UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

HEITOR DE ARAUJO MARTINS

PRÁTICAS DE MELHORIA DE MANUFATURA COM CURTO CICLO DE VIDA DE PRODUTOS E IMPREVISIBILIDADE DE DEMANDA: APLICAÇÃO NA INDÚSTRIA DE VESTUÁRIO DE MODA

São Carlos

2013

HEITOR DE ARAUJO MARTINS

Práticas de Melhoria de Manufatura com Curto Ciclo de Vida de Produtos e Imprevisibilidade de Demanda: Aplicação na Indústria de Vestuário de Moda

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Gestão da Mudança e Melhoria Organizacional

Orientador: Prof. Associado Antonio Freitas Rentes

São Carlos

2013

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

M386p

Martins, Heitor de Araujo
Práticas de melhoria de manufatura com curto ciclo de vida de produtos e imprevisibilidade de demanda : aplicação na indústria de vestuário de moda / Heitor de Araujo Martins; orientador Antonio Freitas Rentes. São Carlos, 2013.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Área de Concentração em Processos e Gestão de Operações -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2013.

1. Imprevisibilidade de demanda. 2. Curto ciclo de vida. 3. Manufatura enxuta. 4. Manufatura ágil. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidata: Engenheiro **HEITOR DE ARAUJO MARTINS**.

Título da dissertação: "Práticas de melhoria de manufatura com curto ciclo de vida de produtos e imprevisibilidade de demanda: aplicação na indústria de vestuário de moda".

Data da defesa: 15/03/2013

Comissão Julgadora:	Resultado:
Prof. Associado **Antonio Freitas Rentes (Orientador)** (Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)	Aprovado
Prof. Associado **Fábio Müller Guerrini** (Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)	Aprovado
Prof. Dr. **Moacir Godinho Filho** (Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)	Aprovado

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção:
Prof. Titular **Henrique Rozenfeld**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:
Prof. Titular **Denis Vinicius Coury**

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer a minha família por sempre ter estimulado o caminho do conhecimento e do “trabalho duro” para obter bons resultados. O exemplo de minha mãe, que teve coragem para realizar um excelente mestrado mesmo após vários anos após sua graduação e os ensinamentos de meu pai sempre vinham à minha cabeça nos momentos mais difíceis. Pai, mãe e Murillo, muito obrigado! Mesmo distantes, o apoio de vocês foi fundamental para a conclusão de mais essa etapa.

Em seguida, gostaria de agradecer à minha eterna namorada. Amor, sua paciência e compreensão foram espetaculares. Sei que nos privamos de muitos momentos juntos durante a realização desse trabalho e sou muito grato por sua atitude ao longo de todo o “processo”. Eu não teria conseguido sem você. Te amo e espero retribuir à altura durante o seu mestrado e o tempo em que estivermos juntos.

Agradeço especialmente ao meu orientador, Professor Rentes, por todo o apoio e direcionamento ao longo da realização desse trabalho e por ter me trazido para o mundo da Engenharia de Produção.

Agradeço também a todos meus amigos da Hominiss. Vocês me ensinaram muito do conteúdo descrito aqui e me deram a oportunidade de desenvolver o restante. Além disso, sem o suporte de vocês teria sido literalmente impossível realizar esse mestrado. Em especial, agradeço o Ricardo Nazareno e a Paola Stefanelli por terem participado da construção dos conceitos descritos nessa dissertação. Agradeço também a outros amigos que formei na Hominiss: Cesar Araujo, Ronaldo Mardegan, Gustavo Rasteiro, José Geraldo, Leandro Antonelli, Lucas Goulart, Danilo Bezerra, Tiago Bresciani, Rafael Saia, Thiago Bertani, Thiago Silva e Ruy Souza.

Por fim, agradeço a toda à equipe da empresa em que o projeto foi realizado. O conhecimento prático e a contribuição de vocês foram fundamentais para o sucesso do trabalho que realizamos juntos. Muitas pessoas estiveram envolvidas, mas em especial gostaria de agradecer: Paulo Jr., Marco Aurélio, Claudia Rosa, Thayrine Oliveira, Marileide Nascimento, Samantha Arielly, Leandro Araújo, Thiago Flores, Herbert Madeira e Arineia de Assis.

Ao meu avô, que entre tantas coisas, me ensinou que

“pensar não dói e saber não ocupa espaço”.

RESUMO

MARTINS, H. A. (2013). *Práticas de Melhoria de Manufatura com Curto Ciclo de Vida de Produtos e Imprevisibilidade de Demanda: Aplicação na Indústria de Vestuário de Moda.* São Carlos, 177p. Dissertação de Mestrado (Mestrado) – Escola de engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2013.

A tendência de aumento de *mix* e redução do ciclo de vida de produtos está se ampliando em diversos setores da economia e a imprevisibilidade de demanda resultante gera novos desafios para o gerenciamento da cadeia de suprimentos que deve buscar maximizar a disponibilidade dos produtos ao mesmo tempo em que a sobra é minimizada Apesar dessa tendência ainda não estar consolidada, a relevância de setores que já enfrentam esses desafios (principalmente as indústrias relacionados à moda e à tecnologia) e a importância da adequação dos processos da empresa a esse novo ambiente para a lucratividade do negócio constituem os motivadores dessa pesquisa. Dessa forma, o principal objetivo deste trabalho é identificar quais práticas de melhoria de manufatura podem ser utilizadas para lidar com os desafios inerentes a esse ambiente. Além disso, propõe-se caracterizar tais desafios formalmente, explicitando mais detalhadamente a relação entre eles, às práticas de manufatura e alguns resultados operacionais e financeiros das empresas. Para isso são utilizadas a revisão bibliográfica e a pesquisa-ação em uma indústria de vestuário de moda como os dois principais procedimentos técnicos de pesquisa. Os resultados positivos obtidos permitem concluir que práticas de melhoria provenientes da manufatura enxuta e da manufatura ágil podem ser utilizadas em conjunto para adequar o processo de planejamento e produção aos desafios desse novo cenário, permitindo a obtenção de melhores resultados operacionais.

Palavras-chave: Imprevisibilidade de demanda, Curto ciclo de vida, Manufatura Enxuta, Manufatura Ágil.

ABSTRACT

MARTINS, H. A. (2013). *Improvement Practices for Manufacturing Short Life Cycle Products with uncertain demand: Application in Apparel Fashion Industry.* São Carlos, 177p. Master's Thesis (MA) – School of Engineering of São Carlos, University of São Paulo, 2013.

The trend of increased mix and shorter product life cycle is expanding in several sectors of the economy and the resulting demand unpredictability generates new challenges for the supply chain management, which needs to find new ways to maximize products availability and minimize inventory obsolescence. Despite this trend is not yet consolidated, the relevance of sectors already facing this challenges (especially industries related to fashion and technology) and the importance of processes adaptation to this new environment for business profitability are the motivators of this research. Thus, the main objective of this work is to identify which manufacturing improvement techniques can be used to deal with this environment challenges. Furthermore, it is proposed to formally characterize those challenges, explaining in more detail the relationship between them, the manufacturing practices and some operational and financial results of companies. To achieve this goal, literature review and action research in a fashion apparel industry are used as the two main research procedures. The positive results obtained indicate that improvement practices from lean manufacturing and agile manufacturing can be used together to tailor production and the planning process to this new scenario, allowing for better operational results.

Keywords: Demand uncertainty, Short life cycle, Lean Manufacturing, Agile Manufacturing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estágios de maturidade da cadeia têxtil-vestuário-varejo 30
Figura 2 – Relações entre características do ambiente, práticas da manufatura e lucratividade 32
Figura 3 – Coeficiente de variação *versus* volume de vendas para múltiplos SKUs 42
Figura 4 – Fases de planejamento ao longo do ciclo de vida de um produto 47
Figura 5 – Exemplo de aplicação do *newsvendor model* considerando uma reposição durante todo o ciclo de vida do produto 49
Figura 6 – Variação na previsão de demanda *versus* a demanda real em diferentes momentos do ciclo de vida de alguns SKUs 52
Figura 7 – Exemplo de aplicação do *newsvendor model* adaptado para mais de uma reposição durante todo o ciclo de vida do produto 54
Figura 8 – Impacto da redução do *lead time* de reposição na margem bruta 55
Figura 9 – Redução nos custos relacionados à *stockouts* e a vendas com desconto devido à utilização de maior capacidade reativa 56
Figura 10 – Alocação ótima de capacidade produtiva de curto *lead time* e de longo *lead time* como uma função da incerteza da demanda 58
Figura 11 – Comparação dos custos de produção relacionados ao volume e a variedade no contexto de manufatura tradicional e manufatura flexível 62
Figura 12 – Comparação entre as práticas da manufatura enxuta e da manufatura ágil 78
Figura 13 – Práticas relacionadas ao aumento de capacidade e suas relações com o objetivo desse trabalho 81
Figura 14 – Outras práticas e suas relações com o objetivo desse trabalho 82
Figura 15 - Comparação entre a evolução do preço das ações da Inditex e de suas principais concorrentes 93
Figura 16 – Metodologia adaptada do DMAIC para implantação e análise dos resultados da pesquisa-ação 100
Figura 17 – Mapa de Fluxo de Valor da situação inicial encontrada na empresa 109
Figura 18 – *Lead time* médio dos processos produtivos na situação inicial 110
Figura 19 – *Layout* da fábrica e diagrama de espaguete existente na situação inicial 112
Figura 20 – Comportamento da demanda agregada ao longo de uma coleção 114
Figura 21 - Previsão de demanda em relação à demanda real em diversos momentos da coleção 118
Figura 22 – Coeficiente de variação em relação ao volume normalizado de demanda 119
Figura 23 – Evolução da acuracidade de previsão de demanda ao longo da coleção 120
Figura 24 - Mapa de Fluxo de Valor da situação futura projetada para a empresa 125
Figura 25 – Cronograma de implementação das iniciativas de melhoria 127

Figura 26 – Comportamento típico da demanda, prevista, real e estoque de uma matéria-prima ao longo da coleção 129
Figura 27 – Quadro *kanban* e quadro de controle de recebimento implantados 131
Figura 28 – Fatores contemplados para definição do nível de estoque 137
Figura 29 – Exemplo do nivelamento de *mix* e volume obtido na programação da produção 138
Figura 30 – Mapa de Fluxo de Valor da situação inicial do processo de Acabamento e Garantia de qualidade 140
Figura 31 – *Layout* e diagrama de espaguete inicial no Acabamento e Garantia de qualidade 141
Figura 32 – Balanceamento do tempo de ciclo das etapas de acordo com o *takt time* 142
Figura 33 – *Layout* e diagrama de espaguete implantado no Acabamento e Garantia de qualidade 144
Figura 34 – Mapa de Fluxo de Valor da situação implantada no processo de Acabamento e Garantia de qualidade 145
Figura 35 – Comparação esquemática entre a forma de transporte anterior e a implantada 148
Figura 36 – Exemplo de medição de desempenho desenvolvida para facções 149
Figura 37 – *Layout* implantado 152
Figura 38 – Impacto da alteração do *layout* no *lead time* dos processos 153
Figura 39 – Evolução dos resultados obtidos no projeto 157
Figura 40 – Cenários possíveis para aplicação de *postponement* 159
Figura 41 – Impacto da aplicação de *postponement* no *lead time* de entrega 161
Figura 42 – Impacto da aplicação de *postponement* na redução de variedade de produtos por processo 163

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tempo padrão de operação *versus* tempo de atravessamento para produtos de vestuário selecionados 24
Tabela 2 – A evolução do Pensamento Enxuto 65
Tabela 3 – Classificação de importância das características *lean* e ágeis 74
Tabela 4 – Comparação entre indicadores de processo e resultado da Zara e seus principais concorrentes 85
Tabela 5 – Comparação entre o valor de mercado da Inditex e de suas principais concorrentes 92
Tabela 6 – Principais produtos, suas características de *mix*, demanda e processos produtivos 105
Tabela 7 – Síntese da análise da situação identificada na empresa (fluxo de informação) .. 123
Tabela 8 – Síntese da análise da situação identificada na empresa (fluxo de materiais) 124
Tabela 9 - Análise das práticas de melhorias observadas e aplicadas 165

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATO – **A**ssembly **T**o **O**rder

DMAIC – **D**efine, **M**easure, **A**nalyze, **I**mprove, **C**ontrol

EDI – **E**lectronic **D**ata **I**nterchange

EOQ – **E**conomic **O**rder **Q**uantity

ERP – **E**nterprise **R**esource **P**lanning

EUA – **E**stados **U**nidos da **A**mérica

FIFO – **F**irst **I**n **F**irst **O**ut

HCTAR – The **H**arvard **C**enter for **T**extile and **A**pparel **R**esearch

JIT – **J**ust **I**n **T**ime

MFV – **M**apa de **F**luxo de **V**alor

MTO – **M**ake **T**o **O**rder

MTS – **M**ake **T**o **S**tock

PDCA – **P**lan, **D**o, **C**heck, **A**ct

PEGEMs – **P**aradigmas **E**stratégicos de **G**estão da **M**anufatura

ROP – **R**e-**O**rder **P**oint

SKU – **S**tock-**K**eeping **U**nit

SMED – **S**ingle **M**inute **E**xchange of **D**ie

STP – **S**istema **T**oyota de **P**rodução

TI – **T**ecnologia da **I**nformação

TPS – **T**oyota **P**roduction **S**ystem

VMI – **V**endor **M**anaged **I**nventory

WIP – **W**ork **I**n **P**rocess

SUMÁRIO

RESUMO **9**

ABSTRACT **11**

LISTA DE FIGURAS **13**

LISTA DE TABELAS **15**

Lista de Abreviaturas e Siglas **17**

SUMÁRIO **19**

1. INTRODUÇÃO **21**

1.1. Escopo da Pesquisa e Natureza do Problema 21

1.2. Justificativa 33

1.3. Objetivo 34

1.4. Diretrizes Metodológicas para Pesquisa 34

1.5. Planejamento da Pesquisa 37

1.6. Conteúdo da Dissertação 38

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA **40**

2.1. Relações entre características do ambiente, práticas internas e lucratividade **40**

2.1.1. Relação entre variedade de produtos e imprevisibilidade de demanda 40

2.1.2. Relação entre curto ciclo de vida de produtos e imprevisibilidade de demanda 42

2.1.3. Relação entre curto prazo de entrega, alto nível de serviço, grandes lotes de produção, alto lead time de reposição e alta variabilidade no lead time e maiores níveis de estoque 45

2.1.4. Relação entre imprevisibilidade de demanda, curto ciclo de vida e maiores custos de sobra 47

2.1.5. Relação entre maiores níveis de estoque e maior custo de manutenção de estoques ... 56

2.1.6. Relação entre reposições mais rápidas, frequentes e confiáveis, o nível dos inventários e a lucratividade 57

2.2. Práticas de manufatura **60**

2.2.1. Manufatura Enxuta 60

2.2.2. Manufatura Ágil 65

2.2.3. Paradigma Enxuto X Paradigma Ágil 69

2.2.4. Análise das Práticas de Manufatura 77

2.3. Análise de Casos Presentes na Literatura: Zara/Inditex **83**

2.3.1. Apresentação da empresa 83

2.3.2. Melhores Práticas 86
2.3.3. Comparação com concorrentes 92
3. APLICAÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE VESTUÁRIO 98
3.1. Metodologia de Aplicação 98
3.2. Apresentação da Empresa 100
3.3. Definição do escopo 103
3.4. Mapeamento da situação atual 106
3.5. Análise da situação atual e desenvolvimento da situação futura 122
3.6. Implementação da situação futura 126
3.7. Controle e sustentabilidade da situação implementada 154
3.8. Apresentação e análise dos resultados 155
3.9. Simulação de aplicação de *postponement* 158
4. Considerações Finais 164
REFERÊNCIAS 168

1. INTRODUÇÃO

1.1. Escopo da Pesquisa e Natureza do Problema

Diversas iniciativas de gerenciamento da cadeia de suprimentos têm proporcionado bons resultados quanto à redução de inventario, maior habilidade de ajuste entre suprimento e demanda e, consequentemente, lucratividade. Contudo, produtos com curto ciclo de vida, como vestuários, apresentam novos desafios a serem enfrentados. Nesses casos, existe uma necessidade ampla e contínua de inovação, e as características imprevisíveis da demanda restringem o uso de previsões, dificultando o planejamento convencional dos recursos e do plano mestre de produção. Um dos maiores desafios nesses casos é gerenciar a cadeia para maximizar a disponibilidade dos produtos ao mesmo tempo em que a obsolescência é minimizada. Isso requer a habilidade de responder a sinais do mercado de forma ágil, tanto na introdução de novos produtos quanto na produção e entrega desses bens. (RAMAN; FISHER, 1999). Nesses ambientes, a cadeia de suprimentos deve possuir a habilidade de atender a demanda dos consumidores para prazos de entrega cada vez mais curtos e de sincronizar o suprimento durante os picos e vales da demanda (AGARWAL *et al*., 2007).

Algumas análises da indústria de vestuário de moda indicam que essa está inserida no contexto apresentado, pois é caracterizada por fatores como: curto ciclo de vida de produtos, alta volatilidade, baixa previsibilidade e compras guiadas por impulso (FERNIE; SPARKS, 1998). Esse mercado pode ser considerado um dos mais turbulentos e instáveis, necessitando de respostas rápidas a mudanças de moda, as quais estão cada vez mais frequentes (DE TONI; MENEGHETTI, 2000). Além disso, a cadeia de suprimentos na indústria é relativamente longa, com vários atores envolvidos (JONES, 2002). Dessa forma, Bruce *et al*. (2004) apontam que o gerenciamento criterioso da cadeia de suprimentos é necessário para reduzir os *lead times* e alcançar respostas rápidas, enfatizando a necessidade do uso de uma abordagem relacionada ao conceito de agilidade. Também é importante salientar que a qualidade entregue ao cliente final é o resultado de práticas de gerenciamento

de qualidade em cada conexão da cadeia de suprimentos. Fator que é particularmente importante na indústria têxtil-vestuário (EVANS *et al*., 1993; FORZA *et al.,* 2000).

Quanto a sua relevância, o setor têxtil-vestuário é um dos maiores geradores de empregos no mundo, sendo importante tanto para economias desenvolvidas quanto para economias em desenvolvimento, contribuindo para a geração de riquezas e de empregos (BRUCE; DALY; TOWERS, 2004). Em 2000, foi responsável pela geração de 2,1 milhões de empregos na União Europeia, o que representou 7,5% do total de empregos na indústria de manufatura dessa região. Nos Estados Unidos a participação foi de 6%, representando 1 milhão de empregos (LUPATINI, 2004). No Brasil, o setor de confecções gera aproximadamente 1,17 milhão de empregos, e é abordado dentro da cadeia têxtil-vestuário, que é hoje o segundo maior setor empregador nacional (CARVALHINHA, 2007).

Também é interessante ressaltar que esse setor é marcado por sua descentralização. Principalmente na indústria de confecções, que apresenta elevado número de empresas de pequeno e médio porte. Segundo Storey (1994), as maiores restrições que essas empresas enfrentam estão relacionadas aos recursos financeiros limitados, carência de pessoal e de tempo, pouca ou nenhuma experiência e pouca confiança na implementação de novos sistemas.

Uma análise da evolução da cadeia têxtil-vestuário-varejo ao longo do último século fornece uma importante base para o entendimento dos novos desafios que foram surgindo com o tempo nesse setor, de qual foi o impacto dessas mudanças para a indústria, da importância de modificar as práticas internas para se adaptar as novas circunstâncias que se apresentaram, e, finalmente, de como essa dinâmica pode emergir em outros setores da economia. Dessa forma, a seguir está relatada a evolução cadeia têxtil-vestuário-varejo dos EUA. Grande parte dessa descrição foi baseada na pesquisa de Abernathy *et al*. (1999), pertencentes a um centro de Harvard focado na pesquisa da indústria têxtil e do vestuário (HCTAR, do inglês The *Harvard Center for Textile and Apparel Research*). Os autores realizaram um *survey* compreendendo 118 unidades de negócio, as quais eram responsáveis por cerca de um terço do volume da indústria de vestuário. Essa pesquisa era focada em compreender as práticas das empresas da indústria de vestuário que operavam no

contexto da cadeia têxtil-vestuário-varejo e oferece uma boa base para o entendimento da evolução das relações nessa cadeia de suprimentos. Para facilitar o entendimento e posterior análise, dividiu-se a evolução em quatro fases distintas: Fase I, varejo e produção em massa; Fase II, novos desafios devido à maior variedade, menor ciclo de vida e maior concorrência; Fase III, a resposta do varejo e o impacto na indústria; Fase IV, a potencial resposta da indústria.

Fase I: Varejo e produção em massa

Segundo Abernathy *et al*.(1999), primeiramente havia uma pequena variedade de produtos, com longos ciclos de vida e a competitividade era baseada no preço de venda. Dessa forma, buscando reduzir o custo unitário dos produtos e aumentar suas margens, os varejistas tradicionais faziam seus pedidos muito antes do período de vendas para fornecedores que cobravam menos por grandes lotes de entrega e pela antecedência do pedido, mantendo grandes níveis de inventário durante o período de vendas. Essas práticas eram potencialmente danosas e apareciam nos resultados financeiros através de duas formas relacionadas a erros de previsão de demanda: vendas perdidas por não possuir estoque de alguns produtos e vendas com desconto de produtos que sobraram ao fim da coleção, as quais eram feitas diretamente para o cliente ou para estabelecimentos especializados. Contudo, isso não era um grande problema devido ao longo ciclo de vida dos produtos e variedade reduzida, sendo aceito como “fato da vida” pelos varejistas. Além disso, antes da introdução de algumas tecnologias, como o *scanner* de códigos de barras, o controle de estoque dependia de operações manuais. Dessa forma, a ausência de sistemas de negócios capazes de se ajustar a informações reais de demanda também desencorajava os varejistas a buscarem formas de realizar mais ordens de reposição dos inventários.

Por sua vez, nesse mercado onde a competitividade dependia do preço de venda, as indústrias focavam suas atenções em reduzir o custo unitário de produção. No caso da indústria de vestuário, aproximadamente 50% do custo está relacionado à matéria-prima e 25% relacionado à mão-de-obra. Como os custos de matéria-prima eram mais difíceis de serem modificados (a não ser por descontos relacionados a grandes volumes de compra) e como as operações de costura

empregavam mais de 70% do pessoal, muitas práticas buscavam aumentar a produtividade dessas operações através da redução do tempo necessário para realizar cada atividade. Isso incluía atrelar o pagamento à produção realizada e diversas tentativas de automação do processo. Adicionalmente, para impedir que operadores ficassem ociosos, grandes níveis de estoque em processo eram mantidos entre as operações (o equivalente a 3,65 semanas em 1988). Por sua vez, isso aumentava o tempo de atravessamento dos lotes, reduzindo a capacidade de resposta dos fornecedores. Tal fenômeno pode ser observado na Tabela 1, que ressalta as diferenças entre os tempos padrão de operação e o tempo de atravessamento para alguns produtos de vestuário.

Tabela 1 – Tempo padrão de operação *versus* tempo de atravessamento para produtos de vestuário selecionados

Produtos	**Tempo padrão por unidade [minutos]**	**Tempo de Atravessamento [dias]**
Terno	105	30 – 40
Camisa	18	20 – 25
Calça	3	5 – 10
Camiseta	1,5	5 – 8

Fonte: Abernathy *et al*. (1999)

Porém, como geralmente a produção era realizada para pedidos firmes, esses altos níveis de estoque em processo não eram tão danosos para os fornecedores.

Outra característica comum era o relativo baixo nível de exigência quanto às entregas realizadas para os varejistas. Caso algum SKU[1] não estivesse disponível no momento do embarque, era comum se realizar substituições por outros produtos de estilos parecidos em outras cores ou tamanhos. Em outros casos, as ordens poderiam ir incompletas, nem sempre com o prévio consentimento do varejista. O qual, devido ao pouco uso de sistemas de informação, muitas vezes nem notava o problema.

[1] SKU: Do inglês, *stock keeping unit*, é o termo utilizado para se identificar cada produto único de uma

Fase II: Novos desafios devido à maior variedade, menor ciclo de vida e maior concorrência

Porém, para Abernathy *et al*.(1999) três tendências agravaram os problemas inerentes ao modelo de varejo tradicional apresentado anteriormente: as demandas dos consumidores por um *mix* cada vez mais variado de produtos, dificultando o gerenciamento das empresas; o encurtamento do ciclo de vida dos produtos, aumentando os riscos relacionados a sobras; e o crescimento da competição.

A maior variedade de produtos e o menor ciclo de vida são indicados por Abernathy *et al*. (1999) ao apresentarem que o número médio de SKUs por unidade de negócio subiu de 3.871 em 1988 para 6.304 em 1992. Além disso, no mesmo período, a introdução média de novos produtos de vestuário por ano cresceu de 2.368 para 3.688, ao mesmo tempo em que o número de produtos descontinuados cresceu de 2.057 para 3.050.

Para Abernathy *et al*. (1999), esses fatos ampliaram o nível de incerteza sobre a demanda, dificultando previsões de vendas, aumentando os níveis dos inventários e os custos relativos a faltas e sobras de estoque. Esses fatos são exemplificados por Raman e Fisher (1999) ao afirmarem que dados levantados por institutos de pesquisa norte-americanos relacionados ao varejo indicam um aumento na discrepância entre o que está sendo estocado e o que os clientes desejam. Uma das pesquisas indica que as mercadorias vendidas com desconto como percentual das vendas totais subiu de 8% em 1971 para 33% em 1995. Por outro lado, aproximadamente metade dos consumidores que entraram em uma loja sabendo exatamente qual o produto desejado não encontrou o que estavam procurando. De acordo com Frazier (1986), as perdas relacionadas a esses custos ao longo da cadeia têxtil-vestuário-varejo nos EUA somavam 25 bilhões de dólares em 1985. Dos quais 56% estavam relacionadas a descontos concedidos para vender sobras de estoque, 24% estavam relacionadas à faltas de produtos e os 20% restantes ao custo de manter inventários. Além disso, cerca de 65% desses custos eram absorvidos pelos varejistas. Esse fato não é surpreendente, devido ao modelo de negócio apresentado anteriormente, onde grandes compras eram feitas com muita antecedência ao período de vendas.

Fase III: A resposta do varejo e o impacto na indústria

Dessa forma, para lidar com esses novos desafios associados à crescente incerteza de demanda, Abernathy *et al*. (1999) afirmam que os varejistas devem limitar a variedade de produtos ou alterar a forma como realizam os negócios. Muitos varejistas escolheram a segunda opção, dando origem a práticas que foram chamadas por Abernathy *et al*. (1999) de varejo enxuto. O objetivo dessas práticas é permitir que os varejistas realizem compras menores antes do período de vendas e observem o comportamento da demanda antes de fazer novos pedidos. A única forma de se alcançar esse objetivo é através de reposições frequentes, confiáveis e com curtos prazos de entrega. Dessa forma, iniciarem-se pressões por prazos cada vez mais curtos (reduzindo o *lead time* médio de reposição) e maiores exigências no que diz respeito à pontualidade e acurácia das entregas (reduzindo a variabilidade do *lead time* de reposição). A grande mudança na demanda por reposições mais frequentes é capturada na pesquisa realizada por Abernathy *et al*. (1999). Eles afirmam que para todas as categorias vestuário analisadas, o volume enviado para os varejistas diariamente ou semanalmente quadruplicou – passando de 8,7% em 1988 para 33,9% em 1992. No mesmo período o volume de itens que não eram repostos ao longo do período de vendas caiu de 61,7% para 22,5%.

Além disso, é necessário que os varejistas sejam capazes de monitorar informações das vendas e transmitir esses dados para os fornecedores de forma eficiente. Nesse sentido, a consolidação de algumas tecnologias e padrões foi essencial para permitir essa mudança: o controle de estoque por código de barras permitiu a criação de padrões para identificação dos produtos e o controle dos níveis de inventário de cada SKU em tempo real; o EDI (do inglês, *Electronic Data Interchange*) e o VMI (do inglês, *Vendor Managed Inventory*) permitiram reduzir o tempo e os custos das transações; a modernização dos centros de distribuição e a criação de padrões para entregas dos produtos reduziram o custo das transações e o tempo necessário entre as cargas saírem dos fornecedores e estarem disponíveis para a venda nos varejistas. Isso incluía novas atividades realizadas pelos fornecedores, como a colocação do preço de venda nos produtos e até produtos enviados em cabides. Além da imposição dessas mudanças, os varejistas estabeleceram multas caso ocorresse o descumprimento dos novos padrões estabelecidos. De acordo com Abernathy *et al*.(1999) análises detalhadas de dados

da indústria de vestuário indicam que houve aumento substancial de investimentos em tecnologias de informação e sistemas de distribuição no mesmo período em que emergiram novas práticas de varejo. Por outro lado, os autores indicam que os maiores desafios não estão em realizar os investimentos em si, mas em modificar as concepções básicas de gerenciamento sobre o uso dessas tecnologias para o planejamento e produção.

Dessa forma, percebe-se que o varejo foi responsável por iniciar a mudança na relação entre estes e seus fornecedores. Além disso, a difusão dessas práticas ao longo da indústria de vestuário, geralmente fragmentada, reflete a grande mudança nas relações de poder na cadeia de suprimentos – dos fornecedores para os varejistas. Dessa forma, percebe-se que os varejistas enxutos incorporam nas suas decisões sobre quais são os melhores fornecedores os custos diretos dos produtos e os custos indiretos, relacionados à faltas, sobras e manutenção de estoque. Ou seja, nesses casos a competitividade de um fornecedor não é mais determinada somente pelo seu preço de venda. Além disso, devido à maior complexidade e aos maiores investimentos necessários para manter e gerenciar as relações com fornecedores, esses varejistas têm reduzido a base de empresas com que se relacionam.

Abernathy *et al*. (1999) afirmam que as práticas relacionadas ao varejo enxuto tendem a se consolidar e se expandir, determinando as bases competitivas na cadeia têxtil-vestuário-varejo e, cada vez mais, em outros segmentos da economia. Essa afirmação é baseada no fato de que muitas das empresas que adotaram essas práticas conseguiram alcançar melhor desempenho, dominaram diversos segmentos de varejo e já transformaram as relações em cadeias como a de alimentos, produtos de construção, produtos de escritório e computadores pessoais.

Abernathy *et al*. (1999) afirmam que as demandas por reposições rápidas e frequentes representaram grandes desafios para os fornecedores de vestuário. Enquanto poucos varejistas aderiram ao varejo enxuto, os fornecedores conseguiam atendê-los com poucas modificações nos seus processos de manufatura, frequentemente penalizando outros clientes. Porém, a evolução nas exigências de um número cada vez maior de varejistas logo impediria essa solução paliativa. Na maioria dos casos, essas mudanças impediam que a produção fosse realizada

mediante ordem, forçando os fornecedores a manter estoques de produtos acabados. Porém, os mesmos fatores relacionados ao alto *mix* de produtos oferecidos e curtos ciclos de vida resultaram em elevada incerteza em relação à demanda, aumentando os estoques que deveriam ser mantidos para não perder vendas e manter o nível de serviço acordado. Dessa forma, agora são os fornecedores que devem lidar com os maiores custos relacionados aos estoques, tanto quanto a sua manutenção (capital de giro, seguros, manuseios, espaço e instalações), quanto ao risco de sua obsolescência e consequente perda de valor relacionada. Por exemplo, a pesquisa realizada por Abernathy *et al*. (1999) indica que, em 1992, um fornecedor médio concedia descontos de 24% das vendas para os varejistas. Esses fatores afetam diretamente a rentabilidade do negócio e devem ser considerados nas decisões de produção tanto quanto os custos relacionados à manufatura em si.

Por fim, Abernathy *et al*. (1999) assinalam que a tendência do varejo enxuto ainda não é amplamente consolidada e muitos varejistas ainda arcam com os custos relacionados à manutenção de estoques devido aos elevados prazos e lotes de entrega. Porém, o resultado positivo de muitas empresas que adotaram essas práticas tende a modificar esse cenário. Esse fato, por sua vez, tende a aumentar ainda mais pressão nos fornecedores da mesma forma como foi apresentado anteriormente.

Fase IV: A potencial resposta da indústria

Abernathy *et al*.(1999) afirmam que manter estoques para atender as modernas exigências do varejo é uma medida de curto prazo que não confere vantagens competitivas. Nesse sentido, argumentam que é possível aos fornecedores atenderem às novas demandas e lidarem com produtos cada vez mais variados e com ciclos de vida mais curtos, ao mesmo tempo em que reduzem os custos e riscos associados à manutenção de estoques. Essas mudanças possuem o potencial de melhorar o desempenho das empresas que as adotarem, permitindo aos fornecedores compartilhar as vantagens competitivas alcançadas pelos varejistas enxutos. Da mesma forma como foi percebido no varejo, uma das formas de se reduzir a necessidade de estoque é a partir da reposição dos inventários de

forma mais frequente, rápida e confiável. Porém, segundo Abernathy *et al*.. (1999) isso depende da capacidade das empresas de introduzir práticas que permitam respostas mais rápidas, flexíveis e eficientes. Essas organizações devem realizar modificações operacionais profundas com o objetivo de: introduzir conexões sofisticadas de informação com seus clientes e fornecedores, reduzir seus *lead times* de manufatura e melhorar suas capacidades de previsão de demanda, compras e planejamento da produção.

Nesse sentido, Fisher e Raman (2010) argumentam que três fatores devem ser gerenciados para se obter a disponibilidade de produtos desejada: previsões de demanda acuradas, cadeias de suprimento flexíveis e níveis apropriados de inventário. Eles sugerem que qualquer desses fatores isoladamente pode satisfazer as demandas dos clientes, mas que a correta combinação dos três provê melhores resultados, já que um maior nível de um dos três fatores reduz a necessidade dos outros dois. Nesse sentido, os autores utilizam o exemplo de que um nível elevado de estoque pode ser utilizado para atender à demanda mesmo em face a previsões pouco acuradas e cadeias de suprimento rígidas e lentas. Mas que, melhorias na previsão de demanda e na flexibilidade da cadeia permitem o atendimento da demanda com menores níveis de inventário e, consequentemente, com menores custos.

