração da indústria automobilística brasileira. Relatório de Pesquisa. Departamento de Engenharia de Produção, USP, Nov-2002. Disponível em: [www.poli.usp.br/pro/cadeia-automotiva](http://www.poli.usp.br/pro/cadeia-automotiva).

SHENHAR, A. J., WIDEMAN R. M.. *Optimizing Project Success by Matching PM Style with Project Type, Project Management Forum, Artigo, Vancouver, 2000.*

SHINGO, S. *A Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint. [S.l.]: Productivity Press, 1981.*

STURGEON, T. e FLORIDA, R. (1999). “*The World that Change the Machine: Globalization and Jobs in the Automotive Industry*”. *Final Report, IMVP.*

YIN, Robert K. Estudo de caso – planejamento e métodos. (2ª Ed.). Porto Alegre: Bookman. 2001.