Fisher (1997) também indicam que cadeias flexíveis e responsivas são necessárias para esses produtos com elevado risco associado à manutenção de estoques devido à incerteza em relação à demanda e aos curtos ciclos de vida.

Por fim, Abernathy *et al*. (1999) afirmam que as indústrias de vestuário que investiram nessas inovações obtiveram desempenho superior àquelas que melhoraram pouco suas práticas de produção e simplesmente investiram o suficiente em tecnologia de informação para permitir que continuassem realizando negócios com os varejistas enxutos.

Análise e síntese da evolução das características e suas relações

Como uma tentativa de sintetizar a evolução da dinâmica apresentada anteriormente criou-se a Figura 1. Essa mostra as principais características que se modificaram ao longo da evolução que ocorreu nas relações entre o varejo e os fornecedores em produtos de vestuário, sinalizando o estado dos fatores (alto, médio ou baixo) em cada uma das quatro fases apresentadas e ressaltando quais características foram modificadas na transição entre as fases (destacado em azul).

		Fases			
Dimensão	**Características**	**I**	**II**	**III**	**IV**
Ambiente	Variedade de produtos	↓	↑	↑	↑
	Ciclo de vida dos produtos	↑	↓	↓	↓
Relação Cliente-Fornecedor	Prazo de entrega	↑	↑	↓	↓
	Níveis de serviço	↓	↓	↑	↑
Fornecedor	*Lead time* de produção	↑	↑	↑	↓
	Lotes de produção	↑	↑	↑	↓
Resultado	Lucratividade do varejo	↑	↓	↑	↑
	Lucratividade do fornecedor	↑	→	↓	↑

Legenda	
↑	Alto
→	Médio
↓	Baixo
	Transição

Figura 1 – Estágios de maturidade da cadeia têxtil-vestuário-varejo

É interessante perceber que a relação entre os fatores apresentados são generalizáveis, podendo servir como referência sobre as mudanças possíveis de acontecer em outras situações. Essa visão está alinhada com as ideias de Abernathy *et al*. (1999), os quais afirmam que dinâmicas similares têm se ampliado em outras áreas além do vestuário. Segundo os autores, a atual tendência de demanda dos consumidores por maior variedade e novidade de produtos está se ampliando em diversos setores da economia, o que resultará em uma dinâmica similar a apresentada na cadeia têxtil-vestuário-varejo. Essa visão é compartilhada por Kurawarwala e Matsuo (1998), os quais afirmam que o elevado ritmo de

introdução de novos produtos levou a uma redução do ciclo de vida dos produtos de diversas indústrias. Dessa forma, produtos com curtos ciclos de vida têm se tornado cada vez mais comuns. Além disso, indústrias baseadas em moda ou em alta tecnologia apresentam ciclos de vida de produtos particularmente curtos. Nesse contexto, as indústrias de vestuário, de brinquedos, de livros e fonográfica (pertencentes ao primeiro grupo) e as indústrias de computadores, celulares e outros bens eletrônicos (pertencentes ao segundo grupo) são exemplos frequentemente citados (KURAWARWALA; MATSUO, 1998; FISHER; RAMAN, 2010). Isso reforça a importância do entendimento dos desafios e oportunidades associados a esses ambientes, além de quais práticas podem ser empregadas para gerar maior vantagem competitiva.

Uma análise da Figura 1 também revela uma relação entre os estados dos fatores e a lucratividade. Dessa forma, determinadas características em relação aos produtos e aos níveis de exigência dos clientes apresentam diferentes resultados dependendo das características dos processos do fornecedor. Essa visão é consoante com a teoria dos sistemas apresentada por Nadler e Tushman (1980) e sistematizada em Escrivão Filho e Perussi Filho (2010). A teoria apresentada por Fisher (1997) também suporta essa argumentação. O autor indica que determinadas características de produtos combinam melhor com certas características da cadeia de suprimentos. Dessa forma, ele classifica os produtos em inovadores (grande variedade, curto ciclo de vida, demanda volátil e altas margens) ou funcionais (pequena variedade, longo ciclo de vida, demanda estável e pequenas margens); e, similarmente, as cadeias de suprimentos em eficientes (focadas em redução de custos) ou responsivas (focadas em rapidez e flexibilidade). De forma que produtos inovadores são mais adequados a cadeias responsivas, enquanto cadeias eficientes oferecem melhores resultados no caso de produtos funcionais.

Nesse sentido, a Figura 2 é uma tentativa de sintetizar essas relações entre as diversas características apresentadas e a lucratividade dos fornecedores. As principais relações estão numeradas conforme a ordem que serão analisadas na seção de revisão bibliográfica, onde será ressaltado a validades dessas relações para todas as fases apresentadas. Porém, a Figura 2 retrata especificamente as relações que ocorrem na Fase III, por essa ser a fase onde mudanças nas práticas dos fornecedores possuem maior impacto na obtenção de vantagem competitiva.

Dessa forma, é possível perceber quais foram as características que levaram a uma baixa lucratividade dos fornecedores e quais são os fatores relacionados a práticas internas (ressaltadas em azul) que podem ser alterados visando modificar essa situação, permitindo a transição entre a Fase III e a Fase IV.

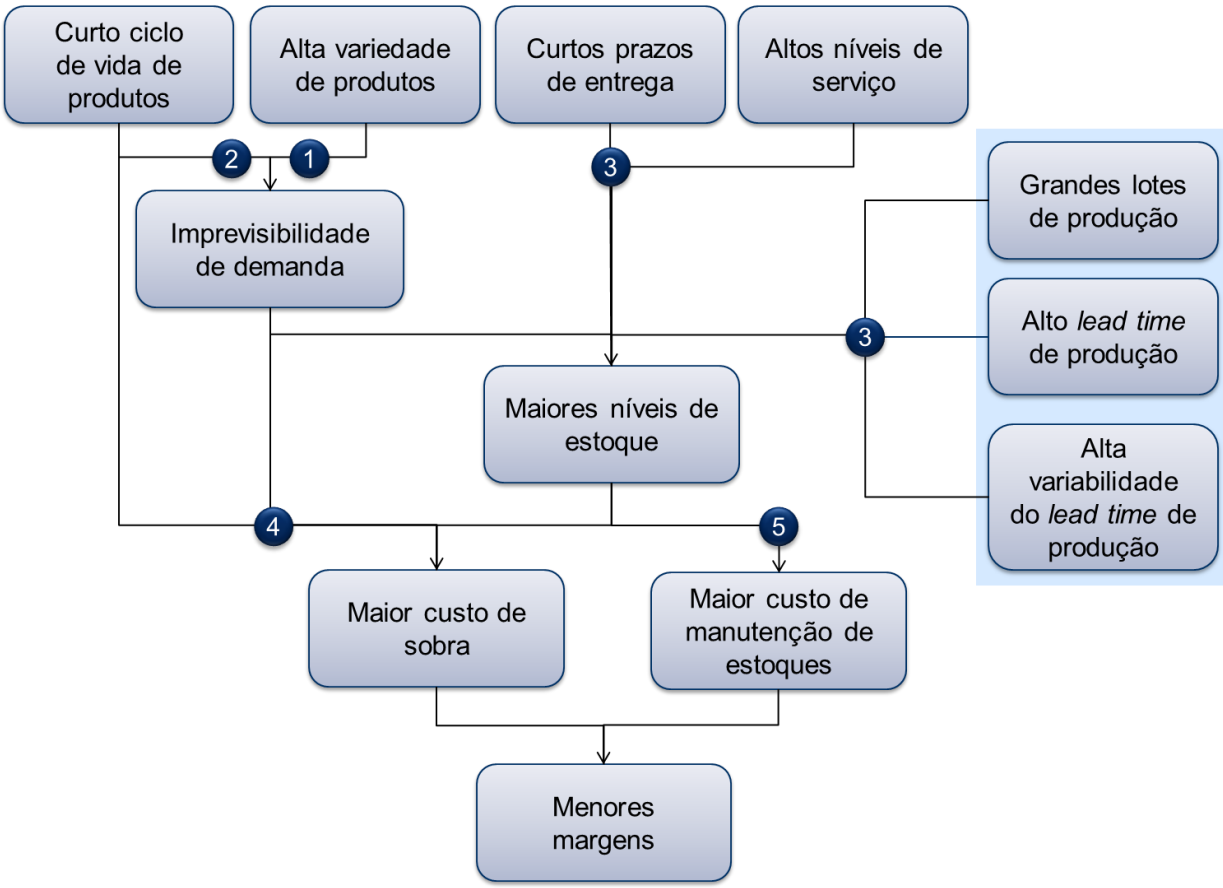

Figura 2 – Relações entre características do ambiente, práticas da manufatura e lucratividade

Importância para a competitividade da indústria nacional

Devido à importância da cadeia têxtil-vestuário-varejo norte-americana para sua economia e geração de empregos, um dos objetivos da pesquisa de Abernathy *et al*.(1999) era analisar sua competitividade. Nesse sentido, eles afirmam que a identificação do preço como principal fonte de vantagem competitiva, os altos custos trabalhistas dos EUA e a elevada proporção dos custos de mão-de-obra nos produtos de vestuário resultaram no fechamento de muitas empresas e consequente

redução de emprego no setor. Nesse cenário, países com baixo custo de mão-de-obra emergiram como grandes competidores.

Porém, no contexto de proliferação de produtos com ciclos de vida cada vez mais curtos e maiores exigências do varejo, Abernathy *et al*. (1999) afirmam que empresas mais próximas de seus mercados consumidores e com maior capacidade de resposta reduzem a vantagem competitiva relativas aos menores custos de produção de seus concorrentes internacionais. Dessa forma, os autores argumentam que os custos totais relacionados à terceirização de produção para outros países devem ser revisados. E que o fornecimento rápido e frequente desses produtos para os quais é muito arriscado manter estoques representa o futuro da indústria nacional. Além disso, eles afirmam que a tendência de customização em massa também pode se constituir em um mercado promissor, onde a velocidade de entrega pode se tornar uma importante fonte de vantagem competitiva. Abernathy *et al*.(1999) afirmam que muitas indústrias americanas já baseiam sua competição nessas características, o que representa um triunfo da velocidade, flexibilidade e tecnologias de informação sobre baixos custos trabalhistas.

1.2. Justificativa

Dessa forma, baseando-se na discussão anterior, as principais justificativas para a realização desse trabalho são:

- Tendência de aumento de *mix* e redução do ciclo de vida em diversos setores da economia;
- Relevância de setores que já enfrentam esses desafios (principalmente os setores relacionados à moda e a tecnologia);
- Importância para a lucratividade do negócio inserido nesse ambiente;
- Importância para a competitividade da indústria nacional nos setores citados;

1.3. Objetivo

O principal objetivo deste trabalho é identificar quais práticas de melhoria de manufatura podem ser utilizadas para lidar com os desafios inerentes a ambientes com imprevisibilidade de demanda e curto ciclo de vida de produtos.

Nesse sentido, um objetivo secundário é caracterizar formalmente esses desafios, explicitando mais detalhadamente a relação entre eles, às práticas de melhoria de manufatura e alguns resultados operacionais e financeiros das empresas. Dessa forma, as práticas de melhoria consideradas adequados serão aquelas que lidarem melhor com os desafios citados, implicando em melhores resultados.

1.4. Diretrizes Metodológicas para Pesquisa

Para alcançar os objetivos propostos os principais procedimento técnicos utilizados foram a pesquisa-ação e a revisão bibliográfica.

A revisão da bibliografia foi utilizada para promover o embasamento teórico necessário para o desenvolvimento do trabalho, sendo empregada para três finalidades principais:

1. Caracterizar formalmente os desafios inerentes a ambientes com imprevisibilidade de demanda e curto ciclo de vida de produtos;
2. Identificar os conceitos e práticas de manufatura existentes para lidar com esses desafios;
3. Analisar a relação entre essas práticas e resultados operacionais e financeiros das empresas.

Para alcançar a primeira finalidade foram considerados principalmente livros-texto consagrados relacionados ao tema de pesquisa. Essa escolha tem o objetivo de embasar as relações e análises apresentadas em conceitos difundidos e aceitos pela academia. Porém, alguns artigos também foram utilizados com o objetivo de apresentar resultados e conclusões mais recentes sobre o tema.

Por sua vez, para alcançar a segunda finalidade utilizou-se uma prática complementar à anterior. Nesse sentido, as análises sobre os conceitos e práticas de manufatura se basearam mais profundamente na análise de artigos publicados em periódicos relevantes nas áreas relacionadas ao tema da pesquisa. Isso foi feito visando captar a evolução das práticas analisadas e seus estados atuais de desenvolvimento. Porém, livros-texto também foram utilizados para embasar as análises e contemplar as ideias originais sobre os conceitos apresentados. Nesse ponto, dois paradigmas de manufatura foram analisados mais detalhadamente: a manufatura enxuta e a manufatura ágil.

Por fim, o alcance da terceira finalidade da revisão bibliográfica foi feito através da análise de casos presentes na literatura sobre empresas inseridas no ambiente de curto ciclo de vida de produtos e imprevisibilidade de demanda. Além disso, a análise de relatórios dessas empresas direcionados a seus investidores também foram analisados. Nesse sentido, buscou-se analisar o ambiente em que estão inseridas, quais práticas são utilizadas e quais os resultados obtidos. Isso permite estabelecer um paralelo entre os conceitos apresentados na literatura e situações práticas envolvendo empresas.

Contudo é importante ressaltar que a revisão bibliográfica realizada não tem a intenção de ser exaustiva. Principalmente devido ao objetivo da pesquisa e a consequente necessidade de se tratar de diversos temas, focou-se em compreender os conceitos mais relevantes em cada área de pesquisa e explorar a relação entre eles. Essa abordagem permitiu que vários temas fossem explorados, porém restringiu a profundidade de análise.

De forma complementar a revisão bibliográfica e como principal método de pesquisa está sendo utilizada a pesquisa-ação. O principal objetivo é relacionar as observações feitas com base na literatura aos resultados obtidos durante a aplicação de alguns conceitos estudados em uma indústria de vestuário de moda. Dessa forma, poderá ser realizada uma análise detalhada quanto às interações entre os desafios inerentes ao ambiente de curto ciclo de vida de produtos e imprevisibilidade de demanda, as práticas de melhoria de manufatura utilizadas e os resultados obtidos. Por fim, a análise dessas interações ocorridas durante a

pesquisa-ação em relação aos conceitos apresentados na literatura permitirá a conclusão dessa pesquisa.

Dessa forma, do ponto de vista de sua natureza, esta pesquisa pode ser classificada como aplicada, devido ao seu objetivo de gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigida à solução de problemas específicos. Quanto à forma de abordagem do problema pode ser classificada como qualitativa, pois, o ambiente de estudo é a fonte direta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave da pesquisa. Além disso, esta abordagem não requer necessariamente a utilização de recursos e técnicas estatísticas para extrapolação de informações e opiniões em números e o processo e seu significado são os focos principais de abordagem (SILVA; MENEZES, 2005).

Esse método de pesquisa foi escolhido por ser mais adequado para alcançar os objetivos propostos. Nesse sentido, Guerrini, Escrivão Filho e Belhot (2009) afirmam que:

> A pesquisa qualitativa parte dos conceitos e analisa as variáveis independentes. Ela é indicada quando o fenômeno a ser pesquisado é relativamente recente conceitualmente e, por esse motivo, possui poucos dados. Nesse caso, a pesquisa de caráter exploratório é indicada.

O caráter exploratório relacionado ao objetivo dessa pesquisa também pode ser justificado com base no conceito exposto por Bervian e Cervo (1983) de que os estudos exploratórios buscam realizar descrições precisas de situações, procurando ressaltar as relações existentes entre os elementos presentes. Os autores também afirmam que os estudos exploratórios não elaboram hipóteses de trabalho, porém baseia-se em definir objetivos e buscar mais informações sobre determinados assuntos.

Segundo Hoppen *et al*. (1996), os principais métodos de pesquisa qualitativa são: o estudo de caso, a observação participante e a pesquisa-ação. Como já relatado anteriormente, no âmbito desse trabalho o principal procedimento técnico adotado será a pesquisa-ação. De acordo com Coughlan e Coghlan (2002), a ideia central da metodologia de pesquisa-ação é a utilização de uma abordagem científica para estudar a resolução de questões organizacionais importantes em conjunto e com a participação das pessoas envolvidas com essas questões. O principal objetivo

é tornar a ação mais efetiva ao mesmo tempo em que é criado conhecimento científico. A pesquisa-ação é, ao mesmo tempo, uma sequência de eventos e uma abordagem para a resolução de problemas. Como uma sequência de eventos, compreende os ciclos iterativos de coleta de dados, análise dos dados, planejamento da ação, realização da ação e avaliação. Como uma abordagem para a resolução de problemas, trata-se da aplicação de um método científico para encontrar fatos e experimentar problemas práticos, requerendo ações para a solução e envolvendo a colaboração e cooperação entre o pesquisador e os membros do sistema organizacional que está sendo estudado. As saídas desejadas de uma pesquisa ação vão além de soluções para problemas imediatos e incluem aprendizados importantes para os participantes e uma contribuição para o conhecimento científico e teórico.

1.5. Planejamento da Pesquisa

Considerando o objetivo e a metodologia adotada para o desenvolvimento deste trabalho, pode-se dividi-lo em seis etapas principais: (1) Validação da Proposta de Pesquisa, (2) Revisão Bibliográfica, (3) Análise Crítica da Literatura e Casos, (4) Pesquisa-Ação e (5) Análise e Apresentação dos Resultados.

A primeira etapa foi constituída de reuniões com o orientador da pesquisa para validação dos objetivos e metodologia proposta de pesquisa.

A segunda etapa envolveu o levantamento de revisão bibliográfica contendo desde publicações clássicas, que tratam da base dos dois conceitos abordados, até literaturas mais recentes que contemplam o desenvolvimento teórico sobre o assunto e por vezes realizam comparação entre alguns conceitos. Essa etapa também envolveu o levantamento de casos reais na literatura, com o objetivo de enriquecer o desenvolvimento teórico revelando algumas aplicações práticas dos conceitos.

Em seguida, realizou-se uma análise crítica da revisão bibliográfica e dos casos levantados, principalmente quanto às práticas e conceitos de manufatura estudados.

A etapa de pesquisa-ação baseou-se nos estudos e análises realizados, de forma que os conceitos apresentados na literatura foram testados iterativamente através de implementações na empresa objeto de estudo. Dessa forma, essa etapa ocorreu paralelamente às fases de revisão bibliográfica e levantamento de casos.

Por fim, foi realizada a etapa de análise e apresentação dos resultados que consistiu na análise dos resultados obtidos e conclusão do projeto

1.6. Conteúdo da Dissertação

Este texto está dividido em quatro capítulos, além de uma seção, ao fim, com a listagem das referências bibliográfica utilizadas. Os capítulos principais deste texto são: Introdução, Referências Bibliográficas, Aplicação em uma Indústria de Vestuário e Plano de Finalização da Dissertação.

O primeiro capítulo contém a contextualização do problema e apresenta a justificativa para a realização da pesquisa, os objetivos propostos, o método de pesquisa escolhido, as etapas de desenvolvimento da pesquisa e esta seção que aborda e explicita a organização do texto.

O segundo capítulo contempla o levantamento bibliográfico do assunto e pode ser dividido em três seções principais: a primeira aborda os principais desafios que emergem no contexto de um ambiente com curto ciclo de vida de produtos e imprevisibilidade de demanda, explorando formalmente cada fator e as relações entre eles; em seguida são abordados os conceitos e práticas de manufatura existentes para lidar com esses desafios, focando-se, principalmente, no paradigma da manufatura enxuta e da manufatura ágil; a terceira parte busca evidenciar a relação entre essas práticas e resultados operacionais e financeiros das empresas através da análise do caso da Zara/Inditex e de suas principais concorrentes.

O terceiro capítulo apresenta a pesquisa-ação, contendo a apresentação das relações entre as observações feitas com base na literatura e às obtidos durante a aplicação de alguns dos conceitos estudados em uma indústria de vestuário de moda. Particularmente, a implantação de algumas das práticas de melhoria de

manufatura é descrita e seus resultados são analisados. Nesse capítulo também é apresentada a metodologia utilizada para a condução da pesquisa-ação e a empresa objeto do estudo é descrita, ressaltando-se as características que tornam essa organização relevante para o tema em questão.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A seguir estarão detalhadas as principais relações apresentadas na Figura 2 de acordo com a ordem de numeração definida.

2.1. Relações entre características do ambiente, práticas internas e lucratividade

2.1.1. Relação entre variedade de produtos e imprevisibilidade de demanda

Para analisar essa relação, primeiramente deve-se definir como a variabilidade será caracterizada. Uma medida amplamente utilizada na literatura é o coeficiente de variação (Cv). Para uma variável aleatória, essa medida é definida como o desvio padrão dividido pela demanda, sendo muito útil por representar a variedade em termos relativos (HOPP e SPEARMAN, 2000; ABERNATHY *et al*., 1999). Dessa forma, se a média for representada por μ e o desvio por σ, o Cv pode ser representado como:

$$Cv = \frac{\sigma}{\mu}$$

O efeito do aumento da variedade dos produtos na imprevisibilidade de demanda pode ser explicado pelo efeito de agrupamento de variabilidade (do inglês, *variability pooling*). Hopp e Spearman (2000) explicam que esse efeito reduz o efeito da variabilidade ao combinar diferentes fontes de variabilidade, assim reduzindo a possibilidade de uma única ocorrência dominar o resultado.

Baseado nas explicações de Hopp e Spearman (2000) e Abernathy *et al*. (1999) pode-se apresentar a relação desse fenômeno no contexto do aumento da variedade de produtos e consequente aumento da variabilidade de demanda. Para isso, considera-se que N produtos são oferecidos, os quais possuem distribuições de

demanda independentes e identicamente distribuídas. Além disso, define-se D_i como a distribuição de demanda de um determinado SKU i e, μ_i, σ_i e Cv_i, como a média, o desvio e o coeficiente de variação dessa distribuição, respectivamente. Considerando também T a demanda total ($T = \sum_{i=1}^{i=N} Di$) e μ_T, σ_T e Cv_T a média, o desvio e o coeficiente de variação dessa distribuição. Obtém-se que a média e variância da demanda total são, respectivamente, a soma das médias e a somas das variâncias das demandas individuais:

$$\mu_T = N \times \mu_i$$

$${\sigma_T}^2 = N \times {\sigma_i}^2$$

Portanto, o coeficiente de variação da demanda total pode ser definido como:

$$Cv_T = \frac{\sigma_T}{\mu_T} = \frac{\sqrt{N} \times \sigma_i}{N \times \mu_i} = \frac{\sigma_i}{\sqrt{N} \times \mu_i} = \frac{Cv_i}{\sqrt{N}}$$

Ou seja, mantendo-se constante a distribuição da demanda total, o coeficiente de variação para cada SKU i aumenta proporcionalmente à raiz quadrada do número de SKUs. Logo, ao se aumentar a variedade de produtos, há menor possibilidade de se agrupar demandas para produtos específicos, aumentando a incerteza de demanda.

$$Cv_i = Cv_T \times \sqrt{N}$$

Abernathy *et al*. (1999) observam que uma das consequências desse fenômeno é que para uma empresa que oferece uma ampla gama de produtos, normalmente os produtos com maior demanda terão coeficientes de variação mais baixos do que os produtos de menor demanda. Esse fenômeno pode ser observado na Figura 3, que mostra o coeficiente de variação em relação ao volume de vendas normalizado para diversos SKUs de um determinado tipo de peça de vestuário (devido a diferenças de cores e tamanhos). Esse fator se torna particularmente relevante devido à tendência de aumento da variedade de produtos sem um aumento proporcional da demanda total. Pois, isso resulta em SKUs com demandas cada vez menores em volume e mais incertas. Ainda, de acordo com Abernathy *et al*. (1999), análises de diversos padrões de demanda para produtos de vestuário

mostraram que os produtos mais previsíveis possuem coeficientes de variação entre 0,4 e 0,6.

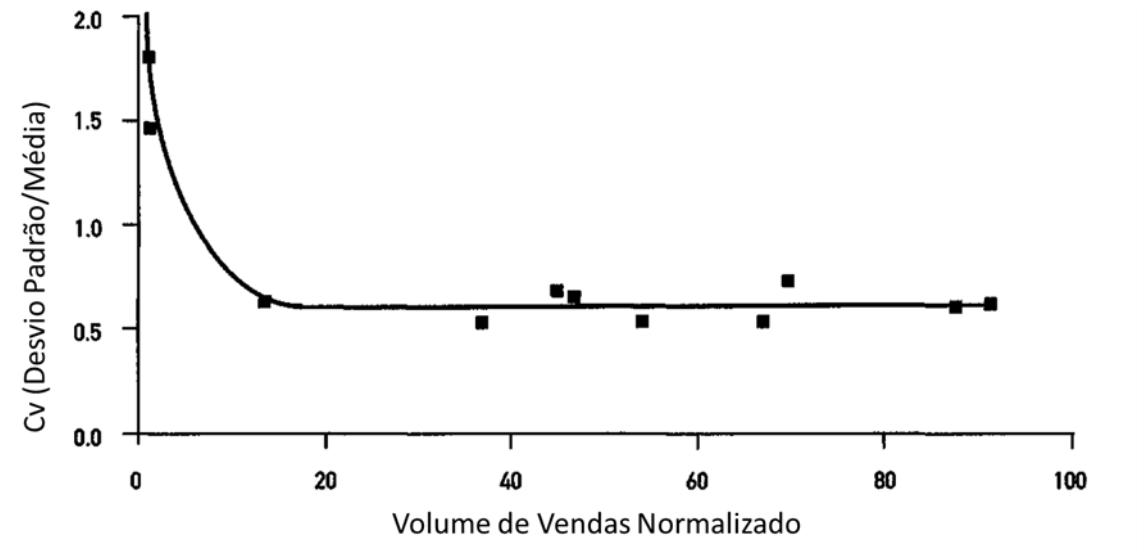

Figura 3 – Coeficiente de variação *versus* volume de vendas para múltiplos SKUs
Fonte: Adaptado de Abernathy *et al*. (1999)

2.1.2. Relação entre curto ciclo de vida de produtos e imprevisibilidade de demanda

De acordo com Kurawarwala e Matsuo (1998) abordagens tradicionais para previsões de demanda de médio ou curto prazo não são projetadas para o tipo de informação disponível no ambiente de produtos com curto ciclo de vida. Segundo os autores, uma curva de demanda típica para esses produtos consiste de rápidas fases de crescimento, maturidade e declínio, acopladas a variações sazonais. Esse comportamento traz grandes desvantagens à aplicação de métodos baseados em suavização, como médias móveis, suavizações lineares ou exponenciais. Ainda segundo os autores, métodos mais sofisticados, como decomposição e modelos de Box-Jenkins, requerem muitos dados para uma correta identificação e estimativa dos parâmetros relacionados. Contudo, eles afirmam que séries suficientemente longas só se tornarão disponíveis no fim do ciclo de vida. Nesse sentido, Fisher e Raman (2010) afirmam que é comum observar elevados níveis de erro nas previsões de

produtos inovadores. Sendo frequente erros de previsão de 50% a 100% antes do início das vendas.

Outro fator que contribui para a imprevisibilidade é apontado por Abernathy *et al*. (1999). Os autores afirmam que alta variabilidade de demanda pode ser observada no início e no fim do ciclo de vida de um produto. Segundo os autores esse fenômeno é causado devido à inerente incerteza relacionada a esses períodos e aos menores volumes de demanda nesses períodos em relação ao meio do ciclo de vida.

Por outro lado, devido à importância da previsão de demanda para a tomada de diversas decisões das empresas, algumas iniciativas foram feitas no sentido de obter melhores modelos.

Para Kurawarwala e Matsuo (1998), a escassez de dados para um produto pode ser contornada através da disponibilidade de dados para produtos anteriores similares. Em particular, históricos de demandas do ciclo de vida completo de vários produtos anteriores estão disponíveis. Eles também afirmam que devido à ausência de dados históricos de vendas, uma abordagem alternativa consiste em se utilizar todas as informações disponíveis sobre o novo produto. Segundo os autores, uma informação particularmente importante de ser quantificada é o potencial de mercado, definido como a demanda total esperada ao longo do ciclo de vida do produto. Kurawarwala e Matsuo (1998) sugerem o uso dessa informação sobre a demanda total do ciclo de vida e o momento previsto de onde haverá o pico de vendas para se obter previsões de demanda na ausência de históricos de vendas. Os autores também sugerem procedimentos que utilizam o histórico de demanda de produtos anteriores para estimar a variação sazonal de demanda. Segundo os autores, uma das vantagens dessa abordagem é a sua consistência durante os estágios iniciais do ciclo de vida do produto, onde outros métodos de previsão tendem a ser muito voláteis.

Fisher e Raman (2010) também afirmam que apesar do curto ciclo de vida e da consequente elevada taxa de mudança de produtos é possível utilizar alguns parâmetros de demanda que permanecem por anos e podem ser estimados ou obtidos através de dados históricos de vendas. Eles indicam que alguns desses parâmetros são: sazonalidade, tamanho do *mix*, tipos de produto que vendem

melhor em determinadas regiões, elasticidade de preço e tendências de crescimento de determinadas categorias de produtos. Porém, eles indicam que além de examinar as vendas, deve-se analisar as condições em que elas ocorreram. Portanto, fatores como o preço, promoções, a disponibilidade do produto, o clima e a atividade da concorrência devem ser levados em consideração, tanto no entendimento dos dados históricos quanto na realização de previsões. Nesse sentido, Fisher *et al*. (2001) ressaltam que o *mix* de produtos oferecido distorce as vendas em relação à demanda real. Isso ocorre porque pode haver demanda latente para muitos produtos que não são oferecidos, e fatores como *stockouts* e substituições aumentam ainda mais essa distorção. Os autores argumentam que se deve tentar controlar essas distorções quando a demanda estiver sendo estimada.

Dessa forma, para calcular a previsão de demanda de itens inéditos, um dos métodos propostos por Fisher e Raman (2010) envolve definir cada SKU como uma coleção de atributos. Esses atributos podem ser de três tipos: funcionais, gosto e preço, e valor. Então, vendas anteriores são utilizadas para prever a demanda para cada atributo, informação que é utilizada para prever a demanda de qualquer SKU. Porém, apesar de efetiva, os autores reconhecem que um dos pontos negativos dessa abordagem, é o fato de ela considerar independência entre os atributos. Eles também ressaltam que essa abordagem considera que as preferências dos consumidores são estáveis ao longo do tempo, ou ao menos possuem uma tendência previsível. Consideração que pode não ser válida para alguns produtos, como vestuário de moda. Nesse sentido, os autores alegam que os padrões de demanda de produtos de vestuário de moda mudam rapidamente, dificultando a previsão de demanda baseada somente em dados históricos. Algumas afirmações feitas por executivos de empresas de moda e relatadas pelos autores ilustram essa dificuldade em se prever a demanda. Um deles afirma que: “Se você apresentar dez opções de sapato para dez compradores e perguntar qual irá vender mais, você obterá dez respostas diferentes”. Outro executivo alega que “Nem um comprador que conheço entra em uma loja, olha para dez estilos diferentes e consegue selecionar o mais vendido”. Ainda outro diretor, o CEO da Urban Outfitters, Glen Senk diz: “Em vestuário de moda, não há nada mais chato do que o produto mais vendido da última temporada”.

Uma alternativa apontada por Fisher e Raman (2010) é utilizar teste de vendas. Essa prática consiste em disponibilizar para venda uma pequena quantidade dos produtos para clientes previamente selecionados. A seleção dessa amostra de clientes deve ser feita para tentar representar ao máximo a população total de clientes que estará exposta aos produtos posteriormente. Fisher e Rajaram (2000) propõem uma forma para a seleção dessa amostra de clientes e consideram essa prática mais eficaz do que se basear em dados históricos, mas reconhecem que ela é mais cara e exige mais tempo para ser implementada.

2.1.3. Relação entre curto prazo de entrega, alto nível de serviço, grandes lotes de produção, alto lead time de reposição e alta variabilidade no lead time e maiores níveis de estoque

Hopp e Spearman (2000) analisaram diversas abordagens para modelar os níveis ótimos de inventário (EOQ, EPL, Wagner-Whitin, *newsvendor*, *base stock* e ROP) e concluíram que elas mostram a existência de algumas relações:

1. Há uma relação inversa entre a frequência de reposição e o nível de inventário. Ou seja, quanto menor a frequência de reposição (e consequentemente maiores lotes e menos *setups*), maior deve ser o estoque de ciclo;

2. Em situações de demanda aleatória, há uma relação direta entre o nível de serviço ao cliente e o nível de inventário. Nesse sentido, maiores níveis de serviço requerem maiores níveis de estoque de segurança;

3. Há uma relação direta entre variabilidade e o nível de inventário. Para uma dada frequência de reposição e nível de serviço (suficientemente alto), quanto maior a incerteza em relação ao tempo de reposição ou, à demanda durante esse tempo de reposição, maior deve ser o nível de estoque. Dessa forma, o principal efeito de variabilidade no tempo de reposição é aumentar ainda mais a incerteza sobre a demanda;

4. Há uma relação direta entre o *lead time* de reposição e o nível de inventário. Pois, quanto maior o *lead time* de reposição, maior será a demanda durante o tempo de reposição, portanto maior deve ser o nível de estoque.

Outros autores também fizeram observações similares. Abernathy *et al*. (1999) observam que maiores incertezas com relação ao *lead time* de reposição levam a necessidade de se aumentar os estoques de segurança. Eles também afirmam que o estoque de segurança necessário para se atingir um dado nível de serviço ao cliente é proporcional ao desvio padrão da previsão de demanda. Os autores também relacionam esse fato com o aumento na variedade de produtos, indicando que como uma maior variedade aumenta a incerteza sobre a demanda, ela também aumenta o nível dos estoques. Slack *et al*. (2007) também introduzem o conceito de uso do *lead time* (traduzido do inglês, *lead time usage*) como uma combinação das distribuições probabilísticas que descrevem a variação do *lead time* e da demanda durante o tempo de reposição, afirmando que maiores incertezas requerem maiores estoques de segurança. Por sua vez, Webster e Weng (2008) relacionam os níveis dos estoques à incerteza em relação à demanda proveniente de produtos com menores ciclos de vida. Os autores afirmam que ciclos de vida de produtos cada vez mais curtos contribuem para grandes elevações nos custos operacionais relacionados a estoques de segurança mantidos para lidar com diversas incertezas. Esse fato impõe um grande desafio às empresas de determinada cadeia de suprimento.

Slack *et al*. (2007) também comenta sobre a relação entre o prazo de entrega pelo qual o cliente está disposto a esperar (*D*) e o *lead time* necessário para atender ao pedido (*P*). O autor afirma que essa relação *P*/*D* define a proporção da operação que será feita de forma especulativa, ou seja, sobre previsões de demanda ao invés de pedidos firmes. Dessa forma, a exigência de menores prazos de entrega aumenta *P* em relação a *D*. Hopp e Spearman (2000) também comentam sobre esse efeito ao afirmar que para promover *lead times* de entrega menores do que os *lead times* de produção, a empresa deve realizar parte ou toda a operação para estoque (no caso de políticas *assembly-to-order* e *make-to-order* respectivamente).

2.1.4. Relação entre imprevisibilidade de demanda, curto ciclo de vida e maiores custos de sobra

No que tange o planejamento ao longo do ciclo de vida de um produto, Fisher e Raman (2010) consideram três fases principais: introdução no mercado, reposição e saída. Esse conceito é apresentado na Figura 4. Além disso, baseados na relação entre o *lead time* de reposição e a duração do ciclo de vida, identificam três categorias distintas:

1. Um extremo, onde o *lead time* de reposição é maior ou igual à duração do ciclo de vida. Essa situação permite uma única ordem ao longo de todo o ciclo de vida.
2. Outro extremo, onde o *lead time* de reposição é muito menor do que a duração do ciclo de vida. Nesse caso, muitas ordens de reposição ocorrem ao longo do ciclo de vida.
3. A situação intermediária, onde o *lead time* de reposição é pouco menor do que a duração do ciclo de vida. Permitindo que algumas reposições aconteçam ao longo do ciclo de vida.

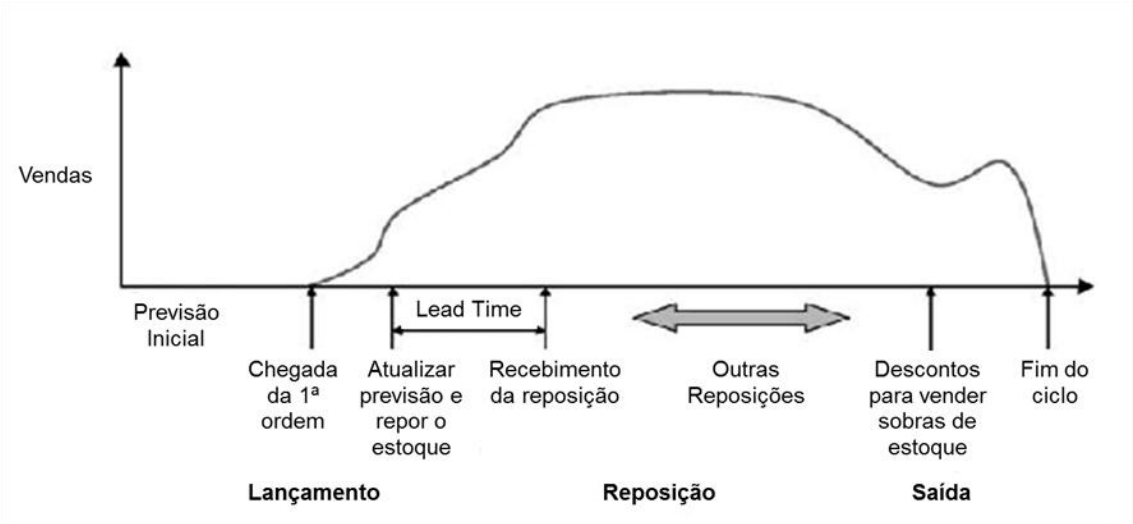

Figura 4 – Fases de planejamento ao longo do ciclo de vida de um produto

Fonte: Adaptado de Fisher e Raman (2010)

Nesse cenário de imprevisibilidade de demanda e curto ciclo de vida, uma pergunta lógica a ser respondida é qual a quantidade ótima a ser ordenada. Para responder a essa questão, dois custos principais devem ser considerados: o custo de oportunidade da venda perdida, caso a demanda ultrapasse a quantidade ordenada, e o custo da sobra de produtos, caso a demanda seja menor do que a quantidade da ordem. Nesse sentido, Fisher e Raman (2010) avaliam quatro estratégias distintas analisando qual delas será mais lucrativa: ordenar a média da previsão de venda; ordenar a média da previsão mais um fator de segurança fixo considerado como um % da previsão; considerar qual a probabilidade de ocorrência de alguns valores de demanda e ordenar a quantidade com o menor custo esperado; considerar que a demanda é probabilística e pode ser modelada como uma função de distribuição de probabilidades Gama e ordenar a quantidade com o menor custo esperado. Nesse último ponto é importante salientar que a distribuição Gama foi utilizada em detrimento a distribuição Normal por essa permitir valores negativos de demanda, o que é irreal. As quatro estratégias apresentadas são crescentemente mais complexas de serem utilizadas, porém Fihser e Raman (2010) apresentam através da análise de alguns cenários que elas também oferecem melhores resultados em termos de margens de lucro.

Hopp e Spearman (2000) apresentam que esse conceito de demanda probabilística é comumente utilizado na literatura e esse problema sobre qual é a quantidade ótima de compra é frequentemente estudado, dando origem a um modelo conhecido como *Newsvendor Model*. Esse conceito é normalmente aplicado no contexto da Categoria 1, onde somente é possível realizar uma ordem durante todo o ciclo de vida e consiste em se minimizar a função objetivo que representa o custo de falta somado ao custo de sobra. Dessa forma, ao denotarmos o custo de falta como c_f, o custo de sobra como c_s e G(x) como a função cumulativa de distribuição da demanda, Hopp e Spearman (2000) demonstram formalmente que a ordem Q^* ótima é:

$$G(\mathrm{Q}^*) = \frac{\mathrm{c_f}}{\mathrm{c_{s+}c_f}}$$

Através da adaptação de um exemplo apresentado em Fisher e Raman (2010) podemos observar esse conceito graficamente na Figura 5. Os autores

também explicam esse modelo de uma forma mais simples, mas conceitualmente similar, através do conceito de *análise da lucratividade marginal*.

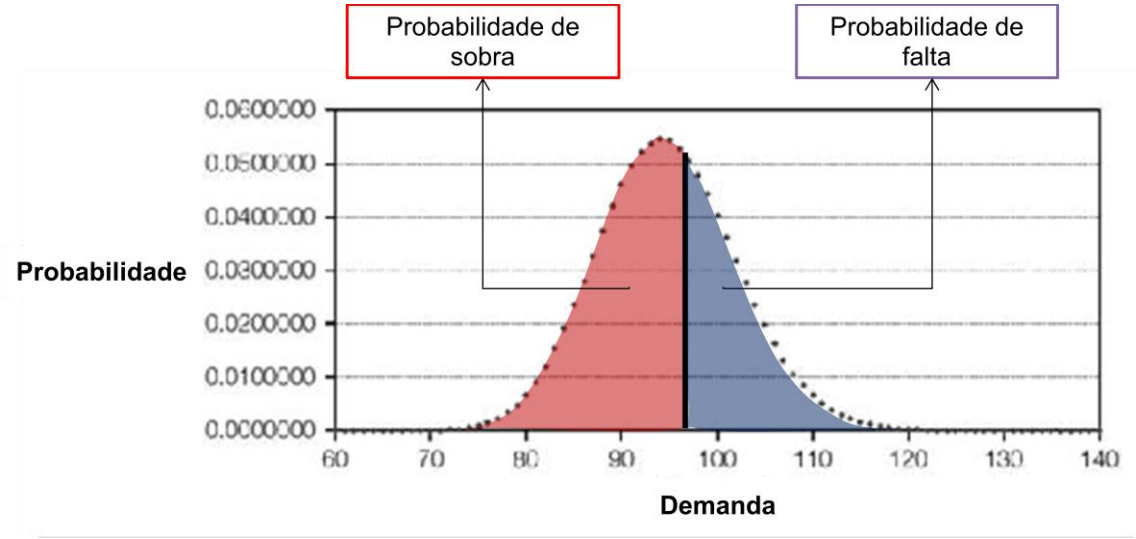

Figura 5 – Exemplo de aplicação do *newsvendor model* considerando uma reposição durante todo o ciclo de vida do produto

Fonte: Adaptado de Fisher e Raman (2010)

Dessa forma, o modelo indica que quanto maior for o custo da falta em relação ao custo da sobra uma maior quantidade esperada de demanda deve ser planejada para ser atendida através de uma maior ordem. Ou seja, deve-se planejar para se proporcionar um maior nível de serviço ao cliente. Essa conclusão está relacionada ao conceito apresentado anteriormente de que maiores níveis de serviço requerem maiores estoques.

Nesse sentido, Fisher e Raman (2010) afirmam que o custo de oportunidade representado pela perda de uma venda é frequentemente maior do que o custo de sobras de estoque, forçando vendas com desconto. Eles argumentam que os clientes podem responder de maneiras variadas quando o produto que desejam não está disponível e o tipo de resposta que irá determinar o impacto nas vendas. No melhor caso, o consumidor irá aguardar até o produto estar disponível ou aceitará um produto substituto. Outra possibilidade é de que a venda para o produto seja perdida. Uma possibilidade ainda pior ocorre se a venda for perdida para toda uma

cesta de produtos que o cliente desistiu de comprar por não encontrar alguns produtos disponíveis. E, o pior caso ocorre quando, devido à disponibilidade de produtos abaixo da esperada, futuras vendas são perdidas para a concorrência. Considerações similares são feitas por Abernathy *et al.,* 1999 e por Webster e Weng (2008), os quais afirmam seria interessante utilizar modelos que considerassem um custo relacionado à perda de boa vontade do consumidor devido à faltas de estoque. Porém, apesar de fáceis de descrever esses custos são difíceis de mensurar. Dessa forma, percebe-se que nem sempre é fácil estimar com precisão os custos de falta e sobra. Nesse sentido, Webster e Weng (2008) argumentam que, para propósito de análise e interpretação, pode ser útil expressar o modelo em termos de nível de serviço. Onde esse é definido como a probabilidade de que a demanda não seja maior do que a quantidade produzida.

Além disso, esse modelo também mostra que maiores níveis de serviço aumentam os riscos de sobra de estoque. Porém esse risco pode ser mitigado à medida que mais ordens de reposição são realizadas ao longo do ciclo de vida. Esse fenômeno está relacionado com a observação feita por Hopp e Spearman (2000) de que quanto mais distante no futuro for feita a previsão, menos confiável ela será. Dessa forma, uma ordem que é feita com o objetivo de atender a demanda durante o tempo total do ciclo de vida estará sujeita a um maior grau de incerteza do que uma ordem feita após o início das vendas para cobrir uma parcela menor do ciclo de vida. Outros autores também verificaram esse fato.

Segundo Kurawarwala e Matsuo (1998) informações sobre o sucesso ou fracasso das vendas iniciais de um produto são vitais para determinar a demanda total do ciclo de vida. Porém, eles indicam que estimativas robustas sobre a demanda total são obtidas somente certo tempo após a introdução. No caso estudado por eles, na indústria de computadores, essas melhores estimativas aconteceram de 4 a 5 meses após a introdução, em um produto com ciclo de vida de 12 a 24 meses.

Fisher *et al*. (1994) também ressaltam que embora a demanda seja consideravelmente imprevisível para esses produtos relacionados à moda e com curto ciclo de vida, a assertividade da previsão de vendas melhora consideravelmente à medida que se percorre o ciclo de vida do produto e mais

informações relacionadas à demanda ficam disponíveis. Esse fato pode ser observado na Figura 6 que mostra a variação na previsão de demanda *versus* a demanda real para todo o ciclo de vida de alguns produtos com diferentes informações de vendas. Em outra análise, Fisher e Raman (2010) apresentam resultados similares onde 11% das vendas reduzem o erro médio da previsão de um conjunto de produtos de 55% para 8%. Porém, os autores também alertam para o fato de que, eventualmente, pode ser necessário considerar outros fatores ao se extrapolar a previsão de demanda total com base nas vendas de determinado período. Além das considerações feitas anteriormente sobre extrapolações com base em dados históricos, outros dois fatores que eles consideram particularmente importantes são a razão preço/custo praticado para o produto em relação à média da razão/preço custo para produtos similares e a disponibilidade de estoque no período. Os autores inclusive fornecem uma fórmula que pode ser utilizada como base para realizar esses ajustes na previsão.

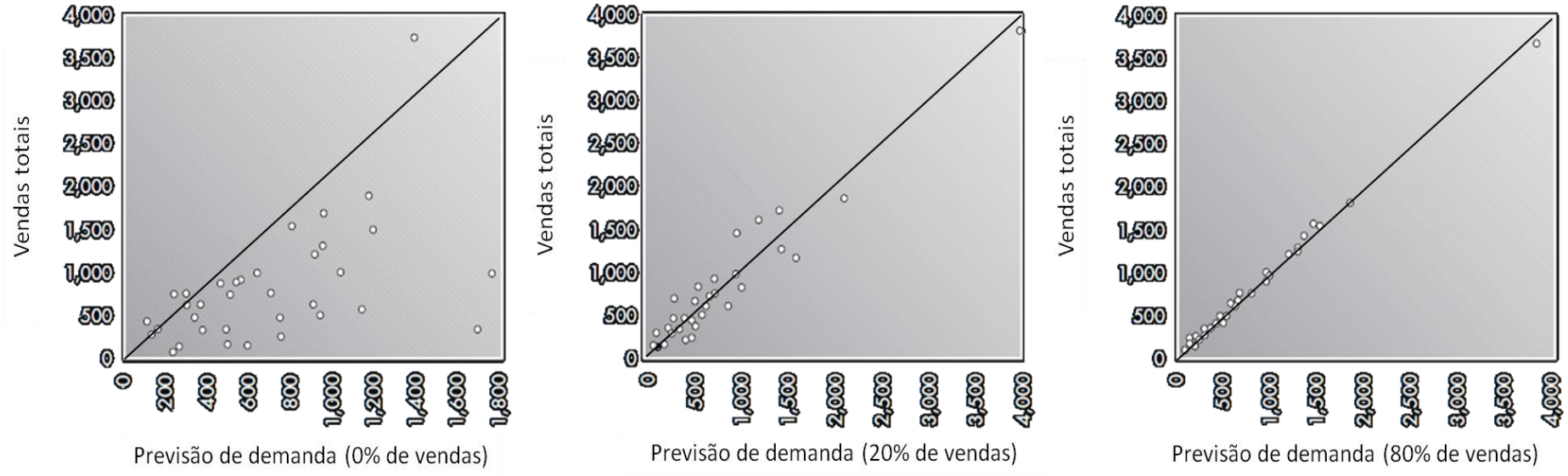

Figura 6 – Variação na previsão de demanda *versus* a demanda real em diferentes momentos do ciclo de vida de alguns SKUs

Fonte: Adaptado de Fisher *et al*. (1994)

Como citado anteriormente pelas observações de Fisher e Raman (2010) e Kurawarwala e Matsuo (1998) a parcela da demanda total que ocorre em cada momento pode ser prevista com elevada acuracidade baseada em dados históricos. Dessa forma, com base na demanda observada até determinado período de tempo do ciclo de vida e considerando qual a parcela da demanda total prevista para ter acontecido até esse período, pode-se calcular qual a demanda total prevista e qual a demanda prevista para outro período qualquer. Dessa forma, se o *lead time* de reposição puder ser reduzido para uma parcela da duração total do ciclo de vida, de modo que mais de uma ordem possa ser realizada ao longo do ciclo de vida (ou seja, ocorra uma transição da Categoria 1 para a Categoria 3) acontecerá o seguinte fenômeno: a ordem inicial, baseada em previsões de demanda com baixa acuracidade, deverá contemplar somente uma parcela da demanda total prevista, correspondente ao período de tempo até a chegada da segunda ordem. Esse fenômeno pode ser observado na Figura 7. Por sua vez, a segunda ordem, terá sido realizada após o início do período de vendas, portanto sendo feita com base em previsões de demanda mais acuradas. Dependendo da relação entre o *lead time* de reposição e a duração do ciclo de vida, é possível que a segunda ordem também não tenha que contemplar a demanda total prevista, cobrindo somente o período de tempo até a chegada de uma terceira ordem. Isso ocorre até que a n-ésima ordem finalmente deva contemplar a demanda total prevista. Porém, nesse ponto, como uma maior parte da demanda real para o ciclo de vida já é conhecida, a previsão de demanda total é mais acurada. Além disso, percebe-se que as ordens anteriores, feitas com base em previsões menos acuradas, deviam contemplar somente uma parcela da demanda total prevista para o ciclo de vida. Esses fatores somados resultam em um melhor nível de atendimento da demanda ao mesmo tempo em que se reduz consideravelmente o risco de sobras.

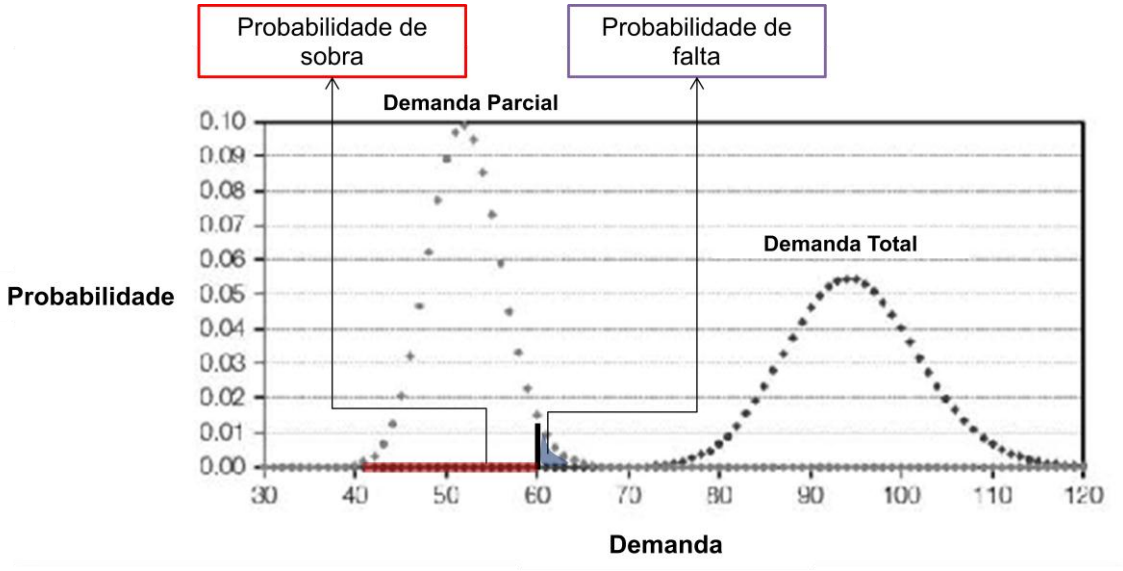

Figura 7 – Exemplo de aplicação do *newsvendor model* adaptado para mais de uma reposição durante todo o ciclo de vida do produto

Fonte: Adaptado de Fisher e Raman (2010)

É interessante perceber que quanto menor for o *lead time* de reposição em relação à duração do ciclo de vida, maior será o número de ordens possíveis de serem geradas ao longo do ciclo de vida e menor será a parcela de demanda que deverá ser contemplada por cada ordem. O que possibilita que ordens que contemplem uma parcela maior da demanda sejam feitas com base em previsões cada vez mais acuradas. Fisher e Raman (2010), através de uma simulação realizada com dados de um estudo de caso, mostram esse impacto da redução do *lead time* de reposição na lucratividade assim como os benefícios de se utilizar uma política de estoque baseada no modelo apresentado anteriormente. O resultado pode ser observado na Figura 8. É interessante ressaltar que nesse estudo de caso, parte da redução do *lead time* foi obtida através de fretes aéreos ao invés de fretes marítimos, o que, apesar de aumentar o custo unitário dos produtos, era mais lucrativo para o negócio.

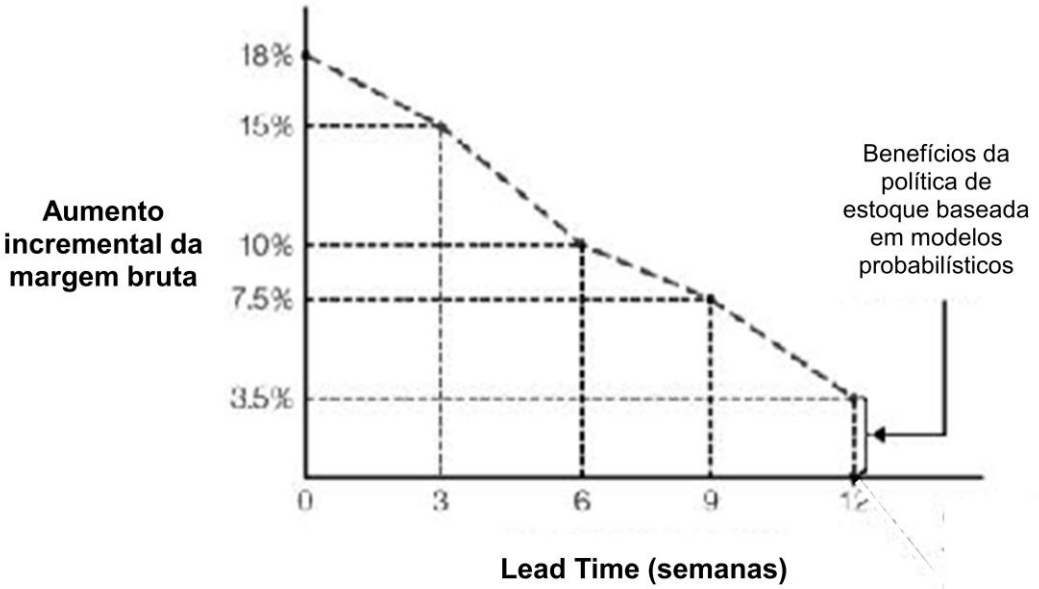

Figura 8 – Impacto da redução do *lead time* de reposição na margem bruta

Fonte: Adaptado de Fisher e Raman (2010)

Outro estudo realizado por Fisher *et al*. (1994) apresentam resultados similares. Eles analisaram qual seria a redução nos custos relacionados à *stockouts* e a vendas com desconto (relacionados à falta e sobra de estoque, respectivamente) caso uma parcela maior da demanda total do ciclo de vida pudesse ser produzida após as informações sobre o início das vendas, chamada pelos autores de capacidade reativa. Como pode ser observado na Figura 9, o resultado é uma redução de custo de 10,2% das vendas quando toda a produção deve ser feita antes do início do ciclo de vida, para 1,8% quando toda a produção pode ser feita após as informações iniciais de demanda.

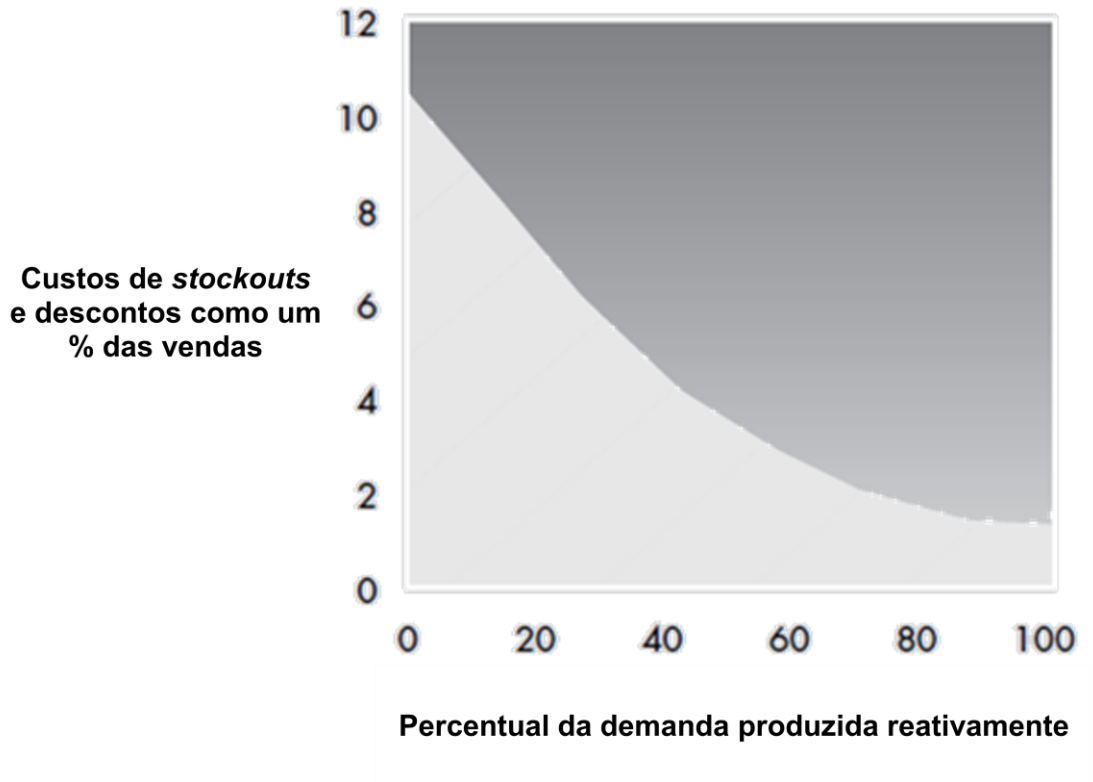

Figura 9 – Redução nos custos relacionados à *stockouts* e a vendas com desconto devido à utilização de maior capacidade reativa

Fonte: Adaptado de Fisher *et al*. (1994)

2.1.5. Relação entre maiores níveis de estoque e maior custo de manutenção de estoques

Essa relação é bastante direta. Diversos modelos analisados por Hopp e Spearman (2000) para calcular os níveis ótimos de inventário consideram o custo total de manutenção dos estoques como uma constante multiplicada pela quantidade média em estoque. Ou seja, o custo de manutenção dos estoques aumentaria linearmente com a quantidade média em estoque. Por outro lado, Slack *et al*. (2007) observam que nem sempre essa relação é linear, de modo que grande variações nos níveis a serem estocados podem necessitar de espaço físico que não está disponível, por exemplo. De qualquer forma, linearmente ou não, os custos de manutenção dos estoques crescem com maiores níveis de estoque a serem armazenados.

Slack *et al*. (2007) consideram que os principais custos relacionados à manutenção de estoque são: custo de capital (devido à diferença entre o tempo em que o dinheiro é gasto para montar o estoque e o tempo em que o dinheiro é recebido pela venda do produto), custos de armazenagem (aluguéis ou construção de espaço físico, iluminação, seguros, mão-de-obra, etc.), custos de obsolescência (os quais foram tratados separadamente na seção anterior como custos relacionados à sobra) e custo de ineficiência nas operações (pois altos níveis de inventário dificultam a visualização de problemas na operação). Vollmann *et al*. (2005) também relatam custos similares.

2.1.6. Relação entre reposições mais rápidas, frequentes e confiáveis, o nível dos inventários e a lucratividade

Através de uma análise dos conceitos revisados até esse ponto, os quais sustentam as relações apresentadas na Figura 2, percebe-se que através de reposições mais frequentes, rápidas e confiáveis, pode-se reduzir o nível dos inventários e aumentar a lucratividade. Essa conclusão não é nova, mas é extremamente importante nesse ambiente de variabilidade de demanda e curto ciclo de vida. Além disso, como observado por Fisher e Raman (2010), os benefícios obtidos através da velocidade de resposta permitida pela flexibilidade da cadeia de suprimentos não são facilmente calculados. Isso faz com que muitas decisões envolvendo o projeto da cadeia de suprimentos sejam realizadas favorecendo alternativas de menor custo, porém menos flexíveis. Abernathy *et al*. (1999) também observam que muitas vezes os custos relacionados aos *lead times* de manufatura e estoques não são levados em consideração nas decisões sobre as melhores opções de suprimento. Segundo os autores isso é particularmente notado na cadeia de vestuário e se constitui em grande impedimento para maior lucratividade e vantagem competitiva.

Obviamente existem *trade offs* a serem considerados. Porém, de acordo com Fisher e Raman (2010) a flexibilidade máxima é mais vantajosa para produtos com alta margem e elevada imprevisibilidade de demanda. A alta margem torna lucrativo um elevado nível de disponibilidade de produtos e a demanda imprevisível torna

essa disponibilidade difícil de ser alcançada de maneira lucrativa sem uma cadeia de suprimentos flexível. Abernathy *et al*. (1999) compartilham dessa visão e consideram que os riscos e os custos podem ser minimizados, aumentando-se os lucros, através de uma combinação de linhas de produção com *lead times* mais longos (e possivelmente com menores custos de produção) e linhas de produção com *lead times* mais curtos (possivelmente mais caras). Segundo os autores, os SKUs com maior variabilidade de demanda devem ser produzidos nessas linhas, enquanto os mais previsíveis devem ser produzidos naquelas. Além disso, eles sugerem que quanto maiores os custos relacionados aos inventários, mais competitiva será a produção com menores *lead times*. Dessa forma, pode-se concluir que as tendências apresentadas anteriormente de proliferação da variedade de produtos e redução do ciclo de vida dos produtos tende a favorecer cada vez mais as linhas de produção mais rápidas. Esse argumento está ilustrado na Figura 10.

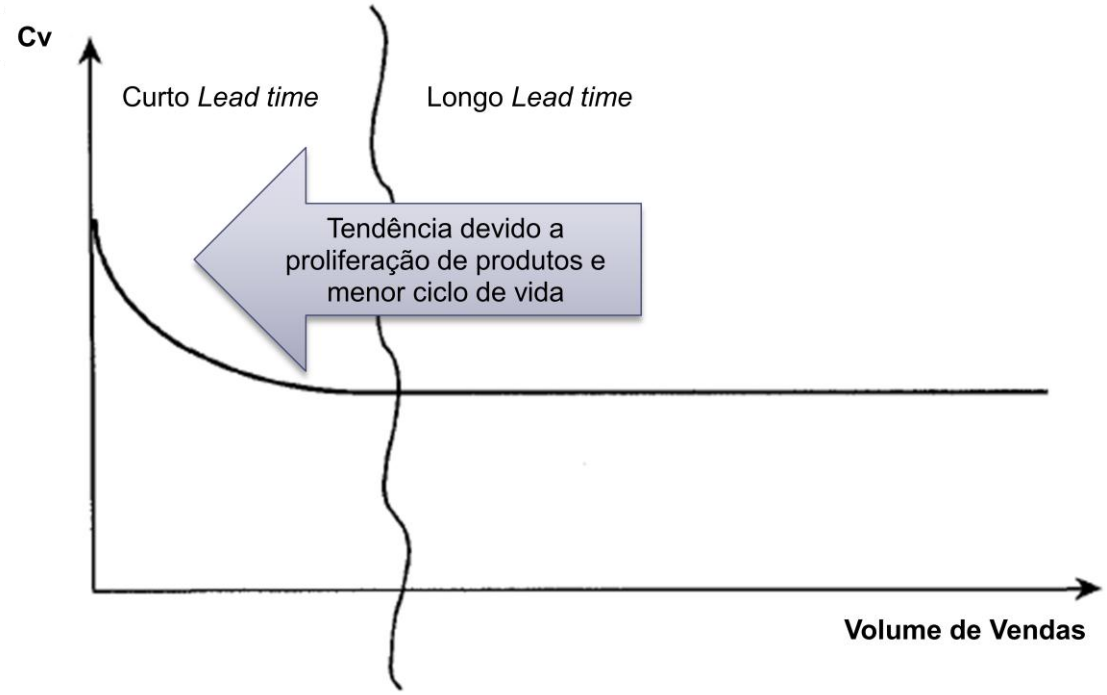

Figura 10 – Alocação ótima de capacidade produtiva de curto *lead time* e de longo *lead time* como uma função da incerteza da demanda

Fonte: Adaptado de Abernathy *et al*. (1999)

Diversas medidas de desempenho podem ser utilizadas para avaliar o resultado da aplicação de práticas que permitam maior velocidade de resposta. Nesse sentido, Abernathy *et al*. (1999) consideram que medidas operacionais e financeiras são particularmente importantes. Pois, afirmam que, no curto prazo, bons resultados operacionais podem ser obtidos a custa do desempenho financeiro.

Nesse sentido, considerando o desempenho operacional, Abernathy *et al*. (1999) afirmam que as unidades de negócio da indústria de vestuário que adotaram práticas mais responsivas apresentaram um tempo médio de entrega de 1,3 semana para certa categoria de produtos. Contra uma média de 2,9 semanas de outras unidades de negócio que não adotaram essas práticas. Além disso, eles afirmam que o tempo de produção e entrega das organizações mais responsivas também era menos da metade do tempo das outras empresas.

Quanto ao desempenho financeiro, Abernathy *et al*. (1999) afirmam que as empresas com maior capacidade de resposta obtinham giros de estoque mais de duas vezes maior do que as empresas do outro grupo. Além disso, elas descontavam seus produtos para venda em média em 4,3%, contra descontos médios de 22,2% concedidos pelo outro grupo. Além disso, as empresas mais responsivas eram aproximadamente quatro vezes mais lucrativas que as outras corporações. As primeiras obtinham uma média de margem de lucro de 11,7% contra uma média de 3% das restantes.

Por fim, Abernathy *et al*. (1999) consideram que essas disparidades só têm aumentado dado a tendência de consolidação das práticas de varejo enxuto.

2.2. Práticas de manufatura

Uma revisão da literatura foi realizada com o objetivo de identificar os conceitos e práticas de manufatura existentes para lidar com os desafios apresentados. Nesse sentido Godinho Filho e Fernandes (2005) ressaltam a existência de cinco paradigmas de manufatura, os quais são analisados sob a ótica do conceito de PEGEMs (Paradigmas Estratégicos de Gestão da Manufatura) proposto no trabalho. Esses paradigmas são: manufatura em massa atual, manufatura enxuta, manufatura responsiva, customização em massa e manufatura ágil.

No âmbito desse trabalho foi realizada uma pesquisa mais detalhada dos paradigmas de manufatura enxuta e manufatura ágil. A manufatura responsiva é abordada brevemente através do conceito de competição baseada no tempo apresentado em Stalk (1988). Por sua vez, a customização em massa é pouco abordada, pois seu foco em customabilidade, no sentido de o cliente poder interferir nas especificações dos produtos oferecidos, não está necessariamente alinhado aos objetivos desse trabalho. Por fim, ressalta-se que a manufatura em massa atual não é analisada.

2.2.1. Manufatura Enxuta

As origens do pensamento enxuto podem ser encontradas no chão de fábrica de empresas japonesas e, em particular, nas inovações na *Toyota Motor Corporation* (SHINGO, 1989; MONDEN, 1983; OHNO, 1988). Holweg (2007) relata que Eiji Toyoda, então diretor da *Toyota Motor Manufacturing*, foi enviado aos Estados Unidos em 1950 para estudar o método de manufatura norte americano. Ele estava determinado a implementar na Toyota as técnicas da produção em massa, porém restrições de capital e a baixa demanda do mercado japonês não justificavam os grandes lotes comuns na Ford e na GM. Como apontado por Womack (2006), o problema com o sistema de Ford não era o fluxo e sim a inabilidade de promover variedade. Holweg (2007) indica que foi Taiichi Ohno quem deu o impulso crucial em

direção ao desenvolvimento do Sistema Toyota de Produção (STP), capaz de produzir com economia uma grande variedade e com baixos volumes. Ao analisar os sistemas de produção ocidentais, Ohno comentou que eles possuíam duas falhas lógicas: A primeira era que a produção dos componentes em grandes lotes resultava em grandes inventários, que consumiam capital e espaço de armazenagem, além de resultar em altos níveis de defeitos. A segunda falha era a inabilidade de acomodar as preferências dos consumidores por diversidade de produtos. Assim Ohno lançou as bases para o STP, que tem como seus dois pilares o Jidoka (BAUDIN, 2007; HINCLEY, 2006) e o sistema de produção *Just-in-time* (JIT). Hines *et al*. (2004) também apontam para algumas dessas inovações, ressaltando o sistema de produção JIT, o método *kanban* de produção puxada, a aplicação de dispositivos à prova de erros, o respeito pelos trabalhadores e o alto nível de resolução de problemas pelos colaboradores. Todos esses pontos constituíam um gerenciamento de operações enxuto, focado na eliminação de desperdícios do fluxo de produtos e representava um modelo alternativo à produção em massa.

Nesse contexto, Stalk (1988) reafirma que a produção JIT trouxe consigo um movimento de busca por baixo custo e grande variedade. Stalk (1988) relata que os custos de manufatura podem ser classificados em duas categorias: os relacionados à escala, que diminuem na medida em que há aumento de volume e os pautados pela variedade, que aumentam com a variedade refletindo a complexidade da manufatura. Em um sistema flexível, os custos relacionados à variedade são inicialmente mais baixos e aumentam mais lentamente em face de aumentos no *mix*. Dessa forma, o ponto ótimo de custo acontece com maior volume e com maior variedade do que em fábricas tradicionais, representando uma fonte de vantagem competitiva. Visando melhor entendimento, esse conceito pode ser observado na Figura 11.

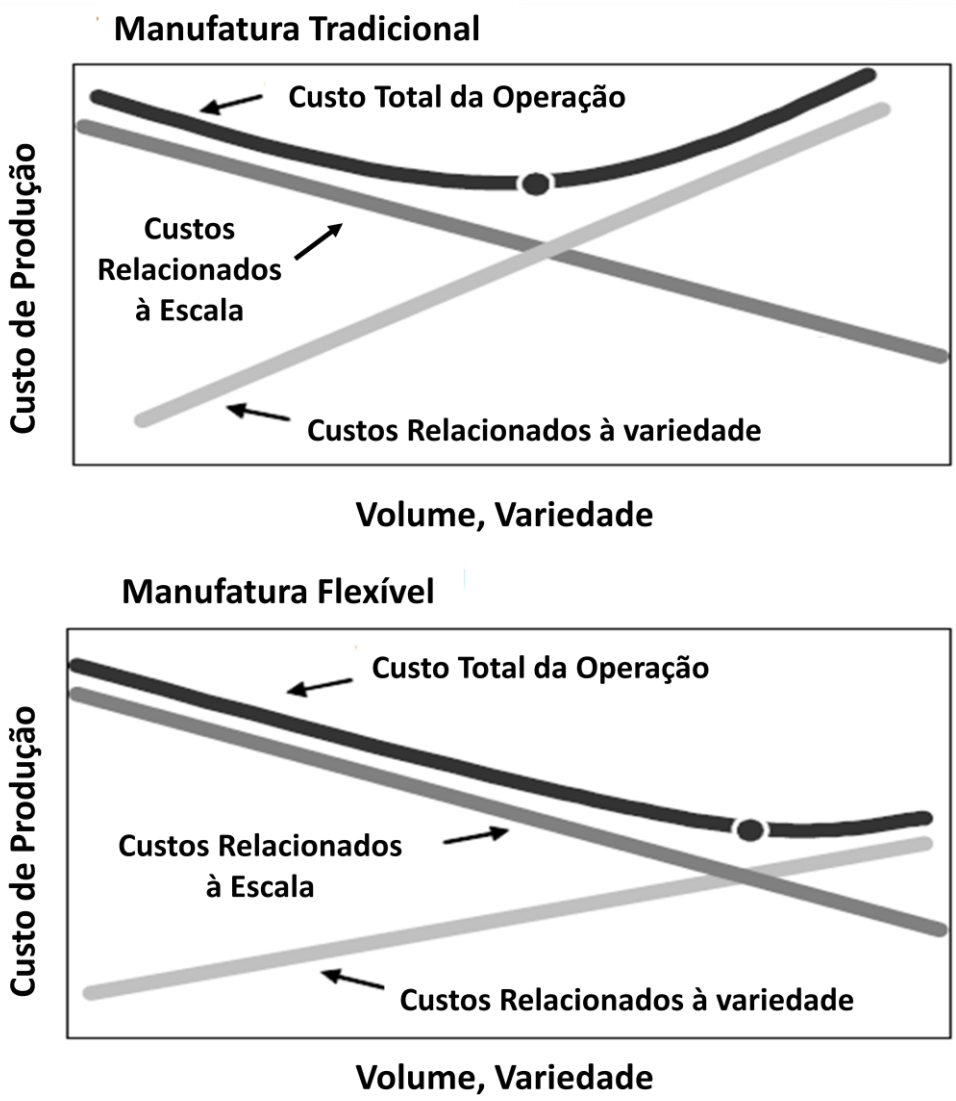

Figura 11 – Comparação dos custos de produção relacionados ao volume e a variedade no contexto de manufatura tradicional e manufatura flexível

Fonte: Adaptado de Stalk (1988)

Contudo, o interesse no paradigma *lean* no mundo ocidental era limitado até a publicação do livro *A Máquina que Mudou o Mundo* (WOMACK *et al*. 1990), que ressaltou as diferenças existentes entre a Toyota e outros fabricantes e também cunhou o termo produção enxuta. Como enfatizado por Holweg (2007), uma importante característica dessa publicação era o tratamento de aspectos que estavam além da manufatura, como o desenvolvimento de produtos, a cadeia de suprimentos e questões logísticas e de distribuição.

Após 1990, houve um processo gradual de expansão dos conceitos enxutos, acelerados pela promoção de casos de negócios ocidentais em diversos setores que tinham adaptado seus sistemas de produção para incluir os princípios enxutos (HINES *et al.,* 2004). Esses princípios foram cunhados em Womack e Jones (1996) e são:

- Especificar o valor desejado pelo cliente;
- Identificar o fluxo de valor para cada produto que promove o valor e desafiar todas as atividades necessárias para fornecê-lo;
- Fazer o produto fluir continuamente através das atividades restantes;
- Introduzir a lógica da puxada entre todas as atividades onde o fluxo contínuo é impossível;
- Gerenciar em direção à perfeição de modo que se reduza continuamente o número de atividade e a quantidade de tempo e informação necessária para servir o cliente.

Essa busca constante pela redução do tempo das atividades está alinhada ao conceito de competição baseada no tempo proposto por Stalk (1988). Ele relata que as organizações que utilizam esse conceito passaram por mudanças estruturais, permitindo a execução de suas operações muito mais rapidamente. Como consequência, o tempo se tornou a nova fonte de vantagem competitiva. Stalk (1988) afirma que esse conceito se baseia em manufatura flexível, aumento de variedade e de inovação e sugere que através da redução do consumo de tempo em todos os aspectos do negócio, essas empresas também reduzem seus custos, melhoram a qualidade e ficam mais próximas de seus consumidores. Por fim, ele relata que os maiores exemplos de organizações que utilizam essa estratégia são as japonesas, dentre elas a Toyota.

Com o passar do tempo, o conceito de fluxo de valor também evoluiu e foi estendido além da manufatura ou de uma única empresa (ROTHER; SHOOK, 1998; Jones; Womack, 2002). Hines *et al*. (2004) sugerem que isso promoveu a conexão entre o *lean* e a cadeia de suprimentos, pois a lógica da puxada foi estendida além dos limites de uma única fábrica para incluir os parceiros fluxo acima e fluxo abaixo.

Mais recentemente Shah e Ward (2003) definiram a produção enxuta como sendo uma abordagem multidimensional que abrange uma ampla variedade de

práticas gerenciais, incluindo JIT, sistemas de qualidade, times de trabalho, manufatura celular, gerenciamento de suprimentos, etc. em um sistema integrado. O principal é que essas práticas podem trabalhar sinergicamente para criar um sistema de alta qualidade que produz produtos acabados no ritmo da demanda do consumidor com pouco ou nenhum desperdício.

Buscando sistematizar esses acontecimentos, Hines *et al*. (2004) propõem um modelo da evolução do pensamento *lean* que está resumido na Tabela 2.

Tabela 2 – A evolução do Pensamento Enxuto

Fases	**1980-1990** **Consciência**	**1990 - meados 1990** **Qualidade**	**Meados 1990 - 2000** **Qualidade, custo e entrega**	**2000 +** **Valor**
Tema na Literatura	Disseminação de práticas de chão de fábrica	Movimento de melhores práticas, *benchmarking* levando a reprodução	Pensamento de fluxo de valor, empresa enxuta, colaboração na cadeia de suprimentos	Capacidade no nível de sistema
Foco	Técnicas JIT, custo	Custo, treinamento e promoção, TQM, reengenharia de processos	Custo, processo criado para apoiar o fluxo	Valor e custo, tático para estratégico, cadeia de suprimentos integrada
Principais processos de negócio	Manufatura, somente chão de fábrica	Manufatura e gerenciamento de materiais	Atendimento de ordens	Processos integrados, como atendimento de ordens e desenvolvimento de produtos
Setor da indústria	Automotivo - montagem de veículos	Automotivo - montagem de veículos e componentes	Manufatura em geral - normalmente focada em manufatura repetitiva	Manufatura de volume alto ou baixo, extensão para setores de serviço
Principais lacunas	Fora do chão de fábrica Aspectos entre empresas Pensamento sistêmico Montagem de carros somente	Predominantemente automotivo Exploração dos trabalhadores Aspectos da cadeia de suprimentos	Lidar com variabilidade Integração de processo Relação entre empresas Integração de indústrias	Aspectos globais Entendimento de valor para o cliente Indústrias de baixo volume Integração estratégica

Fonte: Adaptado de Hines *et al*.(2004)

2.2.2. Manufatura Ágil

Segundo Yusuf *et al*. (1999), o conceito original de manufatura ágil foi popularizado em 1991 por um grupo de pesquisadores do *Iaccoca Institute* da Universidade de Lehigh nos EUA e pregava uma abordagem holística, ao invés de uma abordagem sub-ótima, para a manufatura. Yusuf *et al*. (1999) relatam que o estudo dos pesquisadores culminou em um relatório de dois volumes tratando

basicamente de como os EUA poderiam recuperar sua proeminência na manufatura e recomendava o paradigma da produção ágil como tendo o potencial necessário. É interessante ressaltar que, nesse contexto, os termos “agilidade” e “manufatura ágil” foram utilizados para descrever uma versão adaptada do STP em indústrias automotivas americanas, pois por questões políticas, o novo conceito não poderia ser considerado como derivado de uma abordagem japonesa (HOLWEG, 2005). Porém, o conceito de agilidade exposto no relatório estava mal definido e necessitava de bases sólidas na teoria de gerenciamento. (YUSSUF *et al.,* 1999; BURGESS, 1994).

Buscando eliminar essa lacuna, foram propostas na literatura diversas definições para o conceito de agilidade e para o paradigma relacionado de manufatura ágil. Para Gehani (1995) e Kidd, (1996) a agilidade é a habilidade de um negócio de crescer em um mercado competitivo de mudanças contínuas e imprevisíveis e é considerada por Agarwal *et al*., (2007) como a característica fundamental necessária a uma cadeia de suprimentos para a sobrevivência em ambientes turbulentos e voláteis, os quais estão se tornando cada vez mais comuns à medida que se encurta o ciclo de vida dos produtos e que as forças ambientais criam incertezas adicionais, resultando em maior risco no gerenciamento da cadeia de suprimentos. Nesse sentido, Goldman *et al*. (1995) definem um sistema de manufatura ágil como sendo capaz de operar lucrativamente em um ambiente competitivo com contínua e imprevisível mudança nas demandas do consumidor. Similarmente, Gunasekaran (1998) define manufatura ágil como sendo a capacidade de sobreviver e prosperar em um ambiente competitivo de mudanças contínuas e imprevisíveis através de reações rápidas e eficazes às alterações no mercado, guiados por produtos e serviços projetados para o cliente. Por sua vez, Vokurka e Fliedner (1998) definem agilidade como sendo a habilidade de produzir e comercializar com sucesso, uma ampla gama de produtos de alta qualidade, com baixo *lead time*, baixo custo e com tamanhos variados de lotes, promovendo maior valor para clientes individuais através da customização. Por fim, Naylor *et al.*(1999) propõem que agilidade significa usar conhecimento de mercado e uma corporação virtual para explorar oportunidades lucrativas em um mercado volátil. É importante ressaltar que o conceito de corporação virtual é entendido por Naylor *et al*. (1999) como sendo similar ao de fluxo de valor ou de cadeia de suprimentos integrada. Essas definições

do paradigma da produção ágil mostram a necessidade de lidar com variedade e introduzir produtos rapidamente. Nesse sentido Sharifi e Zhang (2001) identificaram uma alta taxa de introdução de novos produtos e a rápida introdução de novos produtos como propriedades chaves de um sistema de manufatura ágil. Similarmente Ganguly *et al*. (2009), propõem que métricas de agilidade devem estar relacionadas à responsividade e à eficiência em custo no que diz respeito à introdução de novos produtos no mercado.

Programas de manufatura ágil enfatizam melhorias de desempenho nas áreas de responsividade, customização de produto, menor *lead time* de desenvolvimento de produto, menores tempo e custo de *setups* e eficientes aumento ou redução de escala das operações. Práticas associadas a esse paradigma são: manufatura JIT, aliança com fornecedores, uso de tecnologias avançadas de manufatura, alto nível de treinamento de funcionários e *empowerment*. (BROWN; BESSANT, 2003; PRINCE; KAY, 2003; NAGEL; BHARGAVA, 1994; SHARIFI; ZHANG, 2001). Por sua vez, Christopher e Towill (2001) ressaltam a flexibilidade como uma característica chave de uma organização ágil. Nesse sentido Yusuf *et al*. (1999) afirmam que tanto a flexibilidade do maquinário produtivo quanto dos colaboradores são necessárias para uma estratégia flexível abrangente. Por fim, Kidd (1994) afirma que a manufatura ágil promove três conceitos principais para permitir a flexibilidade: a introdução de *buffers* de resposta, o *postponing* de decisões na manufatura e a configuração tardia de produtos, ou seja, mais próxima ao cliente. Como definido por Naylor *et al*. (1999), o *postponement* tem como objetivo o aumento da eficiência da cadeia de suprimento ao mover a diferenciação do produto para mais próximo do cliente final. Portanto, os dois últimos conceitos apresentados por Kidd (1994) estão intimamente relacionados.

Para Christopher (2000), a característica mais importante que torna uma cadeia de suprimentos ágil em sua natureza é a sensitividade ao mercado. Significando que a cadeia de suprimento é capaz de responder à demanda real (CHRISTOPHER; TOWILL, 2001). Já para Yusuf et. al. (1999), o fator mais relevante em que o conceito da agilidade está baseado é a mudança. Nesse sentido, as organizações de sucesso devem ser capazes de prever, adaptar-se e responder às mudanças usando iniciativas táticas para alcançar objetivos estratégicos. Dessa forma, cadeias de suprimento ágeis devem ser flexíveis e, portanto, robustas a

mudanças, explorando essa capacidade como uma forma de vantagem competitiva (NAIM; GOSLING, 2010). Por sua vez, essa vantagem competitiva deve ser alcançada através da utilização dos melhores recursos disponíveis para uma organização em particular ou para um grupo de organizações (YUSUF et. al., 1999).

Goldman *et al*. (1995) ressaltaram a aplicação dos conceitos de agilidade no âmbito de indivíduos e de empresas. Um terceiro nível de agilidade, no âmbito das relações interorganizacionais foi sugerido por Yusuf *et al*. (1999). Nesse contexto de formação de empresas virtuais, um maior nível de agilidade é alcançado quando as competências essenciais dos parceiros são utilizadas em conjunto para maximizar os benefícios da cooperação. Essa característica também foi observada por Christopher (2000), por Katzy e Crowston (2008) e por Kidd (1994). Esse propôs que uma das formas de operacionalizar a agilidade é através da síntese das competências essenciais de empresas, permitindo que elas se adaptem e respondam rapidamente às necessidades dos consumidores. Nesse sentido, Yusuf *et al*. (1999) observaram que a cooperação entre empresas fornece as bases para respostas rápidas a variações na demanda, as quais seriam impossíveis de serem alcançadas por organizações individuais. Portanto, oferecendo um grande potencial de aplicação dos princípios e práticas ágeis por pequenas e médias empresas através da rápida formação de parcerias.

Agarwal *et al*.. (2007) identificaram 15 variáveis durante o desenvolvimento de um modelo para melhoria da agilidade de uma cadeia de suprimentos. E concluíram que a integração de processos, o uso de ferramentas de TI e o planejamento centralizado e colaborativo são fatores que induzem fortemente a agilidade. Conclusão semelhante à de Yusuf *et al*. (2004). Nesse sentido, a integração de processos significa o trabalho colaborativo entre fornecedores e compradores, desenvolvimento conjunto de produtos, sistemas comuns e informações compartilhadas (CHRISTOPHER, 2000). Dessa forma, observa-se que as cadeias de suprimento virtuais são baseadas em informação ao invés de serem baseadas em inventários (AGARWAL *et al*., 2007). Essa forma abrangente de cooperação na cadeia de suprimentos está cada vez mais proeminente à medida que as empresas focam em gerenciar suas competências essenciais e terceirizar todas as outras atividades (AGARWAL *et al*., 2007). Contudo, Katzy e Crowston, (2008) apontam que apesar de as redes constituírem uma opção relevante para aumentar a agilidade

através do acesso colaborativo a competências externas relevantes, pouco ainda é conhecido sobre como gerenciar sistematicamente essas redes. Nesse sentido, De Toni e Meneghetti (2000) também apontam que pouco é conhecido sobre a relação entre práticas utilizadas por redes de empresas e fatores importantes como o desempenho em relação ao tempo de resposta ao mercado.

2.2.3. Paradigma Enxuto X Paradigma Ágil

A literatura apresenta diversos trabalhos que comparam os dois paradigmas discutidos anteriormente. Visando maior esclarecimento, algumas dessas pesquisas são apresentadas a seguir:

Narasimhan *et al*. (2006) afirma que uma avaliação das práticas associadas à manufatura enxuta e à manufatura ágil indica sobreposição. Porém, conclui que apesar disso os dois paradigmas são distintos. Também infere sobre a existência de uma relação temporal entre os dois paradigmas, sendo a manufatura enxuta uma precursora da manufatura ágil. Ou seja, em termos de práticas, a manufatura enxuta não implica a manufatura ágil, mas a aplicação do paradigma ágil requer a utilização de muitos dos princípios e técnicas da manufatura enxuta. Por outro lado, Shah e Ward (2003) indicam que estratégias de manufatura ágil são um subgrupo das práticas JIT, portanto estão inseridas no paradigma de produção enxuta. Alguns autores ainda indicaram que primeiramente existia a necessidade de se adotar o paradigma da produção enxuta e agora as empresas deveriam seguir o paradigma da produção ágil (BOOTH, 1996; WARD, 1994). Por sua vez, Hallgren e Olhager (2009) afirmam que dependendo da análise dos requisitos do mercado e dos efeitos no desempenho esperado, a empresa pode escolher diferentes caminhos de progresso, por exemplo, manufatura enxuta ou ágil. Essa abordagem denota uma necessidade de escolha entre um dos paradigmas. Naylor *et al*., (1999) não compartilham dessa visão, e acreditam que apesar de diferentes, esses modelos podem e devem ser combinados, propondo o conceito de *leagility.* Esse conceito se baseia na hipótese de o paradigma da manufatura ágil ser mais adequado para satisfazer uma demanda flutuante (em termos de volume e variedade) e a produção enxuta requerer, e promove uma programação nivelada. Além disso, procura

relacionar essas diferenças entre os paradigmas à posição do ponto de desacoplamento do pedido do cliente. Dessa forma, Naylor *et al*. (1999), sugerem que o paradigma enxuto seja aplicado à cadeia de suprimento fluxo acima do ponto de desacoplamento, pois a demanda é suave (permitindo o uso de *kanban*) e produtos padrão fluem por vários fluxos de valor. Fluxo abaixo desse ponto, sugerem que seja utilizado o paradigma ágil para lidar com a variabilidade na demanda e o aumento da variedade de produtos por fluxo de valor. Naylor *et al*. (1999) também associam ao conceito de ponto de desacoplamento a questão do *postponement*. Ainda, defendem que a diferenciação do produto deve ser feita no ponto de entrada do pedido e que o *postponement* é essencial para produtos com um curto ciclo de vida. Por fim Womack (2006) afirma que o princípio mais básico do *lean,* a necessidade de fornecer mais valor para o cliente com menos desperdício, é uma constante para qualquer empresa. Além disso, alega que outras filosofias de manufatura como a ágil possuem o mesmo conceito, porém com diferentes pontos de entrada. Nesse sentido, essas abordagens são focadas na criação de um fluxo de valor perfeito, seja no desenvolvimento de produtos ou nas operações, em conjunto com os processos de suporte das empresas. Dessa forma, conclui que o problema não é a discordância nos objetivos, mas uma confusão sobre os meios.

Diversos estudos foram realizados com o intuito de comparar e separar os dois paradigmas. Narasimhan *et al*. (2006) percebem que, ao revisar a literatura existente sobre manufatura enxuta e manufatura ágil, é importante reconhecer que essas abordagens podem ser discutidas como paradigmas de manufatura e como capacidades de desempenho. Sugere ainda, que quando discutidos como paradigmas, as diferenças entre as duas abordagens é sombria. Dessa forma propõem as seguintes definições: “Uma produção é enxuta se é realizada com mínimo desperdício devido a operações desnecessárias, ineficientes, ou excesso de *buffer*”. E “uma produção é ágil se muda eficientemente os estados de operação em resposta a demandas novas e incertas que lhe são colocadas”. Em outro estudo Naylor *et al*. (1999) propõem a seguinte definição “Ser enxuto significa o desenvolvimento de um fluxo de valor para eliminar todos os desperdícios, incluindo o tempo, e a garantia de uma programação nivelada”. Em um estudo comparativo mais recente Hallgren e Olhager (2009) enxergam a produção enxuta como um programa voltado principalmente para aumentar a eficiência das operações através

de elevada utilização da capacidade e consequente redução dos custos de manufatura. Esse conceito vai contra a afirmação de Shingo (1989) e Vollmann *et al*. (2005) os quais afirmam que sistemas de manufatura JIT devem ter ampla largura de banda, ou seja, capacidade para absorver variações na demanda. O foco então não é na utilização máxima do equipamento e da capacidade produtiva, e sim na utilização das habilidades dos trabalhadores, propondo o conceito de pessoa integral.

É interessante ressaltar o fato de as definições sobre o paradigma enxuto existentes nos três estudos comparativos não tratarem do primeiro princípio proposto por Womack e Jones (1996), ou seja, sobre a especificação do valor desejado pelo cliente. Nesse sentido, há muitas métricas passíveis de consideração para se avaliar o foco no cliente. Porém, Johansson e McHugh (1993), propõem que elas podem ser agrupadas em Serviço, Qualidade, Custo e *Lead time*, representando o valor total de um produto para o cliente final. Dessa forma, Naylor *et al*. (1999) propõem que as métricas de *lead time* e qualidade possuem a mesma importância tanto para a produção enxuta quanto para a produção ágil, mas as métricas de serviço são mais relevantes para o paradigma ágil enquanto o desempenho em custo é mais característico do paradigma enxuto. Narasimhan *et al*. (2006) compartilham da visão de que, apesar de tratar das mesmas prioridades competitivas da manufatura (custo, qualidade, *lead time* e serviço), a manufatura enxuta e a manufatura ágil enfatizam diferentes elementos. Associando o custo como a característica mais importante para a *lean* e o nível de serviço para o paradigma ágil.

Por outro lado, Hallgren e Olhager (2009), ao realizar um estudo sobre o impacto dos dois paradigmas no desempenho operacional, concluem que tanto a manufatura enxuta quanto a manufatura ágil têm impacto positivo sobre as dimensões de velocidade de entrega, confiabilidade de entrega, flexibilidade de volume e *mix* de produtos. Porém, indicam maior impacto da manufatura ágil nessas duas últimas dimensões. Concluem também que o desempenho em custos não é significativamente afetado pela manufatura ágil, mas é positivamente afetado pela produção enxuta e o impacto nos níveis de qualidade é significativamente maior para a manufatura enxuta em relação à manufatura ágil. Ou seja, o estudo indica um impacto positivo da manufatura enxuta em todas as medidas de desempenho

estudadas. Segundo Hallgren e Olhager (2009) isso indica que, mesmo dentro do contexto de manufatura repetitiva, aderência à programação diária e *layout* orientado para o fluxo, a flexibilidade no volume e no *mix* é positivamente impactada. Isso vai de encontro às proposições de Stalk (1988) ao sugerir que dentre as práticas de manufatura que suportam a competição baseada no tempo estão a produção de lotes menores, permitindo uma produção mais frequente do *mix* completo de produtos e resposta mais rápida as demandas do consumidor. Outra prática associada é o *layout* organizado pelo fluxo de produtos. Quanto à programação da produção, sugere uma programação feita de forma local, pelos próprios trabalhadores, sem o tempo dispendioso necessário para a aprovação da gerência. Também nesse sentido Shah e Ward (2003) afirmam que a base do JIT é que os processos de manufatura mais velozes e com mais qualidade possuem inerentemente maior eficiência de custo. Essa afirmação está alinhada ao modelo proposto por Ferdows e de Meyer (1990): apesar de no curto prazo poder existir uma relação de *trade off* entre as capacidades de manufatura, há uma hierarquia entre elas. Sendo a qualidade a base de todas, seguida pela confiabilidade, depois pela velocidade (tratada como flexibilidade de produção) e por último a eficiência em custo. Ou seja, o a eficiência em custo é uma consequência e não o objetivo primário.

Hallgren e Olhager (2009), ao compararem os resultados obtidos em sua pesquisa aos obtidos no estudo de Narasimhan *et al*. (2006), sugerem que as diferenças nos resultados no tocante ao desempenho em qualidade e entrega – Hallgren e Olhager (2009) indicam maior impacto da manufatura enxuta na qualidade e desempenho semelhante à manufatura ágil na velocidade e confiabilidade de entrega, enquanto Narasimhan *et al*. (2006) aludem melhor desempenho da manufatura ágil nas três medidas – pode ser devido a diferenças nas amostras. Indicando que empresas fora dos EUA associam melhorias no desempenho de qualidade e entrega mais a iniciativas relacionadas ao *lean* do que relacionadas à manufatura ágil. Porém, o autor desse trabalho também acredita que outro fato relevante para o resultado do estudo de Narasimhan *et al*. (2006) é o critério subjetivo utilizado para a definição de uma determinada amostra como uma planta ágil ou uma planta enxuta.

Como mostrado anteriormente o conceito de valor é fundamental para o pensamento enxuto, porém esse é um conceito que ainda possui falhas no seu entendimento por parte de alguns críticos, já que é frequente ver a literatura tratar da criação de valor como sendo igual à redução de custo. Hines *et al*. (2004) esclarecem esse ponto ao afirmar que valor é criado de duas maneiras: através da redução do desperdício interno e dos custos relacionados; e através do oferecimento de novas funcionalidades ou serviços valiosos para o cliente, podendo ser tangíveis, como menor prazo de entrega ou intangíveis, como marca ou questões ambientais. Sendo o custo somente uma das formas de gerar valor para o cliente. Hines *et al*. (2004) apresentam o conceito de equilíbrio valor-custo como sendo a situação na qual o produto fornece exatamente a quantidade de valor pela qual o cliente está disposto a pagar, na forma de custo do produto. Por fim, fazem a lógica afirmação de que quanto mais acima do equilíbrio um produto ou serviço estiver posicionado, ou seja, quanto maior seu valor em relação a seu custo, maior será a sua atratividade perante o cliente.

Em relação às práticas dos dois paradigmas, Hallgren e Olhager (2009) consideram algumas características claramente usadas para operações enxutas e que as diferenciam de operações ágeis são: produção repetitiva, aderência a uma programação diária e *layout* orientado para o fluxo. Por outro lado, avaliam que as características diferenciadoras entre a manufatura ágil e a manufatura enxuta são: capacidade de elevada customização, capacidade de lidar eficientemente com variedade e agilidade no desenvolvimento de novos produtos.

Naylor *et al*. (1999) também comparam características relevantes aos paradigmas de produção enxuta e produção ágil. Tais critérios são classificados quanto à relevância para o sucesso de determinado paradigma como: essencial, desejável ou arbitrário. Essa proposição é resumida na Tabela 3.

Tabela 3 – Classificação de importância das características *lean* e ágeis

Característica	***Lean***	**Ágil**
Uso de conhecimento do mercado	❍❍❍	❍❍❍
Empresa virtual/Fluxo de Valor/ Cadeia de suprimentos integrada	❍❍❍	❍❍❍
Compressão do *lead time*	❍❍❍	❍❍❍
Eliminação de desperdícios	❍❍❍	❍❍
Reconfiguração rápida	❍❍	❍❍❍
Robustez	❍	❍❍❍
Demanda suave/Programação nivelada	❍❍❍	❍

Legenda: ❍❍❍ = essencial. ❍❍ = desejável. ❍ = arbitrário

Fonte: Adaptado de Naylor *et al*. (1999)

É interessante perceber as causas direcionadoras à classificação de algumas características como de similar importância ou de diferente importância entre os dois paradigmas.

Quanto à eliminação de desperdícios e reconfiguração rápida, Naylor *et al*. (1999) propõem que a manufatura ágil necessita de uma alto nível de reconfiguração rápida (habilidade de, em curto prazo, trocar para uma ampla variedade de produtos), mas não enfatiza e eliminação de desperdícios como pré-requisito. Por outro lado, sugerem que a produção enxuta prega que todos os desperdícios devem ser eliminados e, uma cadeia enxuta será tão flexível quanto possível, mas ser flexível não é um pré-requisito para ser *lean*. Quanto à robustez e a necessidade de demanda suave e programação nivelada, Naylor *et al*. (1999) aponta que uma

empresa ágil deve ser capaz de resistir a variações e deve estar em posição de obter vantagem dessas flutuações para maximizar seus lucros. Enquanto indica que não é possível implementar a manufatura enxuta se a demanda do cliente final estiver além do controle da cadeia de suprimento. Baseia essa afirmação no conceito de que variações na demanda levariam a desperdícios na forma de não produção próxima a capacidade ou na manutenção de grandes estoques. Isso também mostra uma discordância com o conceito de largura de banda exposto previamente (VOLLMANN, *et al*.2005). Por fim, aponta que se há demanda por uma ampla variedade de produtos (*mix*) e alta variabilidade na produção (volume), uma cadeia de suprimentos ágil é mais adequada. Enquanto, o paradigma enxuto deveria ser aplicado em ambientes com demanda por baixa variedade de produtos e baixa variabilidade na produção.

Como percebido por Hines *et al*. (2004), a evolução do conceito do pensamento enxuto trouxe significativa confusão sobre a definição do que é *lean*. Essa evolução foi e ainda é altamente motivada pela insuficiência de alguns conceitos *lean* encontrada por organizações ao progredirem em sua curva de aprendizado, bem como pela extensão do pensamento enxuto para novos setores com diferentes características e restrições. Conforme exposto anteriormente, uma das principais críticas é quanto à habilidade de sistemas enxutos de lidarem com a variabilidade. Segundo Hines *et al*. (2004), com o intuito de gerar valor para o cliente, as práticas enxutas procuram formas de gerenciar a variabilidade e de criar capacidade através da utilização dos recursos de maneira mais eficaz do que em sistemas tradicionais. Porém, várias abordagens enxutas como a programação nivelada em termos de *mix* e de volume (*heijunka box)* e o *kanban*, têm sido criticados por serem inflexíveis. Na verdade, conforme percebido por Hines *et al*. (2004), muitos críticos têm confundido a lógica da puxada com o *kanban*, assumindo que esse é a única forma de se atingir uma programação guiada pela demanda do cliente. Na verdade, como mostrado por Smalley (2005), o conceito básico é realizar a programação em um único ponto no fluxo de valor, denominado processo puxador, que regula a produção nos outros processos. Esse método é utilizado em contraposição à utilização de diversos pontos de programação inerentes a programações baseadas na lógica do MRP. Inclusive, seguindo a lógica da evolução do pensamento *lean*, a deficiência relativa à aplicação do *kanban* também tem sido

estudada, resultando na proposição de soluções flexíveis (GUPTA, 1997) e mais recentemente híbridas (DUGGAN, 2002; NAZARENO, 2008), onde coexistem sistemas de programação baseados na lógica puxada e na lógica empurrada. As críticas à inflexibilidade quanto à *mix* e volume foram abordadas por Duggan (2002) ao propor quatro opções de balanceamento abrangendo desde formas de programação mais adequadas quando se consegue nivelar a programação ao longo de algumas semanas (demanda suave) até opções capazes de se ajustarem em ambientes onde a demanda do cliente é imprevisível, variável e há a exigência de maior velocidade de resposta. Essa última opção baseia-se na utilização variável da mão de obra (portanto necessita de operadores multifuncionais) e de um pequeno supermercado de segurança para absorver picos na demanda. Outro ponto importante para esse nivelamento de *mix* é a redução dos tamanhos dos lotes produzidos, aproximando a produção à demanda real dos clientes. Esse imperativo culminou na necessidade de redução dos tempos de *setups*, conceito abordado em Shingo (1985). Outro conceito também proposto por Shingo (1986) é a utilização de sistemas à prova de erros como meios para realização de inspeções na fonte. Permitindo a produção de maior *mix* e a manutenção de altos níveis de qualidade. Uma última consideração em relação à flexibilidade de sistemas de produção enxuta diz respeito à utilização de máquinas de tamanho certo que ao invés de buscarem integrar muitas atividades (longos tempos de ciclo), são projetadas para serem responsáveis somente por algumas etapas do processo (menor tempo de ciclo), serem altamente capazes, móveis, de fácil manutenção e de fácil *setup*. Esses aparelhos são normalmente mais baratos em relação a grandes maquinários voltados para a produção em massa, possibilitando pequenos incrementos de capacidade caso haja aumento de demanda e menor custo de capital parado em cenários de redução de demanda, esse conceito é conhecido como linearidade do capital (ROTHER; HARRIS, 2002; WOMACK, 2006).

Por fim, quando tratados sob o ponto de vista de desenvolvimento de produtos, Stalk (1988) mostra através de comparações, como os conceitos aplicados na manufatura podem ser estendidos para a inovação: o conceito de produção de menores lotes é equivalente à introdução de incrementos menores e mais frequentes de melhorias nos novos produtos já o conceito de times multifuncionais também pode ser aplicado para o desenvolvimento de produtos.

2.2.4. Análise das Práticas de Manufatura

Uma análise da revisão bibliográfica apresentada revela que muitas críticas ao paradigma da manufatura enxuta ainda levam em consideração as definições existentes no início da década de 90, omitindo os desenvolvimentos ocorridos desde então. Nesse sentido, podemos perceber a relevância desse desenvolvimento ao testar os limites e modificações contingenciais da abordagem, não significando mudanças nos fundamentos do conceito de empresa enxuta. (WOMACK; JONES, 1996; HINES *et al*. 2004).

A análise da literatura também revela a existência de diversas sobreposições nas práticas relativas aos dois paradigmas de produção. Essas semelhanças estão explicitadas na Figura 12. Como pode ser observado, um dos únicos conceitos abordados com mais ênfase na literatura de manufatura ágil em relação à literatura de manufatura enxuta é o *postponement*. Porém, o sucesso da aplicação desse conceito depende de fatores relacionados à variedade externa, à variedade interna e ao posicionamento do ponto de desacoplamento (HOLWEG, 2005). Todavia, como a agilidade presume uma rápida reconfiguração do sistema, demonstrada pela rápida, frequente e efetiva introdução de produtos, o eficiente uso desse conceito presume que todo novo produto introduzido no mercado leve em consideração os requisitos apontados acima. Isso demonstra que o *postponement* está mais ligado às características de um produto específico do que à habilidade do sistema de se reconfigurar rapidamente, portanto pode ser utilizado em ambientes de manufatura enxuta. Nesse sentido, Hines *et al*.(2004) indicam que, do ponto de vista estratégico, pode-se integrar outras abordagens (em particular as suas ferramentas) sem contradizer o principal objetivo do *lean*, gerar valor para o cliente.

Manufatura Enxuta	Manufatura Ágil
Produção de lotes menores	Menor tempo de *setup*
Redução dos tempos de *setup*	
Manufatura JIT	Manufatura JIT
Redução do *lead time*	Redução do *lead time*
Manufatura celular (*layout* orientado para o fluxo)	
Produção Puxada	
Poka-Yoke e inspeção na fonte	
Sistemas de qualidade	
Capacidade de equipamento ociosa (pessoa integral)	Eficiente aumento ou redução da escala das operações
Máquinas de tamanho certo	Flexibilidade do maquinário produtivo
Alto nível de resolução de problemas pelos trabalhadores	Alto nível de treinamento e *empowerment*
Programação de produção local (*empowerment*)	
Operadores e times multifuncionais	
	Postponement

Figura 12 – Comparação entre as práticas da manufatura enxuta e da manufatura ágil

Para entender como essas práticas estão associadas ao objetivo desse trabalho, serão apresentadas a seguir diversas relações propostas em Hopp e Spearman (2000). A intenção é identificar qual a relação dessas práticas com os fatores apresentadas na Figura 2. Para facilitar o entendimento e visualização das relações, essas estão divididas em duas partes: primeiramente serão apresentadas as práticas relacionadas ao aumento de capacidade e suas implicações; em seguida, serão analisadas outras práticas e outros resultados de algumas práticas apresentadas no primeiro momento.

Através da Lei de Little, Hopp e Spearman (2000) demonstram que práticas relacionadas ao aumento da capacidade e consequente redução da utilização reduzem a formação de filas. Dessa forma, reduzindo o *lead time* de manufatura e sua variabilidade. As práticas citadas pelos autores para esse fim estão apresentadas em mais detalhes a seguir e suas relações com o objetivo desse trabalho estão sintetizadas na Figura 13.

1. **Alterar ou adicionar equipamentos**: eleva a capacidade diretamente;
2. **Reduzir tempos de *setup***: o tempo liberado pode ser utilizado para o aumento direto da capacidade.
3. **Melhorar os níveis de qualidade**: a redução de retrabalhos ou perdas pode elevar substancialmente a capacidade;
4. **Utilizar operadores multifuncionais**: podem trabalhar onde há maior necessidade de aumento de capacidade, aumentando a capacidade efetiva do sistema;
5. **Aumentar confiabilidade e manutenabilidade**: incrementos no tempo médio até a falha, ou no tempo médio entre reparos dos equipamentos, elevam a capacidade das máquinas e do sistema de manufatura como um todo;

O conceito 5, apesar de não apresentado anteriormente, é abordado no âmbito da manufatura enxuta através de práticas conhecidas como TPM (do inglês, *Total Productive Maintenance*). (NAKAJIMA, 1989).

Outras práticas citadas por Hopp e Spearman (2000) são apresentadas a seguir. Da mesma forma, suas relações com o objetivo desse trabalho estão sintetizadas na Figura 14. É importante salientar que algumas cores diferentes foram utilizadas na ilustração com o único propósito de facilitar a visualização.

1. **Reduzir tempos de *setup***: o tempo liberado também pode ser usado para a realização de mais *setups*. Porém, mesmo se o aumento no número de *setups* utilizar todo o incremento de capacidade, *setups* mais curtos e frequentes diminuem a variabilidade da estação de trabalho, reduzindo a formação de filas tanto na estação de trabalho em questão quanto nas estações fluxo abaixo;
2. **Promover um fluxo de peças unitárias**: reduz significativamente as esperas do lote de produção;
    a. **Projetar o *layout* orientado para o fluxo**: facilita a movimentação frequente dos lotes de produção;
3. **Praticar o *postponement***: posiciona o estoque em um ponto mais próximo ao cliente, reduzindo o tempo de entrega;

4. **Utilizar sistemas puxados**: um sistema puxado atingirá a mesma taxa de produção com menor WIP (do inglês, *Work In Process*), pois a liberação de mais trabalho para o processo produtivo é coordenada com o *status* desse processo. Essa melhoria de sincronismo reduz os tempos de fila e, devido à redução do WIP, o tempo de atravessamento;
5. **Aumentar confiabilidade e manutenabilidade**: incrementos no tempo médio até a falha ou no tempo médio entre reparos dos equipamentos também reduz significativamente a variabilidade efetiva da máquina e dos processos fluxo abaixo;
6. **Melhorar os níveis de qualidade**: a redução de retrabalhos ou perdas também pode reduzir substancialmente a variabilidade efetiva do processo de manufatura;

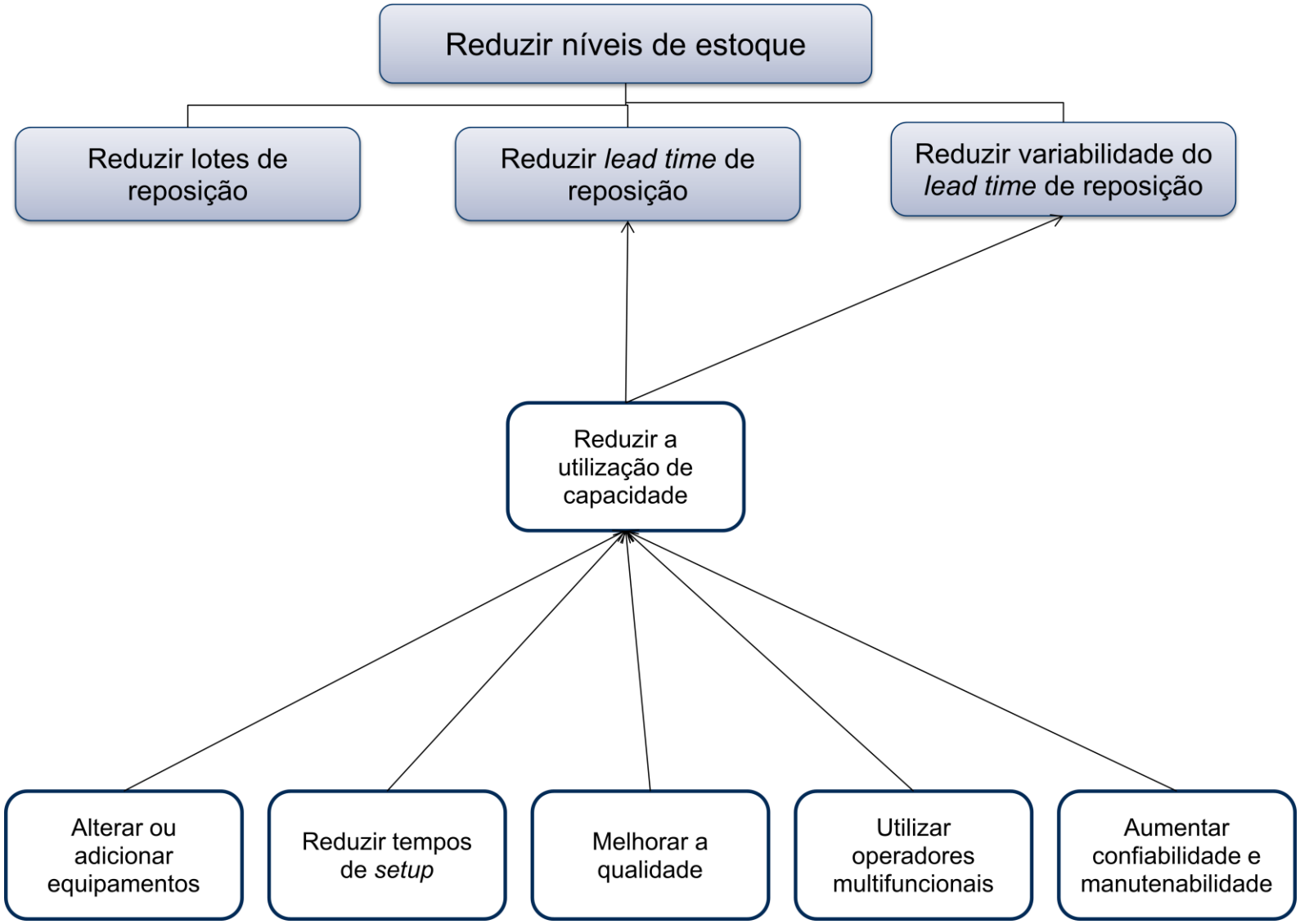

Figura 13 – Práticas relacionadas ao aumento de capacidade e suas relações com o objetivo desse trabalho

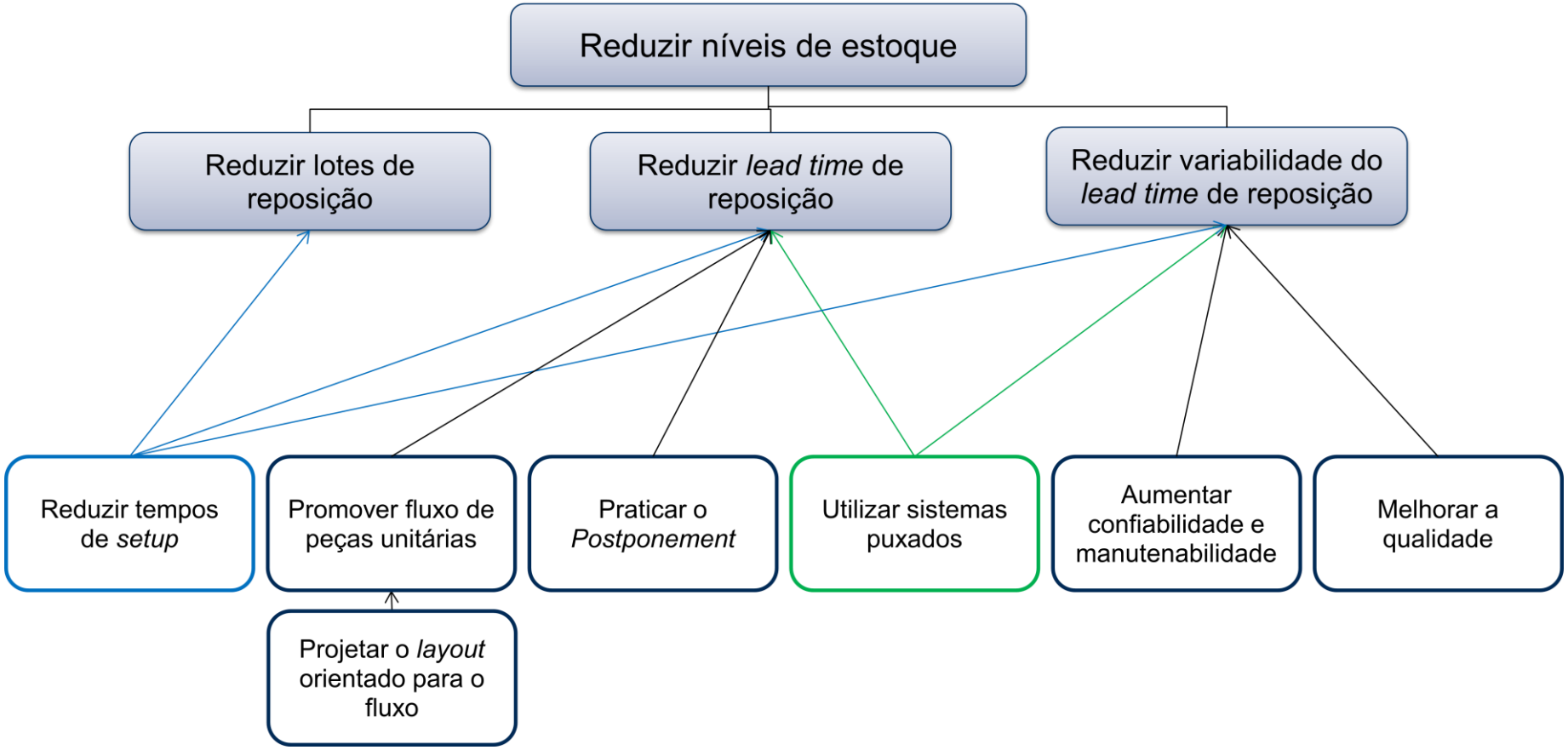

Figura 14 – Outras práticas e suas relações com o objetivo desse trabalho

2.3. Análise de Casos Presentes na Literatura: Zara/Inditex

2.3.1. Apresentação da empresa

A Inditex, controladora da Zara, está entre as maiores empresas no segmento de varejo de moda. O grupo emprega mais de 100.000 pessoas e é formado por mais de 100 empresas cujas operações compreendem desde o desenvolvimento do tecido até a venda no varejo, passando pela manufatura e distribuição. Além da Zara, o grupo é dono de outras 7 marcas: Pull & Bear, Massimo Dutti, Bershka, Stradivarius, Oysho, Zara Home e Uterqüe, totalizando 5.221 pontos de venda em 78 países. Sendo que a grande maioria das lojas (aproximadamente 80%) está localizada na Europa. A Zara é a maior dessas marcas, está em todos os países em que o grupo atua, representou 64,6% das vendas da Inditex em 2010, e conta com uma rede de 1.557 lojas em pontos privilegiados de grandes cidades. A sua primeira loja foi aberta em 1975 na cidade de La Coruña na Espanha, local que ainda hoje é sede do grupo e a primeira loja no Brasil foi aberta em 1999 (INDITEX, 2011a, 2011b).

A integração vertical para a manufatura teve início em 1980 e, a partir de 1990, investimentos significativos foram feitos em manufatura, logística e TI, incluindo cooperações com a Toyota objetivando estabelecer um sistema de manufatura *just-in-time*, a construção de um grande centro de distribuição em La Coruña e a implantação de um sistema avançado de telecomunicação para conectar a sede da empresa, a produção e os pontos de venda. Essas e outras práticas que serão apresentadas a seguir fazem parte de uma abordagem holística que busca a otimização do todo em detrimento ao foco em partes isoladas, resultando em uma cadeia de suprimentos extremamente reativa, adaptada ao modelo de negócio da empresa e bem diferente ao tradicionalmente observado no setor. A capacidade de resposta da cadeia de suprimentos é utilizada para rapidamente seguir as tendências do mercado, ao invés de buscar eficiência e ganhos de escala através da exigência de alocação de pedidos antecipados. Dessa forma a empresa observa o que está vendendo e ajusta continuamente a sua produção, tornando-a capaz de se

ajustar a novas e flutuantes demandas (FERDOWS *et al*. 2004; GHEMAWAT; NUENO, 2003). Como resultado, de 1991 até o ano fiscal de 2010, as vendas da Inditex cresceram mais de 30 vezes, de €367 milhões para €12 bilhões, e o lucro líquido cresceu mais de 50 vezes, de €31 milhões para €1,7 bilhão. (FERDOWS *et al*. 2004; GHEMAWAT; NUENO, 2003; INDITEX, 2011a)

De acordo com Ferdows *et al*. (2004) não existe nenhuma empresa no negócio de moda que possua a agilidade da Zara. Ghemawat e Nueno (2003) afirmam que a empresa é capaz de criar o projeto, produzir e entregar os produtos na loja em 4 a 5 semanas, para produtos inteiramente novos, e em 2 semanas para modificações de produtos ou reabastecimento. Isso contrasta com o modelo tradicional da indústria que envolve ciclos de até 6 meses para o desenvolvimento dos produtos e de 3 meses para a produção. O desempenho da Zara permite que a empresa consiga oferecer ampla variedade de modelos de forma rápida e em quantidades limitadas. Entregas são feitas duas vezes por semana contendo pequenos lotes de reposição e produtos novos, os quais são expostos em prateleiras esparsamente estocadas. Além disso, três quartos da mercadoria exposta é trocada a cada três ou quatro semanas o que gera certo sentimento de escassez e de urgência para a compra. Essa frequente introdução de novos produtos motiva os clientes a visitarem as lojas da Zara com maior constância. Uma pesquisa com consumidores em Londres mostrou que esses visitam as lojas da Zara em média 17 vezes ano, contra um média de 4 vezes ao ano do restante do setor. Clientes devotos até sabem os dias da semana em que as mercadorias são entregues às lojas. Por sua vez, esse alto tráfego de clientes reduz a necessidade de propaganda, de modo que a Zara destina 0,3% de suas vendas para publicidade contra 3% a 4% de seus concorrentes (FERDOWS *et al*. 2004; GHEMAWAT; NUENO, 2003).

A frequente reposição dos produtos nos pontos de venda também permite que a Zara opere com menores níveis de estoque. Dessa forma, a empresa evita os excessos de produção e as subsequentes vendas com desconto que prevalecem no setor. Itens não vendidos correspondem a menos de 10% do estoque, comparados aos 17% a 20% de média no setor (FERDOWS *et al*. 2004; GHEMAWAT; NUENO, 2003).

O curto *lead time* de desenvolvimento de produtos e reposição dos estoques nos pontos de venda permite que a Zara realize grande parte das decisões e das operações relacionadas aos seus produtos bem após os seus concorrentes. Dessa forma, após o início das vendas a Zara realiza 35% do seu desenvolvimento e compra de matéria-prima, 40% - 50% das compras de produtos acabados de fornecedores externos, e 85% da produção interna, comparada a 0% - 20% no caso de varejistas tradicionais. Essa elevada capacidade de resposta implica em um menor tempo entre a vendas dos produtos e os gastos com desenvolvimento e produção, reduzindo drasticamente a necessidade de capital de giro e tornando a empresa inclusive capaz de operar com capital de giro negativo. Esse fato ajuda a compensar o investimento em capacidade adicional (FERDOWS *et al*. 2004; GHEMAWAT; NUENO, 2003).

Consequentemente, devido aos menores custos relacionados à cadeia de suprimentos integrada, a menor necessidade de vendas com descontos e a menos gastos com campanhas de *marketing*, a Zara consegue vender seus produtos a preços competitivos (em seus principais mercados, muitas vezes mais baixos do que o de seus concorrentes) e manter elevadas margens (FERDOWS *et al*. 2004; GHEMAWAT; NUENO, 2003).

Os indicadores de processo e resultado que mostram o sucesso do modelo adotado adotado pela Zara estão compilados de forma resumida na

Tabela 4. Uma descrição detalhada de como a empresa consegue atingir esse nível de desempenho é apresentada a seguir.

Tabela 4 – Comparação entre indicadores de processo e resultado da Zara e seus principais concorrentes

Indicadores		**Zara/Inditex**	**Principais concorrentes**
Processo	*Lead time* de desenvolvimento de produtos	4 - 5 semanas	6 meses
	Lead time de reposição dos pontos de venda	2 semanas	3 meses
Resultado	Frequência de visitas de clientes às lojas	17 vezes/ano	4 vezes/ano
	Investimento em propaganda	0,3% das vendas	3% - 4% das vendas
	Itens vendidos com desconto	10% do total	17% - 20% do total

2.3.2. Melhores Práticas

Apesar de intimamente interligadas, as práticas serão divididas em duas partes: Desenvolvimento de Produtos e Manufatura e Distribuição.

Desenvolvimento de Produtos

O processo de desenvolvimento de produtos da Zara é baseado em três características principais: a identificação constante e precisa das necessidades dos consumidores; a rápida transferência dessas necessidades para a equipe de desenvolvimento; e a absorção dessas necessidades em um processo de desenvolvimento rápido e eficaz.

Identificação das necessidades dos consumidores

O processo de constante adaptação a tendências observadas ao longo da coleção e em diferentes mercados em que a empresa atua se baseia em uma elevada frequência de análise de informações quantitativas e qualitativas dos pontos de venda. Uma prática utilizada pela Zara para identificar demanda latente é questionar os seus clientes porque eles não compraram determinados produtos que foram provados. Essas informações são coletadas diariamente em conjunto com as tradicionais informações sobre as vendas de todos os produtos e são utilizadas para balizar o desenvolvimento de novos produtos. (FISHER; RAMAN, 2010; GHEMAWAT; NUENO, 2003)

Transferência das informações para a equipe de desenvolvimento

A cadeia de suprimentos da Zara é organizada para transferir dados quantitativos e qualitativos de forma rápida e fácil entre o usuário final e as operações industriais de *design*, compras, produção e distribuição. Dessa forma, a organização, procedimentos operacionais, medidas de desempenho e até o *layout*

dos escritórios são desenhados para facilitar a transferência de informações. (FERDOWS *et al*., 2004)

Processo de desenvolvimento

A Zara entende que o *empowerment* e uma maior integração entre as diversas funções da empresa são essenciais para se tomar decisões mais rápidas e se obter respostas mais rápidas ao mercado. Isso envolve a criação de times multifuncionais abrangendo as áreas de desenvolvimento de produtos, compras, produção e vendas que são responsáveis por todo o ciclo de vida de uma linha de produtos. A Zara divide seus produtos em três famílias: feminina, masculina e infantil. Cada família possui sua própria equipe multifuncional, de forma que as três linhas funcionam em paralelo. Dessa forma, embora possa ser mais caro operar três canais diferentes, o fluxo de informação dentro de cada canal é rápido, direto e sem a sobrecarga advinda de problemas de outros canais, tornando a cadeia de suprimentos mais ágil[2]. Similarmente, todas as marcas da Inditex possuem seus próprios times, totalizando mais de 1.000 profissionais dedicados ao desenvolvimento de produtos. Os times trabalham simultaneamente em produtos da temporada atual, buscando adaptar o *mix* para atender às demandas observadas; e no desenvolvimento das temporadas subsequentes através da seleção de tecidos e outros complementos, da realização dos desenhos iniciais da base que formará o *mix* de produtos e da identificação e planejamento dos recursos necessários para produção. Essas equipes multifuncionais podem examinar os protótipos desenvolvidos, escolher um modelo e destinar recursos para sua produção e introdução no mercado - se necessário, em algumas horas. Uma vez que um protótipo é selecionado para produção, as especificações são transmitidas diretamente para as máquinas de corte e para outros sistemas. E as peças são rastreadas por código de barras à medida que vão se transformando em peças de vestuário (FERDOWS *et al*. 2004; FISHER; RAMAN, 2010; GHEMAWAT; NUENO, 2003; INDITEX, 2011a).

[2] Essa característica é similar ao conceito de gerenciamento por fluxo de valor da Toyota

Os *designers* da Zara criam aproximadamente 40 mil novos modelos por ano, dos quais 10 a 11 mil são aprovados para produção. Porém, devido às variações de cores e tamanhos, a empresa deve lidar com algo em torno de 300 mil *SKU*s por ano. Em comparação, seus concorrentes desenvolvem de 2.000 a 4.000 itens anualmente. Normalmente vários produtos são desenhados todos os dias, mas somente aproximadamente um terço será produzido. Quando há tempo disponível, uma quantidade limitada é produzida e colocada à venda em determinados pontos de venda para analisar as reações dos consumidores. Como resultado, níveis de falha na introdução de novos produtos são estimados em torno de 1% contra uma média de 10% do setor. (FERDOWS *et al*. 2004; GHEMAWAT; NUENO, 2003).

Manufatura e Distribuição

Manufatura

A Zara acredita que a manufatura e a distribuição rápidas são uma importante parte do processo que permite rápidas respostas ao mercado (INDITEX, 2011a). Por outro lado, a empresa também compreende que esse curto tempo de resposta não é necessário para todos os produtos. Por isso, a produção de seus produtos mais sensíveis à moda, e que possuem maior imprevisibilidade de demanda, é feita em pequenos lotes internamente em uma de suas fábricas ou em fornecedores próximos localizados em países como Espanha, Portugal ou Marrocos. Dessa forma, cerca de 40% a 50% dos produtos acabados são produzidos internamente. Já os produtos mais básicos, previsíveis e mais sensíveis ao preço, são produzidos em cadeias mais rígidas e com menor tempo de resposta, contando com fornecedores com menores custos de produção localizados na Turquia ou na Ásia (FISHER; RAMAN, 2010; GHEMAWAT; NUENO, 2003). No total, a Inditex conta com uma rede de 1.337 fornecedores com os quais ela mantém relacionamentos estáveis. Dos quais 599 estão na Ásia (44,8%) e 458 (34,2%) na União Europeia. Desde 2006, a Inditex vem desenvolvendo o gerenciamento de sua cadeia de suprimentos através de uma estrutura baseada em *clusters* de fornecedores. Essas estruturas são compostas por pessoas da Inditex, dos fornecedores, de sindicatos, de associações empresariais e de universidades, e alguns de seus objetivos são amadurecer as relações industriais entre as partes envolvidas e promover soluções

criativas e inovadoras para aumentos de produtividade, permitindo o crescimento sustentável dos fornecedores. Atualmente, existem 5 *clusters* de fornecedores (Portugal, Marrocos, Turquia, Índia e Bangladesh), os quais são responsáveis por mais de 80% da produção total do grupo (INDITEX, 2011a).

A seguir são detalhadas as operações internas da Zara, bem como as práticas utilizadas pela empresa para permitir a produção e entrega em pequenos lotes e com um curto *lead time*.

A empresa possui 21 fábricas (18 em La Coruña, 2 em Barcelona e 1 na Lituânia) além de *joint-ventures* em outros países. (FERDOWS *et al*., 2004). Suas fábricas são especializadas por tipo de produto, e focadas em partes do processo que são intensivas em capital, além do acabamento e inspeção. O processo de costura, intensivo no uso de mão-de-obra, é terceirizado para cerca de 450 facções próximas. Depois de costurados, os produtos são enviados de volta para o complexo industrial da Zara, onde são passados a ferro, dobrados e etiquetados antes de serem enviados para os centros de distribuição. As facções também são especializadas por tipo de produto e são geralmente pequenas, empregando em média de 20-30 pessoas (apesar de algumas possuírem mais de 100 funcionários). A Zara é responsável pela maioria ou por toda a produção dessas empresas, as provê com suporte tecnológico, logístico e financeiro, paga valores pré-acordados por produto acabado, realiza inspeções *onsite* e insiste para que eles cumpram as legislações fiscais e trabalhistas locais (FERDOWS *et al*., 2004; GHEMAWAT; NUENO, 2003).

Para permitir a produção em pequenos lotes, mão-de-obra qualificada e multifuncional é empregada em paralelo com processos de alta tecnologia como corte de tecido a *laser*, permitindo lotes unitários. Isso ocorre em contraposição ao processo tradicional de corte que é feito manualmente e requer muita mão-de-obra, o que normalmente é um incentivo para que diversas camadas de tecido sejam cortadas por vez aumentando o lote mínimo de produção (FISHER; RAMAN, 2010).

Outra prática utilizada pela empresa para ganhar velocidade e flexibilidade é o *postponement.* Essa prática, muito utilizada na Benetton, se aproveita do fato de que, para muitos produtos, o ponto de desacoplamento do pedido está localizado no momento de tingir o tecido. Por isso, os tecidos são comprados sem tingimento e

são tingidos posteriormente nas cores demandadas, às vezes até após a roupa já estar costurada. Dessa forma, cerca de metade dos tecidos comprados pela Zara não estão tingidos. Além disso, para garantir que esses processos sejam feitos rapidamente, outras empresas do grupo Inditex são responsáveis pelo fornecimento de cerca de 40% dos tecidos comprados, e pelos processos de tingimento, padronagem e acabamento desses tecidos (FERDOWS *et al*. 2004; FISHER; RAMAN, 2010; GHEMAWAT; NUENO, 2003; SLACK *et al.,* 2007).

Outro ponto importante é a capacidade da Zara de acomodar variações no volume agregado de demanda. Segundo Ferdows *et al*. (2004), a Zara pode aumentar ou diminuir a produção de determinado modelo de forma rápida e conveniente porque normalmente opera suas unidade fabris com apenas um turno. Isso permite a realização de horas extra para atender demandas sazonais ou inesperadas. A empresa opera com capacidade ociosa porque seus gerentes entendem intuitivamente uma regra fundamental de modelos de fila de espera, segundo a qual o tempo de espera aumenta exponencialmente quando há elevada utilização de capacidade[3]. Essa teoria também mostra que uma maior variabilidade de demanda implica em um ponto de inflexão que ocorre a níveis mais baixos de utilização de capacidade. Dessa forma, ao subutilizar a capacidade, a Zara é capaz de reagir rapidamente a demandas inesperadas.

Distribuição

Após a produção, todos os produtos, independentemente de sua origem, são direcionados para os centros de distribuição. Cada marca da Inditex possui seus centros logísticos, totalizando 11 instalações, sendo que 4 são destinadas a operação da Zara. Centros-satélite, bem menores, são operados em outros países para consolidar as remessas vindas dos principais centros. Essas instalações também operam com capacidade ociosa, mas picos sazonais de demanda requerem a contratação de mão-de-obra temporária. É importante salientar que os centros de distribuição são considerados pelos gerentes da Inditex como um local para a

[3] Esse modelo de fila é abordado com mais detalhes em Hopp e Spearman (2000) e em Slack et al. (2007).

movimentação de mercadorias e não para armazenagem. De forma que, normalmente, mercadorias não ficam no centro de distribuição por mais de três dias (INDITEX, 2011a; GHEMAWAT; NUENO, 2003).

Para reduzir o tempo de entrega às lojas, as mercadorias são distribuídas diariamente utilizando transporte rodoviário ou aéreo. Isso possibilita tempos médios de entrega de 24 horas para lojas na Europa e de 48 horas para as Américas ou Ásia. É importante salientar que os caminhões e voos funcionam rigidamente de acordo com um cronograma pré-estabelecido, permitindo que os gerentes de loja saibam exatamente quando seus pedidos chegarão. Além disso, para reduzir o tempo do recebimento dos itens nas lojas e sua exposição nos pontos de venda, os produtos são previamente etiquetados e muitos são entregues em cabides (INDITEX, 2011a; FERDOWS *et al*., 2004).

De acordo com Ferdows *et al*. (2004), o elevado grau de controle que a Zara mantém sobre sua cadeia de suprimentos e o constante fluxo de dados atualizados mitiga o “efeito chicote”. Além disso, permite que a empresa defina o ritmo com que os produtos e informações fluem. Dessa forma, segundo os autores, a cadeia se movimenta em um ritmo veloz, mas previsível, que se assemelha ao conceito de *takt time* utilizado pela Toyota. Isso inibe o frequente problema de falta de sincronismo entre os processos. É importante salientar que os autores se referem ao conceito de *takt time* em um nível mais amplo de macro atividades que obedecem a uma frequência definida. Segundo os autores, esse ritmo começa nos pontos de venda, onde pedidos são feitos duas vezes por semana e com prazos-limite rigidamente estabelecidos. O ritmo alinha toda a cadeia de suprimentos e orienta as decisões gerenciais, reforça a produção de peças em pequenos lotes, embora lotes maiores reduzissem o custo unitário de produção, valida a política de entregas duas vezes por semana, embora remessas menos frequentes reduzissem os custos de distribuição; justifica o transporte aéreo e rodoviário, apesar de o uso de navios ou trens pudessem reduzir os custos de transporte; e justifica até o fato de as roupas serem despachadas em cabides, apesar dos maiores custos associados.

2.3.3. Comparação com concorrentes

Apesar de a espanhola Inditex, e sua marca Zara, competir com varejistas locais em muitos mercados, as empresas consideradas suas maiores concorrentes são: Gap Inc. (EUA), Hennes & Mauritz AB - H&M (Suécia) e Benetton Group S.p.A. (Itália). Porém, é interessante ressaltar que essas empresas utilizam diferentes modelos de cadeia de suprimentos. Gap e H&M possuem a maioria de suas lojas, mas terceirizam toda a sua produção. A Benetton, por outro lado, investiu fortemente em manufatura e distribuição e nessa área possuí algumas práticas similares as da Inditex. Porém, o grupo terceiriza a operação de muitas de suas lojas através de licenças, o que provê menos controle sobre os estoques do varejo, além de limitar seu acesso à etapa final de sua cadeia de suprimentos – o contato com os consumidores (BENETTON, 2011b; FERDOWS *et al*., 2004; GAP, 2011b; GHEMAWAT; NUENO, 2003; H&M 2011b).

Uma comparação do valor de mercado dessas empresas, apresentada na Tabela 5, e a evolução do preço de suas ações desde que o capital da Inditex foi aberto, apresentada na Figura 15, são indicativas do sucesso do modelo de negócios da Inditex. Esses resultados, apesar de não terem como única causa os fatores apresentados anteriormente, são um indício de que a flexibilidade da cadeia de suprimentos é muito benéfica, principalmente em ambientes com elevado nível de concorrência e com produtos de curto ciclo de vida e sujeitos a imprevisibilidade de demanda.

Tabela 5 – Comparação entre o valor de mercado da Inditex e de suas principais concorrentes

	Inditex S.A.	H&M AB	GAP Inc.	Benetton SpA
Valor de Mercado [bi euro]	39,02	33,44	6,98	0,74

(Fonte: FINANCIAL TIMES, 2011)

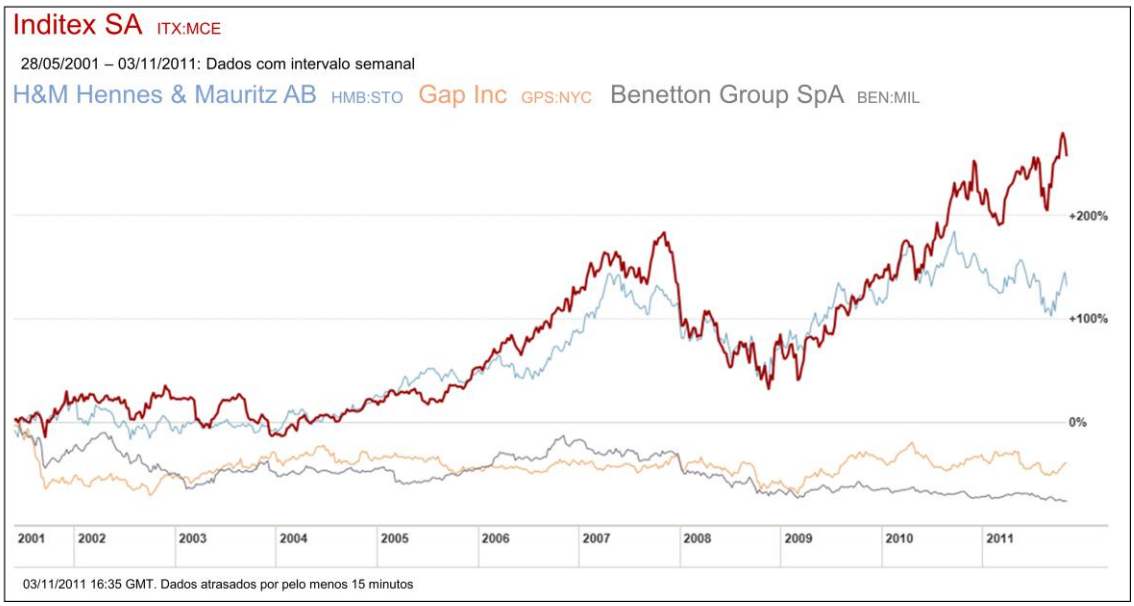

Figura 15 - Comparação entre a evolução do preço das ações da Inditex e de suas principais concorrentes

(Fonte: FINANCIAL TIMES, 2011)

Outro ponto de comparação interessante é em relação à margem bruta obtida pela Inditex. Fisher e Raman (2010) apontam que a empresa obtém margens elevadas em relação ao setor apesar de outras empresas possuírem maiores margens de contribuição de seus produtos. O autor explica que as maiores margens de contribuição refletem os menores custos de obter produtos vindos de fornecedores mais baratos. Porém, como esses fornecedores são distantes e oferecem um elevado *lead time* de reposição, as empresas devem comprar seus produtos com muita antecedência, em um momento onde a demanda é incerta. Isso se traduz em severos descontos que devem ser concedidos para vender as mercadorias que sobraram, reduzindo a margem bruta. Por outro lado, devido ao modelo de negócios da Inditex, a Zara começa com menores margens de contribuição, mas também realiza bem menos vendas com desconto, obtendo uma margem bruta pouco menor do que a inicial e relativamente elevada para o setor. Esse fato pode ser exemplificado através da comparação entre a margem bruta da Inditex e da Gap Inc. Nos últimos cinco anos a margem bruta da Inditex variou de 56,2% a 59,3% com uma média de 57,2%. Já a margem bruta da Gap Inc. variou de 35,5% a 40,3% com uma média de 37,9% (GAP, 2011a; INDITEX, 2011a; INDITEX,

2009; INDITEX, 2007). O mais interessante é que, ao analisar o relatório anual publicado pela Gap Inc. com informações para os investidores, percebe-se que a empresa está ciente dos riscos associados ao seu modelo de negócio. Os seguintes trechos do relatório anual referente ao ano fiscal de 2010 foram selecionados e aqui reproduzidos para realçar essa afirmação (GAP, 2011a):

> Flutuações no mercado global de varejo afetam especialmente o inventário dos varejistas de vestuários, pois as mercadorias normalmente devem ser pedidas com grande antecipação em relação à temporada de vendas e frequentemente antes das tendências de moda serem evidenciadas pelas compras dos consumidores.
>
> O nosso sucesso é altamente dependente de nossa habilidade de julgar as preferências de moda de nossos consumidores e de fornecer mercadorias que satisfaçam a demanda em tempo apropriado. Porém, os *lead times* de muitas de nossas compras são longos, o que pode tornar mais difícil para nós responder rapidamente à aceitação de nossos produtos por nossos consumidores ou a tendências de moda novas ou em modificação.
>
> Nós devemos realizar contratos de compra e manufatura das mercadorias com grande antecedência à temporada de vendas. Como resultado, nós somos vulneráveis a mudanças de demanda e de preço e a uma escolha sub-ótima da seleção de nossas mercadorias e da época de compra. No passado, nós nem sempre prevemos com acurácia as preferências de nossos consumidores e os níveis de aceitação de nossos itens de moda. Se as vendas não alcançarem as expectativas, muito inventário pode causar descontos excessivos, e, portanto, margens menores do que as planejadas.
>
> Se nós julgarmos mal o mercado para nossas mercadorias ou os produtos adequados para os mercados locais ou falharmos em identificar tendências e entregar os produtos no mercado tão precisamente quanto nossos competidores, nossas vendas serão afetadas adversamente, e os descontos necessários para mover o excesso de inventário resultante afetarão negativamente nossos resultados operacionais.

A diferença entre a abordagem tradicional do setor e abordagem da Inditex, que valoriza a rápida reposição aos pontos de venda e percebe ganhos além da redução do custo unitário dos produtos é ilustrada em outro trecho do relatório anual da Gap Inc. (GAP, 2011a):

> Como fornecedores independentes manufaturam praticamente todos nossos produtos fora dos nossos principais mercados de venda, terceiros devem transportar nossos produtos por grandes distâncias geográficas. [...] Atrasos na manufatura ou demandas inesperadas por nossos produtos podem exigir que utilizemos meios de transporte

> mais rápidos, porém mais caros, como aviões. Isso pode afetar negativamente nossas margens.

Um último ponto relevante de discussão em relação ao modelo de negócio da Inditex é sobre a possibilidade de atingir o mesmo nível de desempenho apresentado e os benefícios associados sem o grau de verticalização da cadeia de suprimentos adotado pela pelo grupo. E, mais do que isso, sobre qual seria o nível de integração necessário e como poderia ser obtido. Esse trabalho não tem o objetivo de responder a essas questões, mas devido a sua relevância no projeto da cadeia de suprimentos, esse tema é discutido brevemente a seguir.

Segundo Ferdows *et al*. (2004), a Zara subverte a lógica de que, em um mercado volátil, com curto ciclo de vida de produtos, é melhor possuir menos ativos. Os autores afirmam que os gerentes seniores da Zara argumentam que esse investimento em bens de capital provê a empresa uma maior flexibilidade total. E ainda, permite um nível de controle sobre cronogramas e capacidades que não poderia ser alcançado através da inteira dependência de fornecedores externos. Novamente, um trecho do relatório anual da Gap Inc. pode ser utilizado para ilustrar esse ponto (GAP, 2011a):

> Se nós experimentarmos significativo aumento de demanda ou tivermos que substituir um fornecedor existente, não há garantia que capacidade adicional de manufatura estará disponível quando solicitada, em termos aceitáveis para nós, ou que qualquer fornecedor alocaria capacidade suficiente para nós com o objetivo de atender a nossas necessidades. Além disso, para qualquer novo fornecedor, nós podemos enfrentar atrasos na produção e custos adicionais como resultado do tempo necessário para o treinamento em nossos métodos, produtos, padrões de controle de qualidade, e padrões ambientais, trabalhistas, de saúde e de segurança.

Por outro lado, para Fisher e Raman (2010), mesmo quando uma empresa não controla a cadeia de suprimentos, as capacidades que permitem uma maior flexibilidade podem ser alcançadas através de parcerias. Eles afirmam que um componente essencial na construção de parcerias de longo prazo é a confiança mútua entre as partes, pois muitas decisões irão resultar em uma divisão dos riscos com os parceiros da cadeia de suprimentos.

A H&M pode ser considerada um exemplo dessa abordagem. O grupo não possui nenhuma fábrica, por isso compra seus produtos de cerca de 700 fornecedores independentes, principalmente na Europa e Ásia. Esses fornecedores,

por sua vez, subcontratam produção, totalizando uma rede de fornecimento com cerca de 2.700 unidades produtivas. O processo de fornecimento é gerenciado por 16 escritórios de produção ao redor do mundo, responsáveis por garantir que as ordens sejam colocadas nos fornecedores corretos, que os produtos sejam manufaturados com o preço correto e com qualidade, e que sejam entregues no tempo correto. Além de controlar o processo, o pessoal dos escritórios realiza auditorias e consultorias nos fornecedores para aumentar a produtividade, acompanhar as melhorias já realizadas e garantir que as normas de conduta da empresa são cumpridas. Essa relação próxima entre os escritórios de produção e os fornecedores permite que os tecidos sejam comprados com antecedência, porém mantendo a decisão sobre o tingimento e o modelo de corte para um momento posterior da produção. Assim, apesar de depender totalmente de fornecedores externos, a H&M compreende a importância da rápida e frequente resposta às demandas dos consumidores, por isso a empresa compra produtos de modo contínuo ao longo da coleção e frequentemente introduz novos produtos no mercado. A abordagem da H&M não permite exatamente os mesmos *lead times* de reposição e pequenos lotes de entrega praticados pela Zara, mas o *lead time* obtido é considerado bom em relação ao padrão do setor. Dessa forma, a H&M também consegue responder rapidamente ao mercado, o que se traduz em crescimento nas vendas e margens elevadas (GHEMAWAT; NUENO, 2003; H&M, 2011a, 2011b; SLACK, 2007).

Os conceitos apresentados sugerem que é possível alcançar respostas rápidas e frequentes ao mercado sem uma cadeia de suprimentos extremamente verticalizada. Porém, devido aos poucos fatos e dados utilizados, esses resultados não devem ser generalizados. De qualquer forma, apesar de diferenças no modo de operação e nos níveis de desempenho alcançados, é interessante notar que tanto no caso da Inditex quanto no caso da H&M, podemos observar a importância de fatores como: frequente e rápida introdução de produtos no mercado para atender a necessidade dos consumidores, frequentes reposições dos estoques com pequenos lotes e curto lead *time* de reposição.

Por fim, é importante atentar para o argumento feitor por Ghemawat e Nueno (2003), os quais ressaltam que apesar dessa elevada capacidade de resposta ser crítica para o desempenho superior da Zara, a conexão entre os dois não é

automática. Para ilustrar esse fato, utilizam o exemplo da World Co., empresa que possui capacidade de resposta similar a da Zara e também alcança margens brutas similares. Porém, mantém um nível de desempenho bem inferior e margens líquidas bem menores devido a fatores como: gastos elevados com pessoal administrativo, dependência elevada do mercado japonês e fatores relacionados ao posicionamento de mercado das marcas e tamanho das lojas.

3. APLICAÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE VESTUÁRIO

A pesquisa-ação descrita a seguir apresenta como conceitos da manufatura enxuta e da manufatura ágil podem ser traduzidos e aplicados de forma prática para melhorar os resultados de uma empresa em um ambiente com curto ciclo de vida de produtos e imprevisibilidade de demanda. É importante ressaltar que o projeto descrito a seguir ocorreu durante 20 meses e teve envolvimento direto do autor desse trabalho, atuando como consultor externo à empresa em questão. O projeto também contou com o envolvimento de colaboradores de diversas áreas e níveis hierárquicos da empresa. Os quais tiveram papel fundamental na construção, validação e aplicação das práticas apresentadas a seguir.

O relato da pesquisa-ação será subdivido em três partes. Primeiramente será feita uma breve descrição da empresa, ressaltando as características que a tornam um objeto de estudo relevante para o tema desse trabalho. Em seguida, será detalhado o processo utilizado para entendimento da situação da empresa, análise dos dados, projeto e implementação das melhorias. As seções apresentadas nessa parte da descrição estarão alinhadas às cinco fases da metodologia DMAIC, pois ela foi utilizada para guiar o estudo. Por fim, os resultados obtidos serão apresentados e analisados.

3.1. Metodologia de Aplicação

A metodologia de implantação e análise dos resultados empregada no processo de condução de melhorias é baseada no DMAIC. Conceito originado na teoria do *Six Sigma* e muito utilizado para guiar processo de melhorias. Essa metodologia é constituída por 5 fases que são realizadas de forma sequencial e em ciclos de desenvolvimento sucessivos. Essas fases são:

- Definir escopo: etapa na qual é delineado formalmente o escopo do projeto, formação das equipes de melhorias e suas respectivas dedicações ao projeto em questão, além de capacitações iniciais e uma análise prévia da relação de volume

de demanda e famílias de produtos que podem apoiar a decisão de definição do escopo.

- Medir e mapear a situação atual: etapa na qual são levantadas as principais medidas de resultado do projeto, são identificados e validados os processos das principais famílias de produtos e/ou fluxos de valor, são feitos os mapeamentos da situação atual das famílias de produtos e serviços definidas na etapa anterior (escopo do projeto), bem como levantado o arranjo físico atual e as eventuais restrições e requisitos existentes.

- **A**nalisar a situação atual e desenvolver a situação futura: nesta etapa é feita a Análise da Situação Atual, identificados os principais problemas e suas causas-raízes, bem como desenvolvida a situação futura a ser implantada.

- **I**mplementar a situação futura: nesta etapa são feitas as implantações das melhorias definidas a partir da situação futura projetada.

- Controlar o processo: é uma fase crucial para efetiva sustentabilidade das melhorias que foram implantadas. Nesta etapa, são analisados os resultados obtidos, definidos os parâmetros de desempenho e conformidade com o novo padrão implementado, feita a documentação do trabalho realizado, e definida a forma e a rotina de auditoria para garantia de sustentabilidade dos novos processos.

Essa metodologia está resumida na Figura 16.

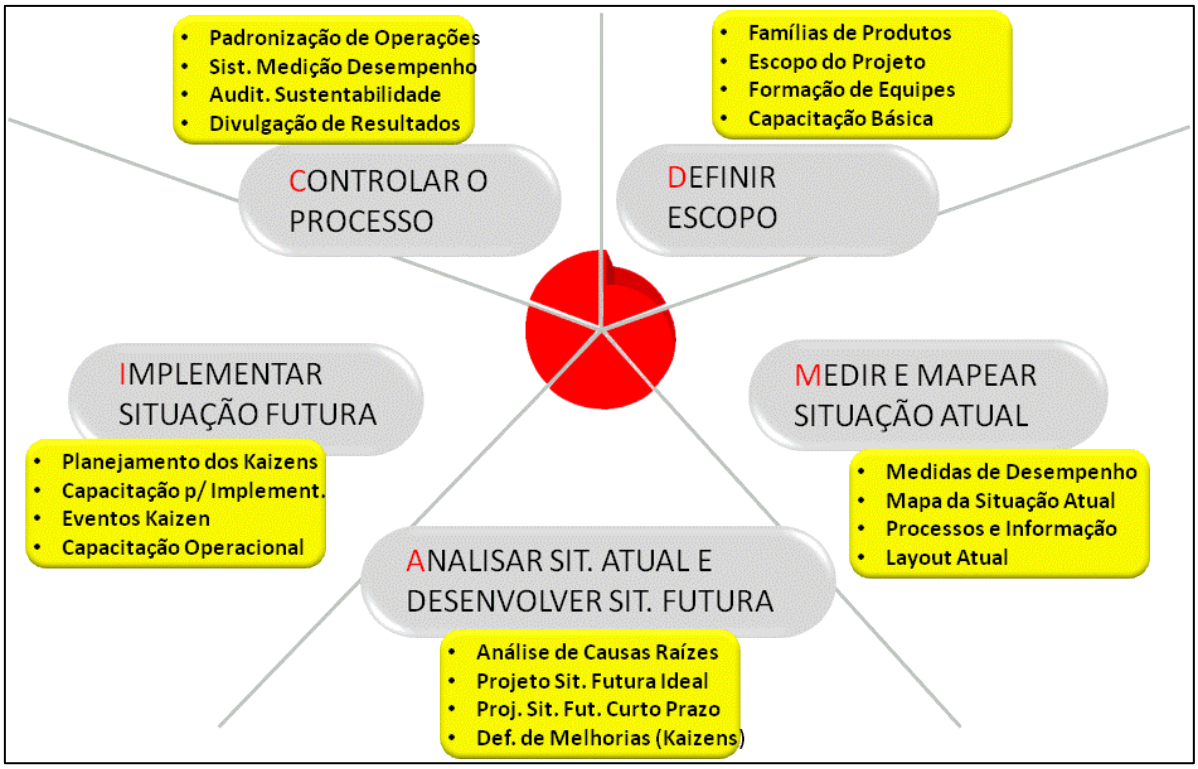

Figura 16 – Metodologia adaptada do DMAIC para implantação e análise dos resultados da pesquisa-ação

3.2. Apresentação da Empresa

A empresa em questão é de médio porte, possui três marcas próprias de vestuário de moda masculina (uma voltada para o público infantil, uma para o público jovem e outra para o público adulto). A marca adulta e a marca jovem são comercializadas em três coleções ao longo de um ano (Inverno, Primavera-Verão e Alto-Verão). Por sua vez, devido a características de mercado diferentes e estratégia comercial da empresa, a marca infantil possui somente duas coleções (Inverno e Verão). Cada coleção, de cada marca conta com aproximadamente 200 referências, as quais devido a variações de cores e tamanhos representam cerca de 2.800 SKUs. Considerando as três coleções percebe-se que a empresa tem que gerenciar simultaneamente aproximadamente 8.400 SKUs. Além disso, toda essa variedade de produtos tem um ciclo de vida de 3 a 4 meses, dependendo da coleção. Dessa forma, ao longo do ano, a empresa produz aproximadamente 22.500 SKUs.

A empresa realiza suas vendas para mais de 2.000 lojas de varejo de todo o Brasil através de cerca de 80 representantes, os quais recebem comissão baseada na quantidade vendida. Eles não são exclusivos da empresa, porém essa tem a política de não se associar a representantes que trabalhem com marcas diretamente concorrentes. A cada coleção, é enviado para eles um "mostruário" contendo um exemplar (em uma cor e tamanho) de cada uma das referências disponíveis para a venda. Após o recebimento dessa carga, os representantes realizam uma "rota de vendas" que contempla os clientes de sua região. Esses observam o "mostruário" e o catálogo da coleção para decidir quais referências serão pedidas e qual a quantidade ordenada de cada uma. É importante notar que devido ao modelo de vendas (baseado em representação e "rota de vendas") e ao prazo de entrega dos pedidos, a maioria dos clientes só realiza um pedido por coleção. Isso faz com que eles assumam grande parte dos riscos de falta e sobra de estoques já apresentados anteriormente. A maioria dos clientes são lojas de varejo de pequeno porte, os quais aceitam certa variação sobre o pedido (quantidade e *mix*) e pontualidade de entrega sem estabelecer penalizações, como multas. Por outro lado, esses clientes também vendem produtos de outras marcas (conceito que é denominado de loja multimarcas), de forma que há grande concorrência por espaço no ponto de venda e volume de compra dos clientes (tanto dos varejistas quanto dos consumidores finais). Isso indica que atrasos nas entregas ou remessas incompletas podem penalizar a empresa no curto prazo, através de espaço e vendas perdidas, ou no médio prazo, através de menos compras do varejista na próxima coleção. Inclusive, uma grande quantidade de sobra de produtos em determinado ponto de venda, também impactará negativamente as vendas futuras da empresa para esse varejista.

Por outro lado, alguns clientes maiores são mais exigentes, tanto a pontualidade e o pedido, não aceitando variações na quantidade ou no *mix* ordenado. Alguns desses clientes exigem inclusive prazos de entrega menores, de forma a poderem realizar mais de um pedido ao longo da coleção. É interessante perceber que muitas vezes essas demandas são atendidas por meio de uma penalização dos outros clientes.

Para todos os clientes, o pedido é anotado pelos representantes em um *palmtop*, de modo que as informações são enviadas frequentemente para a

empresa. Os dados obtidos são utilizados para diversas finalidades, mas principalmente para monitorar o desempenho das vendas (de forma agregada, por região e por representante) e para atualizar a previsão de vendas (agregada e por SKU). As previsões são importantes, pois, apesar de exigir um prazo até a entrega dos pedidos, esse tempo não é suficiente para que a empresa utilize uma política de produção *make-to-order*. Portanto, as previsões de demanda são utilizadas para planejar a liberação de ordens que irão repor os estoques. Esse fato mostra que a empresa está sujeita aos efeitos de falta e sobra apresentados anteriormente.

A empresa é responsável por todo o processo de desenvolvimento dos produtos desde a seleção das matérias-primas, como tecidos e aviamentos (botões, zíperes, etiquetas, etc.), desenho dos modelos e desenvolvimento dos processos produtivos. Além disso, cerca de 90% do volume vendido é produzido internamente.

Dessa forma, tendo em vista essa breve explicação das operações da companhia e os conceitos apresentados anteriormente, percebe-se que a empresa apresenta diversas características relevantes para o escopo desse trabalho. Ou seja, a empresa possui alta variedade de produtos e curto ciclo de vida dos produtos, além de estar inserida em um ambiente competitivo onde o prazo de entrega e os níveis de serviço são muito importantes. Por fim, ela é responsável por grande parte da produção desses produtos. Esses fatores permitem a implementação das práticas de manufatura expostas anteriormente e uma posterior análise dos resultados obtidos.

3.3. Definição do escopo

Um dos principais motivos que levaram a empresa a investir em um projeto de melhoria foi o entendimento de seus dirigentes de que o forte crescimento da empresa, impulsionada por um crescimento nas vendas de mais de dois dígitos ao ano, deveria ser feito de forma estruturada para não impactar negativamente na rentabilidade do negócio. Mais especificamente, uma das principais preocupações dos diretores estava relacionada à estrutura e robustez dos processos de manufatura, planejamento e controle de produção. Ou seja, o desafio era entender como organizar esses processos de modo a aumentar o nível de atendimento ao cliente enquanto reduzia-se a sobra de produtos acabados e matérias-primas, dois dos principais ofensores às margens da empresa.

Nesse contexto, o escopo do projeto foi definido de forma a atuar no fluxo de material e informação da empresa com o objetivo de:

- Aumentar pontualidade de entrega;
- Aumentar confiabilidade de entrega (% do pedido atendido);
- Reduzir sobras de matérias-primas;
- Reduzir sobras de produtos acabados.

Esses objetivos foram traduzidos em medidas de resultado que foram acompanhadas durante o projeto e serão apresentadas posteriormente.

No início do projeto, também foi definida a equipe que seria responsável pela implantação e foi realizada capacitação inicial dos principais líderes da empresa e membros do time com base em conceitos que seriam potencialmente utilizados.

Com relação à formação da equipe, o projeto passou por três momentos distintos, porém em todos eles os colaboradores da empresa que eram membros da equipe estavam relacionados às áreas de manufatura ou planejamento e controle da produção. Além dessas pessoas, outras áreas da empresa foram envolvidas em diferentes momentos do projeto, especialmente as áreas de Compras, Vendas e TI.

As três formações da equipe do projeto durante os 20 meses foram:

- Momento 1: duração de cinco meses
  - Equipe externa: 2 consultores com dedicação parcial (50% do tempo), presentes quinzenalmente na empresa objeto do estudo
  - Equipe interna: 3 pessoas, 2 com dedicação parcial (50% do tempo) e 1 com dedicação integral (100% do tempo)
- Momento 2: duração de onze meses
  - Equipe externa: 1 consultor com dedicação integral (100% do tempo)
  - Equipe interna: 3 pessoas, 2 com dedicação parcial (50% do tempo) e 1 com dedicação integral (100% do tempo)
- Momento 3: duração de quatro meses
  - Equipe externa: 1 consultor com dedicação parcial (50% do tempo), presente quinzenalmente na empresa objeto do estudo
  - Equipe interna: 4 pessoas, 2 com dedicação parcial (50% do tempo) e 2 com dedicação integral (100% do tempo)

Ainda nas primeiras interações com a equipe do projeto, também foi realizada uma análise prévia da relação de *mix* de produtos, volume de demanda e processos produtivos para definição das principais famílias de produtos que seriam consideradas prioritariamente para estudos aprofundados e projetos de melhoria. Dessa forma, a Tabela 6 apresenta os principais grupos de produtos produzidos pela empresa, suas características de *mix*, demanda e processos produtivos. Ressalta-se que os números apresentados abaixo dos processos representam a ordem de processamento do produto em questão. Porém, mais detalhes sobre o processo produtivo serão apresentados na próxima seção.

Através da observação e análise dos dados apresentados na Tabela 6 e de discussões com a liderança da empresa, decidiu-se focar a atuação do projeto na família de processos que compreende os produtos: Camiseta Polo, Camiseta Gola O e Jaqueta/Moletom. Logo, estaria sendo considerada aproximadamente 65% da demanda e do *mix* de produtos da empresa. Portanto, grande parte das análises e aplicações apresentadas a seguir consideram prioritariamente esses produtos. Porém, quando não for o caso, tal fato será ressaltado.

Tabela 6 – Principais produtos, suas características de *mix*, demanda e processos produtivos

Produtos	Mix (%)	Demanda (%)	Processos										
			Corte	Separação	Terceirizado A (Processamento de produtos acabados)	Estamparia	Bordado	Pré-acabamento (Arremate)	Montagem	Terceirizado B (Costura)	Lavanderia	Acabamento	Garantia de Qualidade
Camiseta Polo	36%	36%	1	2		3	4	5	6	7		8	9
Camiseta Gola O	18%	20%	1	2		3	4	5	6	7			8
Jaqueta/Moletom	10%	9%	1	2		3	4	5	6	7			8
Camisa	4%	2%	1	2		3	4	5	6	7	8	9	10
Calça	10%	7%	1	2			3	4	5	6	7	8	9
Cueca Clássica	2%	6%	1	2					3	4			5
Cueca Silkada	2%	9%	1	2		3			4	5			6
Bermuda	4%	3%			1	2	3	4		5			6
Blusa Tricô	3%	2%			1		2	3					4
Bolsa/Mala	1%	0%			2								2
Boné	3%	1%			1								2
Cinto	3%	2%			1								2
Kit Chinelo	1%	0%			1								2
Kit Meia	2%	2%			1								2

3.4. Mapeamento da situação atual

Medidas de resultado

De acordo com os objetivos do projeto definidos e apresentados na seção anterior, três medidas de resultado foram determinadas e acompanhadas. É importante ressaltar que as três métricas são calculadas de maneira relativa a um valor total, por isso, são expressas em percentuais.

Pontualidade de entrega:

$$Pontualidade = \frac{Pedidos\ entregues\ no\ prazo}{Total\ de\ pedidos}$$

Nível de atendimento:

$$Atendimento = \frac{Total\ de\ peças\ entregues}{Total\ de\ peças\ pedidas}$$

Sobra de produtos acabados:

$$Sobra\ PA = \frac{Valor\ total\ em\ estoque\ PA}{Valor\ total\ pedido}$$

Sobra de matérias-primas:

$$Sobra\ MP = \frac{Valor\ total\ em\ estoque\ MP}{Valor\ total\ demandado}$$

Os valores considerados para o cálculo das duas últimas métricas são referentes ao custo contábil estipulado pela empresa para cada produto, não ao valor de venda dos produtos.

Descrição dos processos

Um MFV (mapa de fluxo de valor) foi desenhado como forma de entender mais profundamente o fluxo de materiais e de informação existente. O uso dessa ferramenta também teve o objetivo de criar uma visualização integrada que foi bastante utilizada para analisar a situação da empresa e buscar oportunidades de

melhoria. O MFV da situação inicial encontrada na empresa pode ser observado na Figura 17. Esse apresenta o fluxo de informação existente na parte de cima do mapa, direcionado da direita para esquerda (do cliente para o PCP e para os fornecedores) e o fluxo de materiais na parte inferior, direcionado da esquerda para a direita (dos processos iniciais até a expedição de produtos acabados).

O fluxo de materiais apresentado é constituído pelos seguintes processos produtivos:

- **Enfestar e cortar:** o enfesto consiste em se dobrar o tecido em diversas folhas, para permitir que várias peças sejam produzidas de uma única vez no processo de corte. Para a maioria dos produtos, máquinas eram utilizadas para realizar o enfesto. O corte, por sua vez, era realizado de forma semianual, onde os operadores utilizavam pequenas serras elétricas para cortar o tecido de acordo com a modelagem definida;
- **Separar:** onde as diferentes partes que compõem a peça são classificadas e enviadas para a próxima etapa, que dependerá do produto sendo confeccionado. Por exemplo, a parte da frente e a manga direita da camiseta podem necessitar de bordado enquanto a parte de trás necessitaria de estampagem;
- **Estampar:** às vezes referido como *silkar*, consiste em utilizar tintas apropriadas e matrizes pré-fabricadas para imprimir desenhos ou imagens nas peças. Parte do processo de estamparia é terceirizado, com o principal objetivo de prover à empresa acesso a diferentes tecnologias de processamento que são desenvolvidas continuamente pelos fornecedores;
- **Bordar:** processo bastante automatizada que consiste em utilizar agulhas e fios para formar um desenho na peça de vestuário. Parte da operação de bordado também é terceirizada, visando absorver picos de demanda. Porém, essa solução é utilizada com menos frequência;
- **Montar:** etapa manual com o objetivo de reagrupar as diferentes partes que compõem a peça e enviá-las para a expedição de terceiros, que, por sua vez, definirá para qual oficina de costura (chamadas de facção) o lote será enviado;

- **Costurar:** processo intensivo em mão-de-obra que consiste em unir as diferentes partes da peça através de linhas de costura. Essas operações são totalmente terceirizadas para cerca de 40 facções localizadas nas proximidades da empresa, de forma que a grande maioria delas está localizada em um raio de 100 km;
- **Acabamento:** operação realizada somente para os produtos classificados como “Camisetas Gola Polo” e algumas “Camisas”, com o objetivo de pregar os botões nas peças;
- **Garantia de qualidade:** etapa final do fluxo de materiais, consiste em inspecionar a qualidade dos produtos, passá-los e dobrá-los;
- **Expedição:** consiste na armazenagem das peças no estoque de produtos acabados, posterior embalagem e envio para atendimento dos pedidos dos clientes.

A Figura 18 apresenta o *lead time* médio calculado para os processos produtivos descritos. Percebe-se que existe diferença entre os valores observados nesse gráfico e os apresentados no MFV, porém essa situação é normal, dado que o mapeamento do fluxo de valor retrata a situação observada em um determinado momento, enquanto a Figura 18 representa a média observada ao longo do tempo. Ressalta-se também o alto *lead time* observado em alguns processos como: costura, acabamento, garantia de qualidade, corte e estamparia. Dessa forma, esses processos serão foco de diversas melhorias apresentas nas seções de desenvolvimento e implementação da situação futura.

Na Figura 19 observa-se o *layout* do processo produtivo existente assim como um diagrama de espaguete ressaltando qual caminho deve ser percorrido por uma peça desde o recebimento da matéria-prima até o envio do produto acabado para o cliente. Essa análise revela que a configuração física existente não está orientada para o fluxo de produção, dificultando o transporte de material e consequentemente facilitando a criação de lotes intermediários entre os processos. O distanciamento entre processos fornecedores e clientes existentes nesse *layout* também dificulta a gestão visual da produção, na medida em que uma etapa fornecedora não possui visão clara sobre a quantidade de estoque existente na etapa cliente.

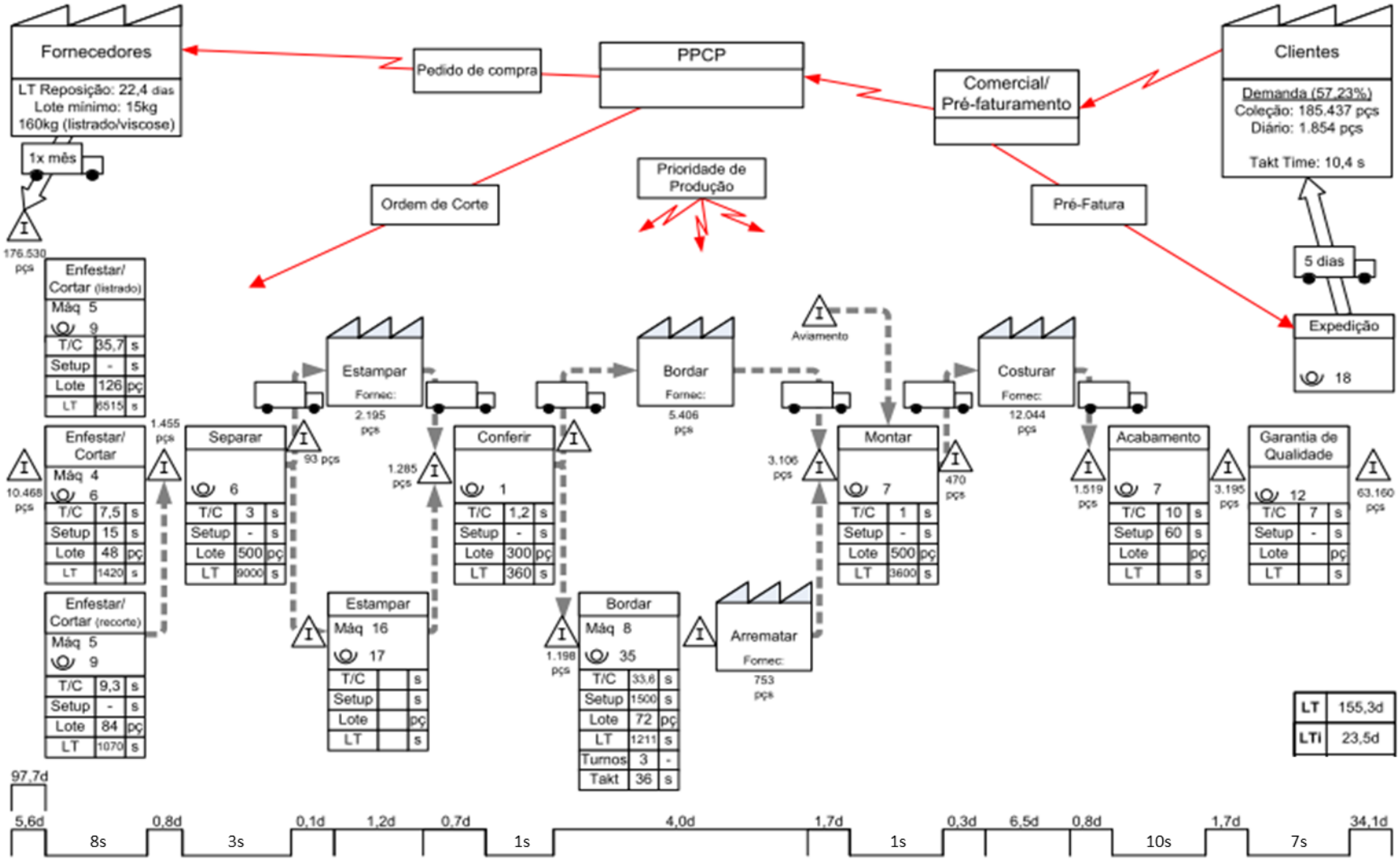

Figura 17 – Mapa de Fluxo de Valor da situação inicial encontrada na empresa

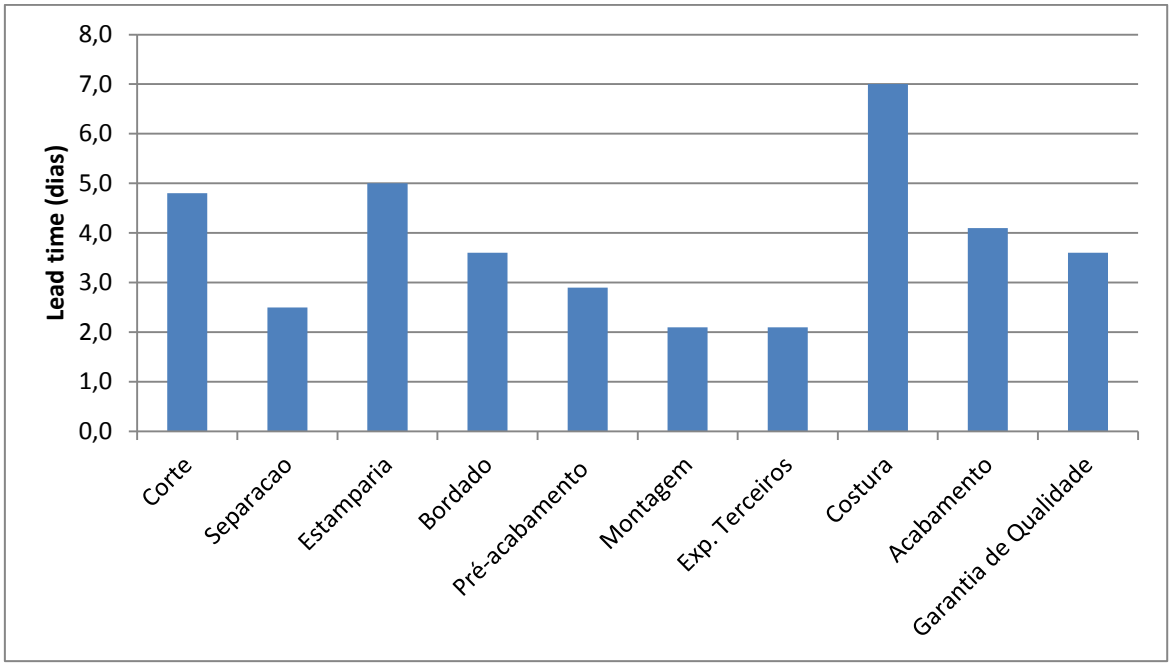

Figura 18 – *Lead time* médio dos processos produtivos na situação inicial

O MFV representado na Figura 17 também apresenta o fluxo de informação existente. E, apesar de o foco desse trabalho estar nos processos de manufatura, os principais processos serão brevemente explicados abaixo. Além disso, as etapas de planejamento de compra de matéria-prima e o de programação da produção serão detalhados posteriormente devido a importante interação de ambos com a manufatura.

- **Entrada do pedido:** os pedidos eram recebidos frequentemente através de informações eletrônicas enviadas através do *palmtop* dos representantes de venda da empresa. Essas informações eram importadas para o ERP da empresa e utilizadas por diversas áreas.
- **Faturamento e expedição de pedido:** as datas de entrega dos pedidos e a posição de estoque de produtos acabados eram monitorados diariamente para se decidir quais pedidos serão atendidos. Então, as ordens de pré-faturamento eram enviadas para a expedição que coletava as peças e as enviava para o cliente.
- **Planejamento de compra de matéria-prima:** baseava-se na lógica de MRP, utilizando a estrutura dos produtos acabados desenvolvidos e a previsão de vendas desses itens. Devido ao longo *lead time* de entrega oferecido pelos

fornecedores, grande parte da compra de matéria-prima era realizada antes mesmo do início das vendas. Além disso, o curto ciclo de vida dos produtos presentes em uma coleção permitiam poucas reposições. Esses fatos em conjunto geravam efeito acentuado de falta e sobra de materiais, prejudicando o processo produtivo, as vendas e o fluxo de caixa da empresa.

- **Programação de produção:** consistia em enviar diariamente as ordens de corte para a fábrica, determinando quais produtos e qual quantidade de cada um seriam produzidas. A programação era realizada com base em previsão de demanda dos produtos acabados. Os grandes lotes de produção realizados com o objetivo de aumentar a eficiência reduziam o número de programações de um produto durante o período da coleção e ampliavam o efeito de falta e sobra de produtos acabados.

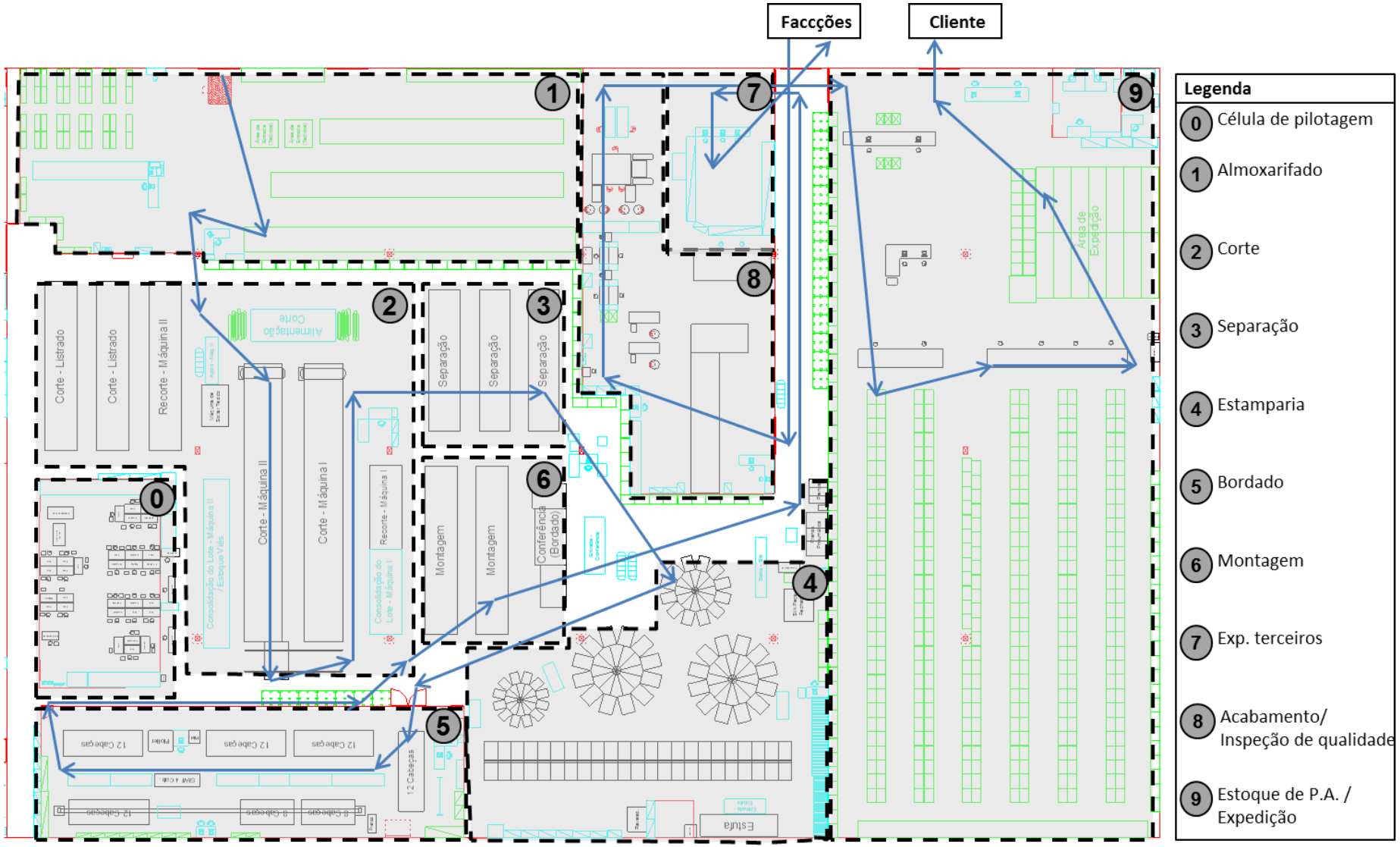

Figura 19 – *Layout* da fábrica e diagrama de espaguete existente na situação inicial

Análise do comportamento da demanda e metodologia de planejamento

A análise detalhada do comportamento da demanda apresentada a seguir é parte importante da caracterização do ambiente de negócios da empresa foco da pesquisa-ação. Nessa seção será possível observar diversos paralelos entre os comportamentos observados na prática e os descritos anteriormente na revisão bibliográfica. Primeiramente será apresentado o comportamento da demanda agregada dos produtos da empresa, ressaltando a variabilidade da curva de vendas e o curto ciclo de vida dos produtos. Em seguida, serão descritas as metodologias utilizadas para previsão de demanda e será analisada a interação entre a acuracidade da previsão e outros dois fatores: as características de volume e variabilidade de demanda dos produtos e os diferentes períodos da coleção. Porém, a metodologia de previsão em si não é o foco desse trabalho, mas sim sua interação com variáveis que podem ser alteradas através de mudanças nas características dos processos produtivos e na forma de planejamento e programação da produção.

A Figura 20 apresenta o comportamento da demanda agregada de todos os produtos da empresa durante as três diferentes coleções. Para facilitar a comparação e proteger a confidencialidade dos dados da empresa, essas informações são apresentadas em termos relativos ao total de vendas da coleção. É interessante observar o curto ciclo de vida dos produtos da empresa, pois a grande maioria deles só será comercializada durante uma coleção que dura em média de 12 a 14 semanas. Além disso, ressalta-se a grande variabilidade de demanda presente em uma coleção. Ou seja, a demanda normalmente começa baixa, sobe rapidamente, atinge um pico e depois cai rapidamente nas últimas semanas. É interessante, observar que o comportamento é similar independentemente da coleção. O comportamento acumulado da demanda reforça as semelhanças entre as diferentes coleções, sendo que eventuais diferenças estão mais relacionadas à duração do período de vendas (semanas de venda) de cada coleção.

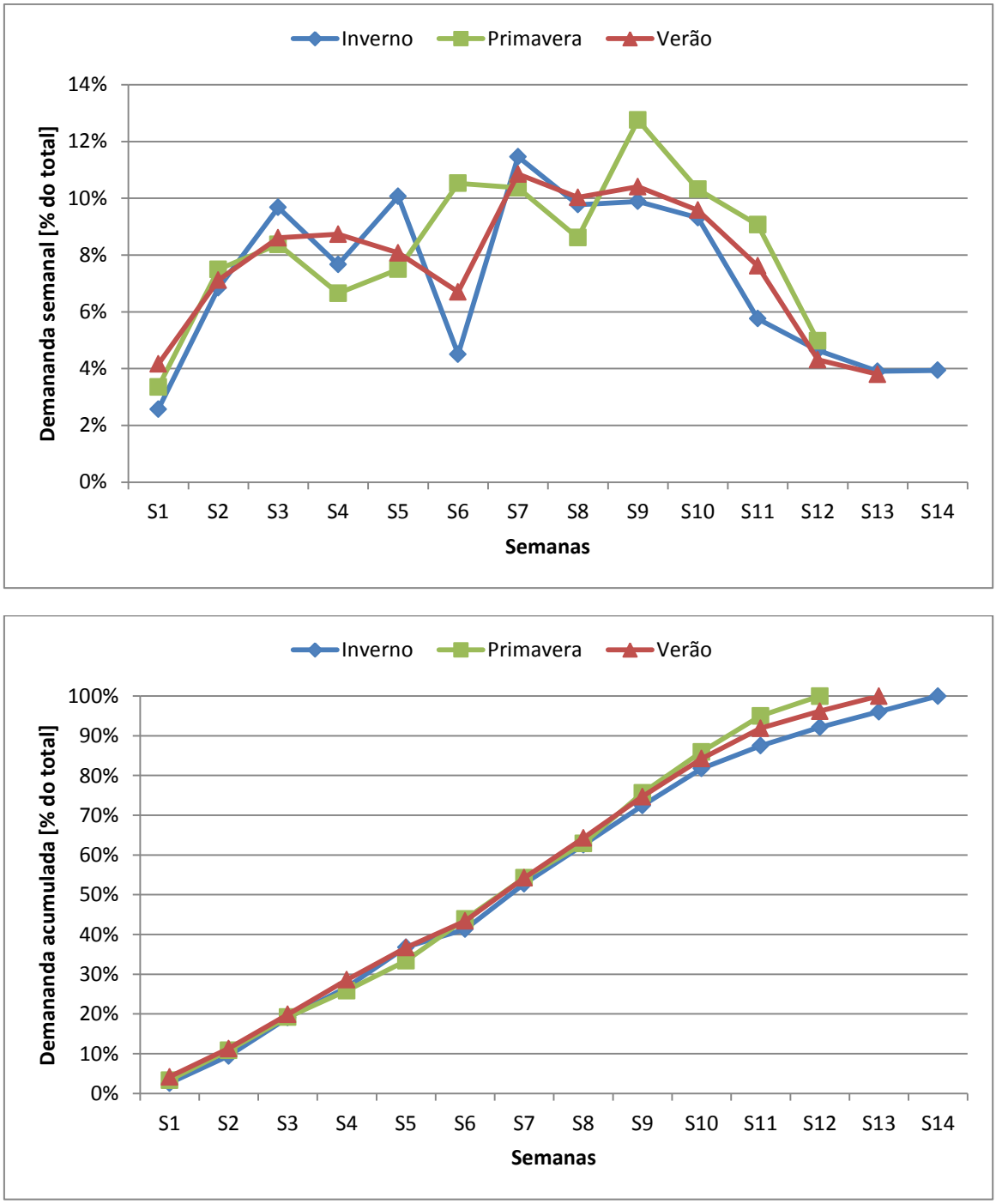

Figura 20 – Comportamento da demanda agregada ao longo de uma coleção

A empresa utilizava dois métodos para realizar a previsão de demanda dos produtos acabados: o primeiro será denominado “previsão por histórico” e o segundo, “previsão baseada em vendas”. A decisão sobre qual método seria empregado dependia do momento da coleção. De modo que o primeiro método era normalmente utilizado quando havia pouca ou nenhuma informação sobre as vendas

dos produtos da coleção atual. Os dois métodos serão descritos detalhadamente a seguir.

A previsão por histórico, como o nome sugere, era baseada no histórico de vendas obtido em coleções anteriores por itens similares ao produto para o qual se desejava prever a demanda. Tal similaridade normalmente era considerada em termos dos tipos de tecido e modelos utilizados, permitindo obter-se uma estimativa da previsão de vendas de determinada referência na coleção atual. Para transformar a previsão de vendas agregada da referência em previsão de vendas distribuída por cores e tamanhos das variantes, eram aplicados os conceitos apresentados a seguir:

Calculava-se, com base em dados históricos, qual a distribuição de demanda para cada tamanho. A partir disso, obtinha-se uma distribuição relativa para cada tipo de numeração. Por exemplo:

- Tamanho P: 25%
- Tamanho M: 40%
- Tamanho G: 20%
- Tamanho GG: 15%

O mesmo procedimento era realizado para calcular a distribuição de vendas para as diversas cores. Os grupos de cores eram definidos com base na variedade de cores em que cada referência estava disponível para venda. Dessa forma, uma referência disponível em três cores era considerada em um grupo diferente de uma referência disponível em quatro cores. Para cada tipo, calculava-se qual a parcela da demanda que seria absorvida pela cor mais vendida, pela 2ª cor mais vendida, e assim sucessivamente. Por exemplo, para uma referência disponível em três cores:

- Cor 1: 40%
- Cor 2: 35%
- Cor 3: 25%

A definição de qual seria a Cor 1, Cor 2, Cor 3, e etc. era feita por grupo de tecido e levava em consideração a frequência de ocorrência dessas cores no grupo,

tendências apontadas pela equipe de desenvolvimento de produtos e qual seria a cor de mostruário para cada referência.

A partir dessas distribuições calculava-se a previsão de vendas da variante da seguinte forma:

$$Previsão\ Variante = Previsão\ Referência\ \times Dist.Cor \times Dist.Tamanho$$

Por exemplo, se a previsão de vendas da referência fosse de 100 peças. A previsão de vendas dessa referência no tamanho M e na Cor 1 seria 16 (100 x 40% x 40%).

Por fim, é importante ressaltar que algumas considerações estão implícitas no procedimento detalhado anteriormente. Porém, elas nem sempre são verdadeiras, frequentemente levando a erros de previsão. Os principais pontos são:

- Considera-se que a distribuição de demanda com relação a diferentes cores e com relação a diferentes tamanhos pode ser estimada com base em dados históricos;
- Considera-se que a distribuição de demanda com relação a diferentes cores e com relação a diferentes tamanhos são independentes. Ou seja, determinada cor não vende mais ou menos por ser disponibilizada em determinado tamanho;
- Considera-se que a distribuição de demanda com relação a diferentes cores e com relação a diferentes tamanhos não depende do estilo da referência. Ou seja, determinada referência não favorece ou desfavorece a venda em determinada cor ou tamanho.

Por sua vez, a previsão baseada em vendas era feita de forma linear através da comparação da quantidade vendida de determinado item (SKU) com a relação entre a meta de vendas e a quantidade vendida da coleção. Dessa forma, a previsão de vendas **PV** do item **i** pertencente à coleção **k** seria:

$$PV_i = \frac{(Vendas)_i \times (Meta\ de\ Vendas)_k}{(Vendas)_k}$$

Apesar de relativamente simples e do efeito adverso que uma meta de vendas mal projetada pode gerar, esse método se mostrava bastante eficiente.

Principalmente, após as vendas atingirem determinado volume. Esse fato era conhecido empiricamente na empresa, de forma que a previsão por histórico normalmente era utilizada antes do início das vendas ou certo período da coleção, a partir do qual se utilizava as previsões baseadas em vendas. Porém, apesar desse fato ser conhecido, não se sabia com maior precisão quando a previsão baseada em vendas se tornava mais assertiva e, por isso, as políticas de programação não consideravam explicitamente essa informação.

Porém, esse momento pode ser determinado através da análise apresentada na Figura 21. Essa apresenta a evolução do comportamento comparativo da previsão baseada em vendas com relação à demanda efetivamente observada no fim da coleção. Ou seja, cada ponto representa um produto e quanto mais próximo esse está da linha preta, maior é a acuracidade da previsão. Além disso, um ponto acima da linha indica que a demanda real era maior do que a previsão, indicando probabilidade de falta de produtos para atender aos pedidos. Por outro lado, um ponto abaixo da linha indica que a demanda real era menor do que a previsão, indicando probabilidade de sobra de produtos acabados no estoque após o término da coleção. Além disso, percebe-se que o erro de previsão era simétrico, ou seja, a quantidade de produtos com probabilidade de sobra era muito similar aos que possuíam probabilidade de falta. Isso indica que a previsão agregada de demanda era bem acurada, de modo que o erro de previsão acontecia no nível dos produtos oferecidos.

Essa análise foi repetida para diversas coleções com resultados similares, mostrando que entre o início da terceira e da quarta semana de vendas (dependendo da coleção) a previsão baseada em vendas apresenta considerável melhora de acuracidade. Ao se comparar esse período da coleção com a Figura 20 percebe-se que esse ponto normalmente é atingido quando as vendas alcançam cerca de 10% do volume previsto. Por fim, é interessante perceber que esse fenômeno apresenta elevada semelhança com o comportamento apresentado na Figura 6 exibida na revisão bibliográfica.

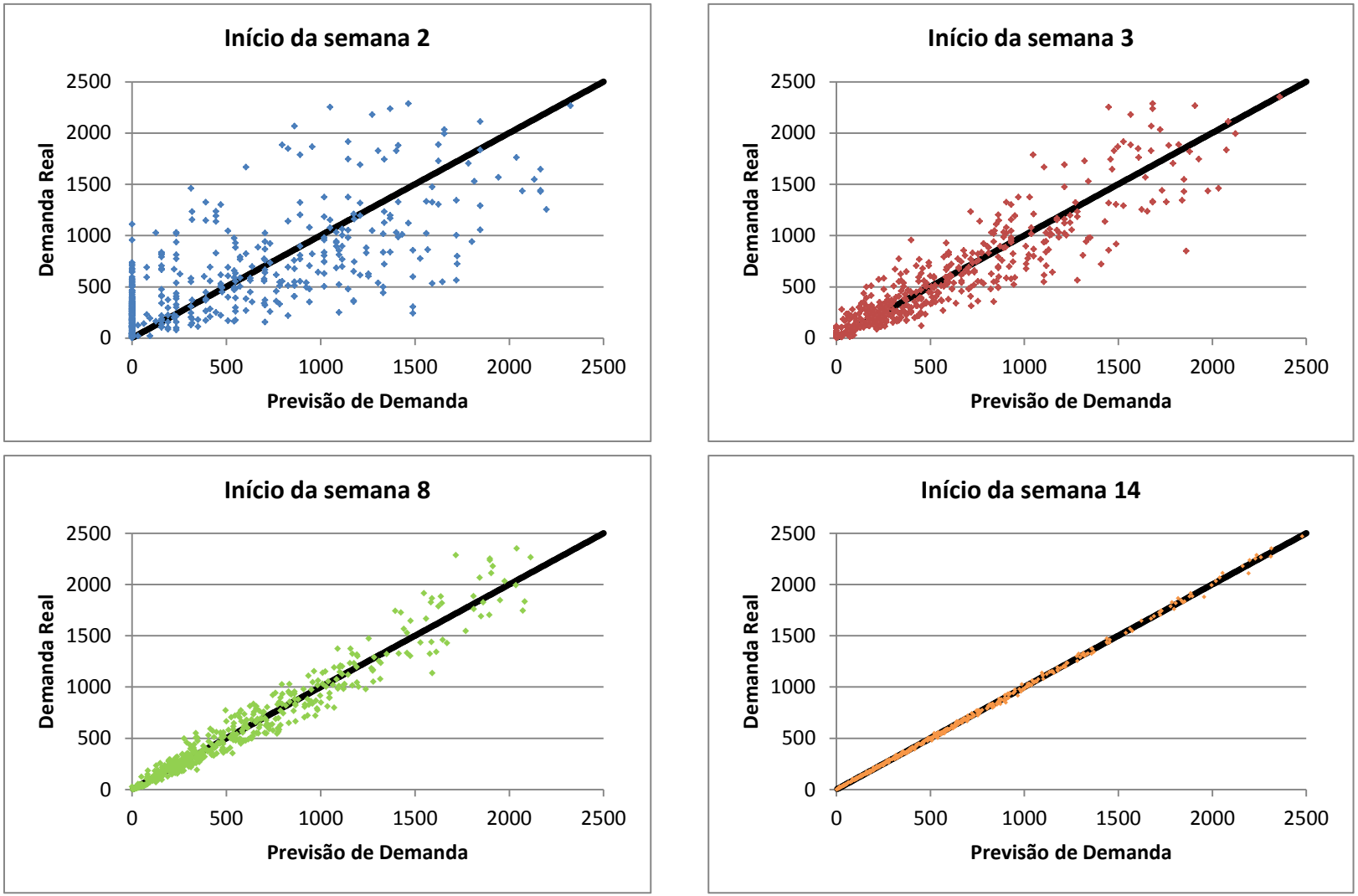

Figura 21 - Previsão de demanda em relação à demanda real em diversos momentos da coleção

Outro fato interessante observado é o comportamento do coeficiente de variação dos produtos com relação à demanda. Esse fenômeno está representado graficamente na Figura 22 e mostra elevada semelhança com o comportamento apresentado na Figura 3 apresentada na revisão bibliográfica. Ressalta-se que a demanda foi normalizada por um coeficiente aleatório para proteger a confidencialidade dos dados da empresa.

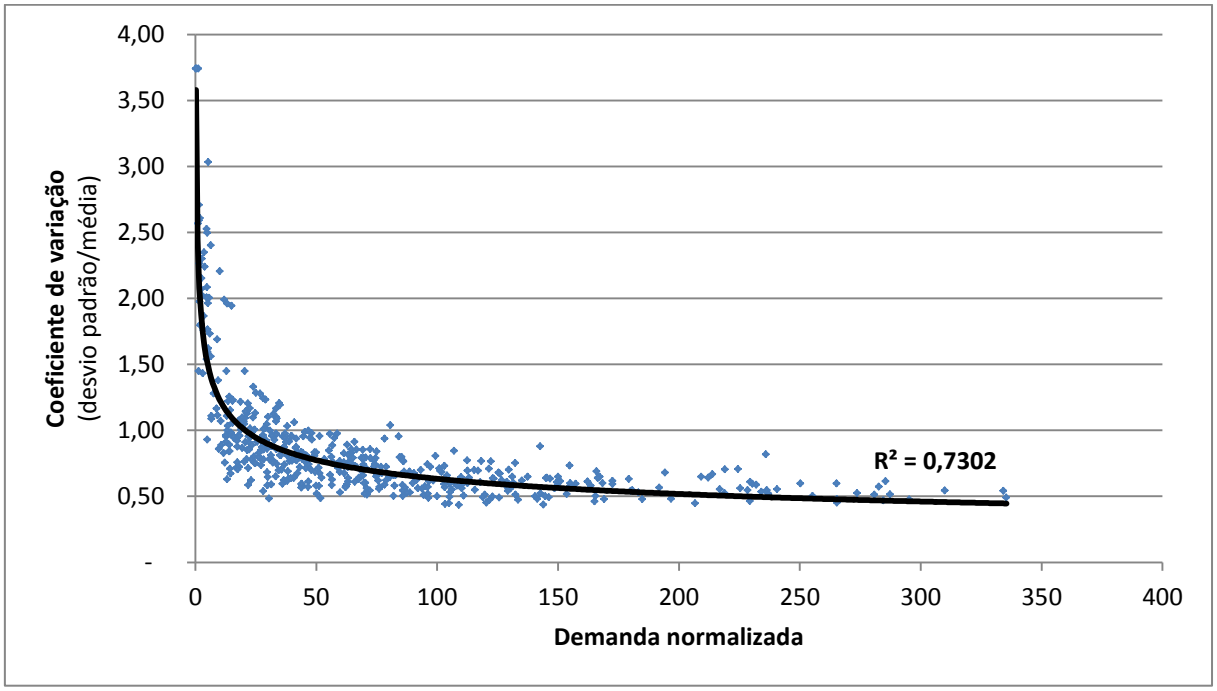

Figura 22 – Coeficiente de variação em relação ao volume normalizado de demanda

Dessa forma, o que podemos observar na Figura 22 é uma comprovação de que os produtos com menor demanda possuem coeficientes de variação maiores, implicando em maior variabilidade de demanda e menor assertividade da previsão de vendas.

Para facilitar a incorporação desse fato e de outros conceitos apresentados posteriormente no dia a dia da empresa utilizou-se a regra de Pareto (segundo a qual a maioria dos efeitos é proveniente da minoria das causas) para classificar os produtos em A, B ou C. Na empresa foco desse trabalho, tal classificação considerou que:

- Itens classe A: representavam 50% do volume e 20% dos itens;
- Itens classe B: representavam 50-80% do volume e 30% dos itens;
- Itens classe C: representavam 80-100% do volume e 50% dos itens.

Por fim, o impacto combinado dos dois efeitos apresentados anteriormente na acuracidade da previsão de demanda pode ser observado na Figura 23. Essa apresenta o comportamento da acuracidade de previsão de vendas para os itens classificados como A, B e C à medida que a coleção evolui. Nesse caso, a acuracidade da previsão é representada por (1 - MAPE[4] da previsão baseada em vendas para os produtos classificados como A, B ou C).

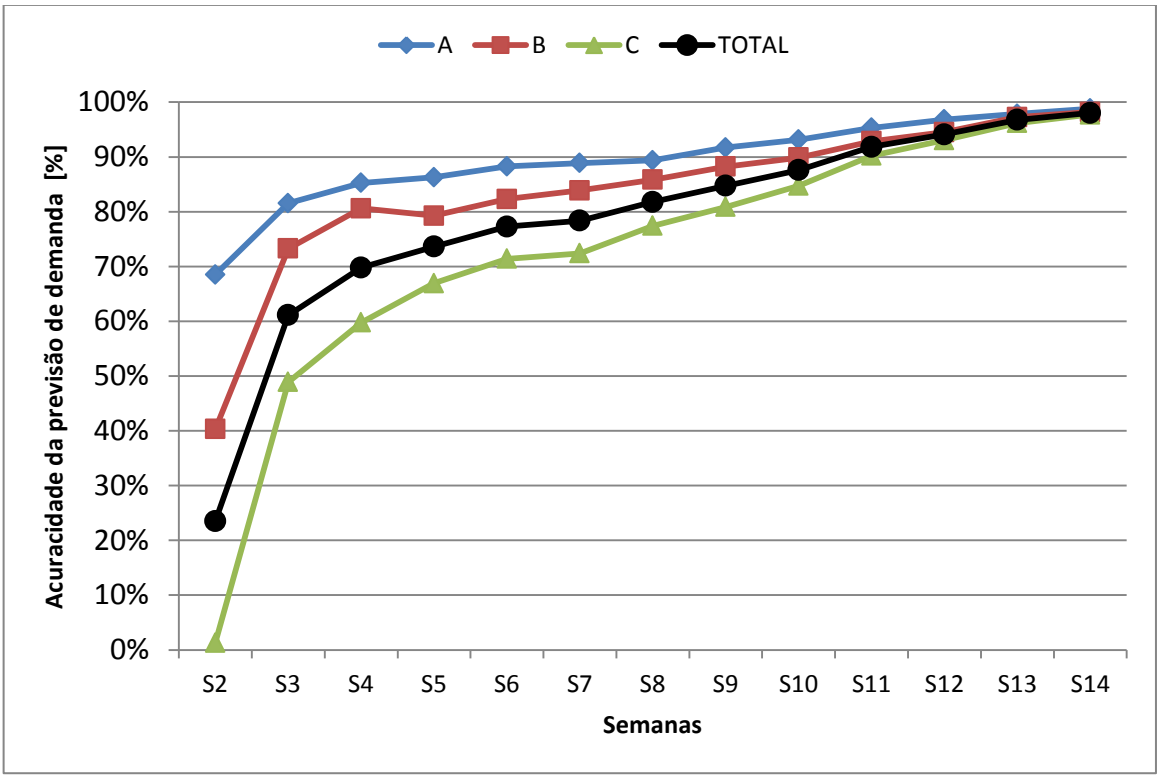

Figura 23 – Evolução da acuracidade de previsão de demanda ao longo da coleção

As principais conclusões obtidas com as análises apresentadas estão sintetizadas a seguir:

[4] MAPE significa *mean absolute percentage error* e é uma medida amplamente utilizada para calcular a acuracidade de métodos preditivos.

1. O comportamento da demanda e as características dos produtos observados no ambiente de negócio da empresa foco da pesquisa-ação são consistentes com os apresentados previamente durante a seção de revisão bibliográfica, fortalecendo a relevância das aplicações apresentadas no âmbito desse trabalho;
2. A previsão de demanda dos produtos melhora consistentemente à medida que se avança o período de vendas;
3. Produtos com maior demanda possuem menor coeficiente de variação e, consequentemente, apresentam maior previsibilidade de demanda ao longo da coleção.

Esses fatos são bastante relevantes e, após sua comprovação, puderam ser utilizados como argumentos para subsidiar melhorias no processo produtivo e para ajustar as políticas de planejamento de compras e de programação da produção.

3.5. Análise da situação atual e desenvolvimento da situação futura

Após o mapeamento dos principais produtos, processos e arranjo físico da empresa apresentados anteriormente, foram realizadas diversas seções interativas com os membros da equipe visando identificar os principais problemas, suas causas-raiz, implicações e possíveis oportunidades de melhoria. Essa etapa foi muito importante para alinhar a visão da equipe sobre os principais problemas que deveriam ser atacados, bem como para definir as ações que seriam realizadas. Nesse sentido, as Tabela 7 e Tabela 8 sintetizam os principais problemas identificados no fluxo de informação e materiais, suas implicações para os processos e resultados da empresa e os projetos de melhoria que seriam realizados.

É importante ressaltar que nessa fase, os detalhes das ações não eram planejados. De modo que o planejamento detalhado de cada solução era realizado em um momento definido e que antecedia a fase de implementação. Esse processo permitia acelerar a obtenção de resultados provenientes das primeiras melhorias e focava o tempo da equipe sobre aquelas soluções que seriam imediatamente implementadas.

Adicionalmente, as implementações que seriam realizadas e o fluxo de materiais e informações almejados pelo projeto foram representados visualmente no mapa de fluxo de valor futuro projetado para a empresa. Esse pode ser observado na Figura 24 e tinha o objetivo de facilitar a comunicação com todas as áreas e criar um paralelo com o mapeamento da situação identificada previamente na empresa. No MFV futuro estão circuladas e numeradas as principais mudanças que seriam implantadas:

I. Implantação de sistema puxado para reposição de matérias-primas
II. Otimização do processo de planejamento de compras
III. Otimização do processo de programação da produção
IV. Implantação de fluxo contínuo no Acabamento/Garantia de Qualidade
V. Implantação de *milk run* e sistema de gerenciamento das facções
VI. Reorganização do macro layout da fábrica

Tabela 7 – Síntese da análise da situação identificada na empresa (fluxo de informação)

Área	**Principais problemas**	**Implicações de 1º nível**	**Implicações de 2º nível**	**Iniciativas de melhoria**
Planejamento de compras	Planejamento de grandes lotes de compra	Aumento da quantidade de matéria-prima comprada antes do início das vendas da coleção. Ou seja, com baixa acuracidade de previsão	Redução na pontualidade de entrega e nos níveis de atendimento devido a atrasos na programação de produção causados por falta de matéria-prima Sobra de algumas matérias-primas no fim da coleção	Otimização do sistema de compras através do aumento de frequência de compra e reavaliação dos fornecedores
	Alto *lead time* de fornecimento			
	Produtos com diferentes características de ciclo de vida tratados da mesma forma	Complexidade adicional no sistema de compras mesmo para produtos com longos ciclos de vida		Implementação de sistemas puxados de reposição para itens contínuos entre coleções
Programação da produção	Programação de grandes lotes de produção	Aumento da quantidade produzida em períodos da coleção com menor acuracidade de previsão Contribuição para aumento do *lead time* de produção	Programação de produção dos itens errados, causando redução na pontualidade de entrega, nos níveis de atendimento e aumento da sobra de produtos acabados	Otimização do sistema de planejamento através da redução dos lotes de programação e adequação das políticas para os diferentes itens e momentos da coleção
	Utilização das mesmas regras para programação de produtos com diferentes perfis de demanda e acuracidade de previsão			
	Baixa visibilidade sobre o volume ou *mix* a ser produzido	Aumento de complexidade no gerenciamento da capacidade produtiva e do *lead time* de produção	Aumento da quantidade que deve ser produzida em períodos da coleção com menor acuracidade de previsão	Nivelamento do *mix* e volume de produção

Tabela 8 – Síntese da análise da situação identificada na empresa (fluxo de materiais)

Área	**Principais problemas identificados**	**Implicações de 1º nível**	**Implicações de 2º nível**	**Iniciativas de melhoria**
Costura (facções)	Fraco gerenciamento do desempenho dos terceirizados	Baixos níveis de pontualidade e qualidade, aumentando o *lead time* médio do processo e o desvio em relação a esse *lead time* para obtenção de peças com qualidade	Aumento da quantidade que deve ser produzida em períodos da coleção com menor acuracidade de previsão	Implantação de sistema de gerenciamento de desempenho
	Pessoas da equipe de operação ou gestão dos terceiros são utilizadas para realizar o transporte de peças			Utilização de lógica de transporte *milk-run* com terceiros
Acabamento / Garantia de qualidade	Processamento de peças em grandes lotes	Contribuição para aumento do lead time de produção		Implementação de fluxo contínuo através da redução dos lotes de processamento e alteração de *layout*
Corte/ Separação	Necessidade de transporte excessivo de materiais entre Corte e Separação			Adequação de *layout* para orientá-lo ao fluxo de materiais
Montagem/ Expedição de terceiros	Necessidade de transporte excessivo de materiais entre Montagem e Expedição de terceiros			

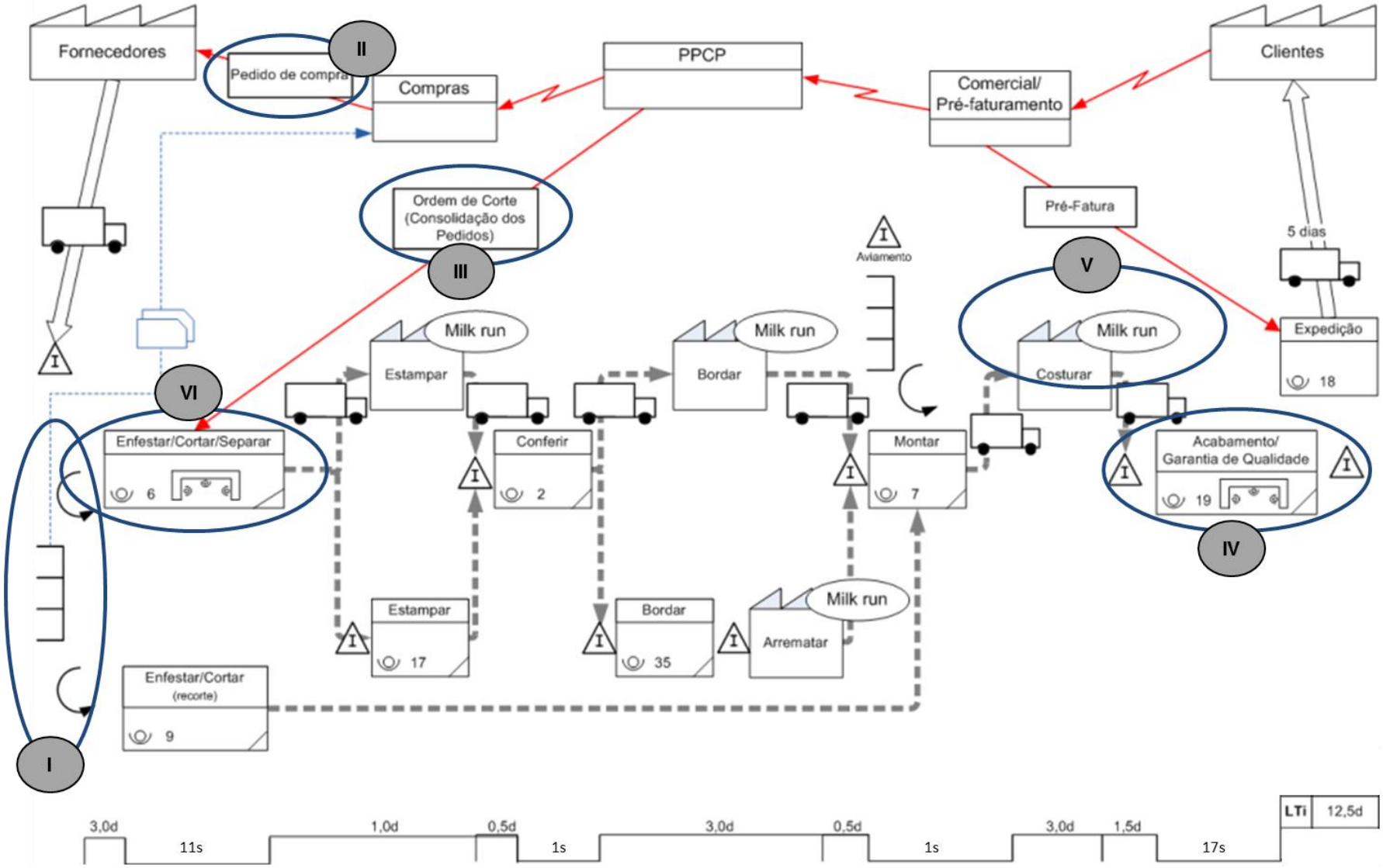

Figura 24 - Mapa de Fluxo de Valor da situação futura projetada para a empresa

3.6. Implementação da situação futura

Essa seção apresenta em detalhes cada uma das seis iniciativas implantadas na empresa. A descrição de cada iniciativa compreende três pontos (com exceção da iniciativa II, que compartilha a mesma descrição de “Situação pré-implantação” da iniciativa I por ambas tratarem do processo de planejamento de compras):

- **Objetivo:** Aponta quais indicadores de processo ou de resultado a iniciativa busca impactar;
- **Situação pré-implantação:** Descreve como o processo estava organizado antes da implantação, ressalta análises realizadas e oportunidades identificadas;
- **Situação pós-implantação:** Detalha a solução implantada e apresenta os impactos obtidos nos indicadores do processo modificado.

Ressalta-se que o processo de implantação em si não será detalhado, pois esse não é o foco desse trabalho.

Com o objetivo de criar visibilidade sobre o processo de transformação e facilitar o planejamento, um cronograma foi desenvolvido em conjunto com a equipe do projeto. Ao longo da transformação, e principalmente após cada implementação, esse planejamento era revisto e atualizado, visando priorizar ações que a equipe acreditava possuir mais impacto em determinado momento. A Figura 25 apresenta a versão final desse documento, servindo como referência sobre a ordem e duração das implementações realizadas. Percebe-se que algumas iniciativas possuem dois períodos de “Projeto/Implementação”. Nesses casos, o segundo período compreendeu uma revisão do processo inicial implantado, motivada por novas oportunidades identificadas ou com o objetivo de reforçar alguns conceitos projetados inicialmente, mas que não haviam sido completamente implementados.

Iniciativas	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I. Implantação de sistema puxado para reposição de matérias-primas												
II. Otimização do processo de planejamento de compras												
III. Otimização do processo de programação da produção												
IV. Implantação de fluxo contínuo no Acabamento/Garantia de Qualidade												
V. Implantação de *milk run* e sistema de gerenciamento das Facções												
VI. Reorganização do macro *layout* da fábrica												

Legenda	
	Projeto/Implementação
	Sustentabilidade

Figura 25 – Cronograma de implementação das iniciativas de melhoria

I. Implantação de sistema puxado para reposição de matérias-primas

Objetivo

- Aumentar a disponibilidade matéria-prima para permitir redução de atrasos no processo produtivo;
- Reduzir complexidade do planejamento de compra e do controle de estoque para produtos frequentes entre coleções.

Situação pré-implementação

Conforme descrito anteriormente, um dos grandes problemas enfrentados pela empresa era o efeito de falta e sobra de matéria-prima que causava atrasos consideráveis no processo produtivo, resultando em menor pontualidade e confiabilidade de entrega de produtos acabados para os clientes.

Uma análise mais detalhada do processo de planejamento de compras revelou a existência de dois problemas principais: a baixa frequência de revisão do planejamento de compra (o planejamento era realizado duas ou três vezes ao longo da coleção) e a o alto *lead time* de fornecimento de matérias-primas (os *lead times* variavam entre 4 e 7 semanas). Esses dois fatores combinados faziam com que grande parte do planejamento de compra de matéria-prima fosse realizado antes ou logo no início da coleção, ou seja, em momentos onde a previsão de demanda possuía baixa acuracidade.

Esse efeito é mais bem ilustrado através da análise de um exemplo do processo de planejamento de uma das matérias-primas da empresa. Nesse caso, o item em questão possuía um *lead time* de reposição de 5 semanas e estava planejado para ser comprado somente duas vezes ao longo do ciclo de vida: a primeira, antes do início da coleção, compreendendo aproximadamente metade da demanda total prevista; e a segunda, no início da semana 2, compreendendo toda a demanda prevista nesse momento. Porém, uma terceira compra ainda teve que ser realizada na semana 5 para cobrir a falta de matéria-prima ocorrida. A Figura 26 apresenta a demanda real desse item em relação às previsões de demanda obtidas

em cada um dos três momentos de compra. É interessante observar que, quanto mais tempo se passa na coleção, mais as curvas de demanda previstas se aproximam da curva de demanda real. Esse já era esperado, dado o comportamento da previsão de demanda de produtos acabados apresentado na Figura 21.

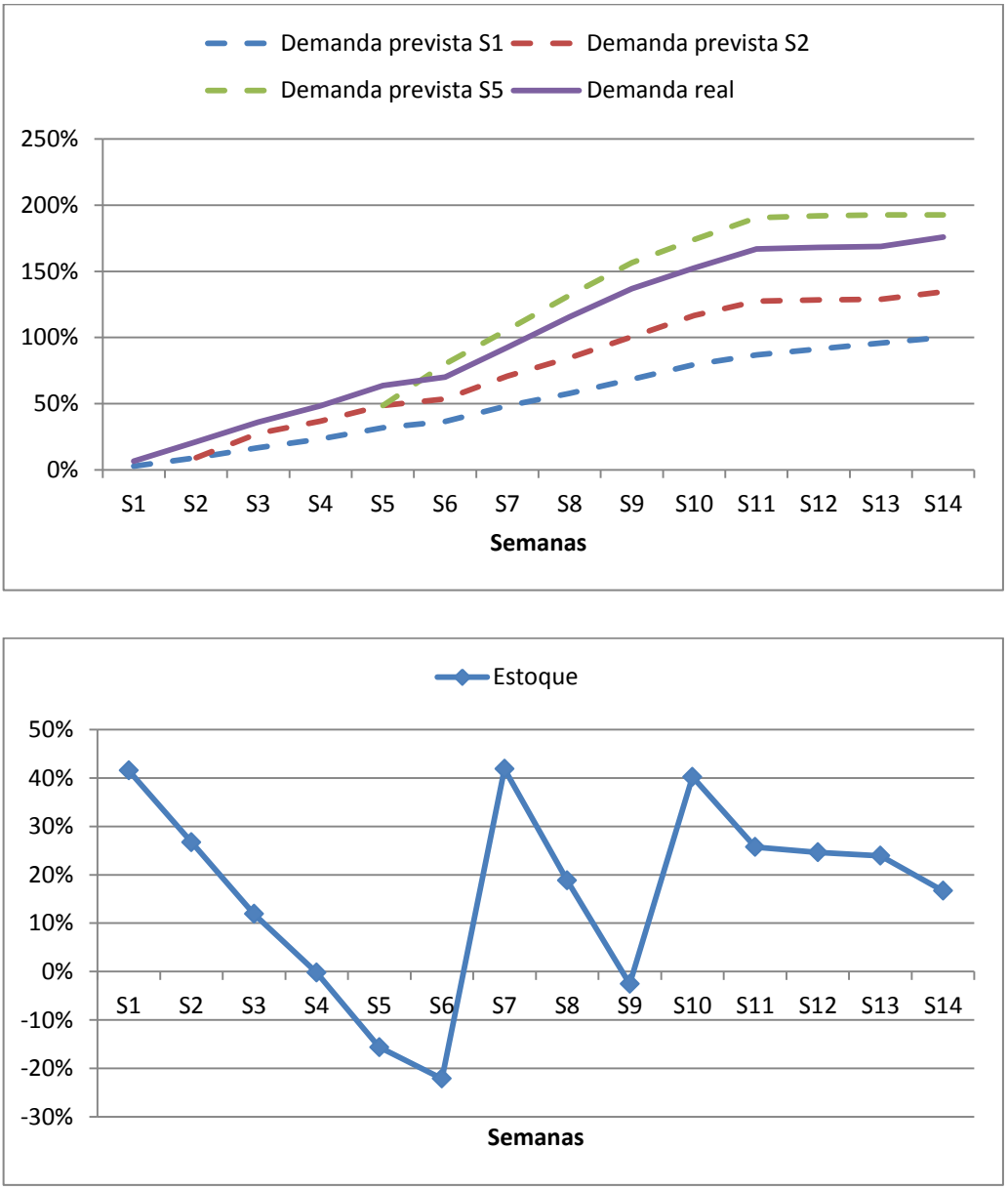

Figura 26 – Comportamento típico da demanda, prevista, real e estoque de uma matéria-prima ao longo da coleção

Além disso, a Figura 26 também apresenta a posição de estoque ao longo do tempo para a matéria-prima sendo analisada e ressalta o efeito de falta, ocorrido nas

semanas 4, 5, 6 e 9, onde a quantidade a ser programada era maior do que a disponibilidade de matéria-prima; e o efeito de sobra ocorrido ao fim da coleção, onde ainda existia no estoque uma quantidade equivalente a 17% da demanda inicial prevista (ou seja, aproximadamente 9% de sobra em relação à demanda real).

Efeitos similares eram observados em outras matérias-primas ou efeitos inversos poderiam ser observados nos casos onde a demanda prevista era maior do que a demanda real.

Outra situação interessante observada na empresa era o fato de que matérias-primas com diferentes características de ciclo de vida eram planejadas e controladas da mesma forma. Ou seja, mesmo itens frequentes entre diversas coleções e que, portanto seriam utilizados novamente eram comprados seguindo a mesma metodologia de outros itens e estavam sujeitos aos mesmos problemas apresentados anteriormente.

Situação pós-implementação

Um sistema puxado de reposição de matérias-primas baseado no uso de *kanban* foi implantado para os itens frequentes em três ou mais coleções, ou seja, para os itens que possuíam um ciclo de vida de pelo menos um ano. Análises revelaram que esses representavam entre 10% e 20% (o percentual exato depende da coleção considerada como base). Além disso, percebeu-se que todos os materiais de consumo (por exemplo, caixas de papelão, embalagens plásticas, fitas adesivas) possuíam essa característica de ciclo de vida mais longo. Esses itens representavam aproximadamente 5% do total de SKUs comprados. Dessa forma, 15% a 25% dos itens, dependendo da coleção, possuíam características que os permitiam ser controlados através de sistemas puxados de reposição.

O processo utilizado para implementar o sistema puxado de reposição para esses itens não difere do processo normalmente utilizado. Por isso, como esse não é o principal foco do trabalho, mais detalhes do processo não serão descritos.

Os principais benefícios observados decorrentes do uso de sistemas puxados como forma de controle de itens frequentes foram:

- **Redução da complexidade de controle:** esses itens eram controlados diretamente através de quadros que, de forma visual, sinalizavam a necessidade de compra e indicavam atrasos no recebimento (os dos dois quadros utilizados podem ser observados na Figura 27). Essas ferramentas facilitaram a gestão e aumentaram o tempo de resposta a eventuais problemas ocorridos;
- **Aumento da disponibilidade de matéria-prima em estoque:** como esses itens eram repostos frequentemente, a disponibilidade deles em estoque aumentou consideravelmente. Esse fato teve efeito positivo sobre a redução de atrasos de programação da produção causados por falta de matéria-prima.

Figura 27 – Quadro *kanban* e quadro de controle de recebimento implantados

II. Otimização do processo de planejamento de compras

Objetivo

- Aumentar a disponibilidade matéria-prima para permitir redução de atrasos no processo produtivo;
- Reduzir sobra de matérias-primas que não seriam utilizadas em outras coleções;

Situação pós-implementação

O processo de planejamento de compras implantado baseou-se no aumento da frequência de compra de matérias-primas, prevendo revisões semanais para os itens. Além disso, o comportamento da previsão de demanda foi analisado e o erro médio em cada momento da coleção foi incorporado no cálculo da necessidade de matéria-prima. Dessa forma, a quantidade de matéria-prima planejada era acrescida de um percentual para lidar com o desvio normalmente observado entre a demanda prevista e a real.

Para lidar com a complexidade adicional gerada devido ao aumento da quantidade de compras realizadas ao longo de uma coleção, o processo de planejamento e as ferramentas utilizadas foram revistos e otimizados, permitindo reduzir o tempo e esforço necessários para realizar o planejamento.

Por fim, o processo de escolha e avaliação dos fornecedores também foi revisto, de modo a levar em consideração fatores relacionados à velocidade e flexibilidade de entrega, além do custo e qualidade da matéria-prima. O sistema de avaliação e seleção implementado levava em consideração os seguintes fatores: custo, qualidade da matéria-prima, *lead time* de entrega projetado, pontualidade de entrega, confiabilidade da entrega (ou seja, a aderência entre a quantidade comprada e a quantidade entregue), e flexibilidade de entrega a pedidos emergenciais. Esses itens eram avaliados separadamente e ponderados para resultar na avaliação de cada fornecedor.

O resultado das mudanças implantadas foi um aumento da quantidade de compras possíveis de serem realizadas em cada coleção, permitindo aumentar a parcela do planejamento que era realizada em momentos com maior acuracidade de previsão de demanda. Além disso, a maior frequência de revisão e os menores *lead times* de fornecimento obtidos com alguns fornecedores permitiram reduzir o tempo de resposta a eventuais problemas enfrentados.

III. Otimização do processo de programação da produção

Objetivo

- Reduzir sobra de produtos acabados através do aumento da assertividade da programação;
- Reduzir o *lead time* de produção através da programação de menores lotes e do nivelamento da quantidade programada de acordo com a capacidade da fábrica.

Situação pré-implementação

O processo de programação da produção possuía grande importância para se atingir os objetivos esperados pela empresa de aumentar a pontualidade e a confiabilidade de entrega ao mesmo tempo em que se reduziam sobras de produtos acabados ao fim da coleção. Esse processo foi analisado detalhadamente em conjunto com a equipe da empresa e os principais problemas identificados foram: a programação de grandes lotes de produção, a utilização das mesmas regras para programação de produtos com diferentes perfis de demanda e acuracidade de previsão, a utilização dos mesmos procedimentos durante todo o ciclo de vida dos produtos e a baixa visibilidade sobre o volume ou *mix* a ser produzido. Cada um desses e suas implicações serão detalhados a seguir.

- **Programação de grandes lotes de produção:** o conceito existente na empresa era de que grandes lotes de produção eram benéficos para o processo produtivo, pois o tornava mais eficiente na medida em que reduziam a quantidade de transportes para os terceirizados, reduziam a quantidade de *setups* necessários e aumentavam a produtividade de alguns processos intensos em capital, como o processo de corte (nesse caso, o esforço para se cortar os moldes da peça em uma folha de tecido é praticamente o mesmo necessário para se cortar 10 folhas, produzindo-se assim dez vezes mais). Essas observações eram verdadeiras e já esperadas, porém os grandes lotes de produção existentes também resultavam em outro efeito conhecido, o aumento do *lead time* de processamento. Além disso, a programação de

grandes lotes implicava que uma parcela maior da demanda total de determinado produto fosse considerada no planejamento da produção. Por sua vez, isso significava uma menor frequência de programação desse produto e um maior horizonte temporal entre o momento da programação da produção e o momento da demanda real pelo produto. Ou seja, os produtos eram programados poucas vezes ao longo da coleção e de forma que cada programação representava grande parte da demanda esperada. Esse fato em conjunto com o comportamento de previsão de demanda apresentado anteriormente resultava em falta e sobra de produtos acabados. Efeito similar ao observado para as matérias-primas da empresa na Figura 26.

- **Utilização dos mesmos procedimentos para produtos com diferentes características de demanda:** o efeito de falta e sobra apresentado era potencializado na medida em que o processo de programação utilizado era idêntico tanto para itens com alta demanda e maior previsibilidade quanto para itens com baixa demanda e menor previsibilidade. Nesse sentido, esses últimos eram os mais prejudicados dado que os grandes lotes de produção praticados (muitas vezes restritos a lotes mínimos de produção) frequentemente implicavam em somente uma programação de determinado item com baixa demanda em toda a coleção. Um fato que ilustra os piores resultados para esses itens é que a sobra dos itens classe C era frequentemente de duas a três vezes maior do que a observada para os itens classe A, enquanto a disponibilidade desses itens no estoque para entrega aos clientes apresentava o comportamento inverso.
- **Baixa visibilidade sobre o volume ou *mix* a ser produzido:** a programação da produção não seguia uma sequência lógica visando à otimização de utilização de capacidade do processo produtivo, por exemplo, através da programação consolidada de produtos com características similares visando redução de *setups*. Isso gerava maior complexidade no gerenciamento da capacidade produtiva e causava aumento no *lead time* de produção na medida em que facilitava a formação de filas.

Situação pós-implementação

O processo de programação da produção implantado baseou-se na redução dos lotes de programação (e consequente aumento da frequência de programação), na adequação dos parâmetros de programação para as diferentes classes de itens produzidos e momentos da coleção e no nivelamento do *mix* e volume a ser produzido.

Primeiramente, buscou-se parametrizar o processo de programação da produção de acordo com alguns fatores determinantes do nível do estoque, como ilustrado na Figura 28. Dessa forma, o estoque de ciclo de determinado item estava diretamente ligado a sua demanda média, frequência de produção e a relação entre o *lead time* de produção e o prazo de entrega; o estoque pulmão estava relacionado à variação de demanda prevista e aos erros esperados de previsão; e o estoque de segurança era direcionado por fatores como o nível de qualidade e de atrasos em relação ao *lead time* projetado observados no processo produtivo. É interessante notar que quanto menores fossem os valores de cada parâmetro, mais próxima da demanda real estaria à quantidade sendo produzida. Isso reduziria o nível dos estoques e consequentemente a probabilidade de geração de sobra. Porém, valores muito reduzidos poderiam causar desnivelamento da utilização dos recursos produtivos e menores níveis de atendimento. Dessa forma, essa parametrização permitia ajustar o processo de programação de acordo com as diferentes características dos itens, seguindo a classificação ABC de demanda apresentada anteriormente.

Após a parametrização apresentada, buscou-se analisar a capacidade produtiva com relação à demanda para se definir qual seria a frequência máxima de produção de todos os itens vendidos pela empresa. Esse conceito está relacionado TPT (Toda Parte Todo) que é o tempo necessário para que seja produzido todo o *mix* de produtos de um processo. Esse fator depende do tempo disponível para produção, do tempo de processamento dos itens e do tempo de *setup*. Quanto menor for o TPT, maiores serão as quantidades de *setups*, mas menores poderão ser os lotes de produção, o que minimizará os estoques e o *lead time* de produção.

O resultado da análise realizada na empresa indicou que era possível produzir a demanda esperada de todos os produtos vendidos pela empresa a cada

10 dias. Ou seja, na média seria possível produzir determinado item seis vezes em uma coleção de 12 semanas. O que significava um aumento de frequência de produção (e consequente redução dos lotes de programação) considerável em relação ao anteriormente praticado pela empresa.

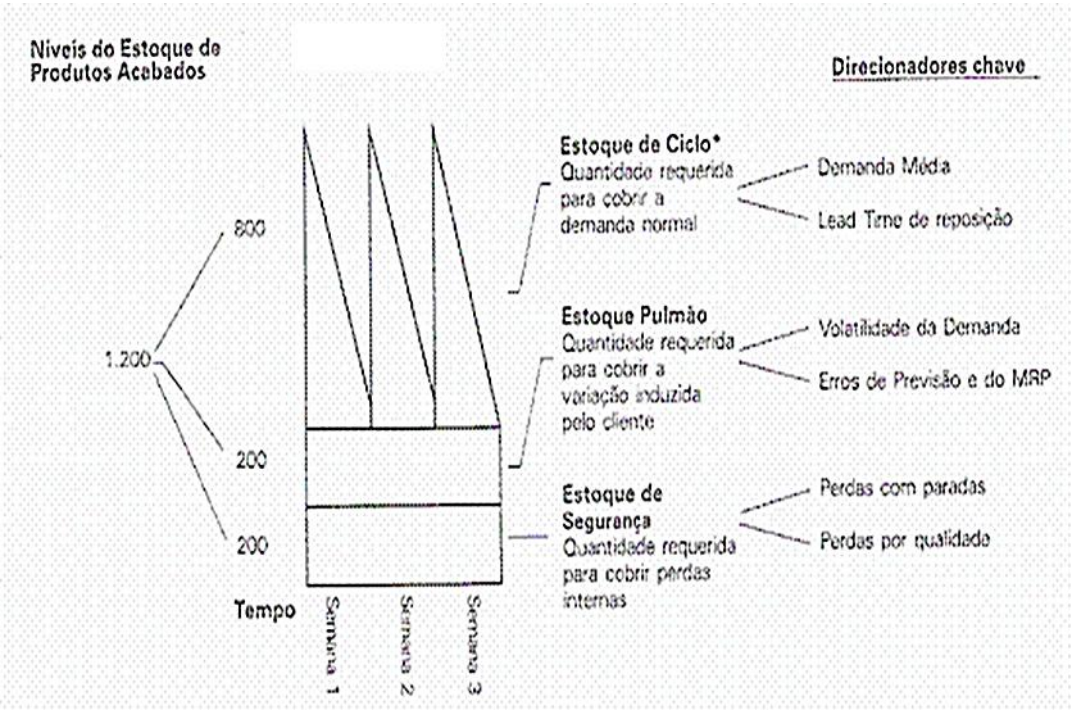

Figura 28 – Fatores contemplados para definição do nível de estoque
Fonte: Smalley (2005)

Outro fato importante a ser destacado é que além de serem ajustados para as diferentes classes de produtos, os valores dos parâmetros apresentados anteriormente também variavam ao longo da coleção visando obter melhores resultados. A seguir, estão detalhados alguns fenômenos que aconteciam ao longo da coleção e contribuíam para a variação dos valores desses parâmetros ao longo do período de produção.

- **Estoque de ciclo:** Ao longo da coleção, os itens que apresentavam uma demanda muito baixa eram descontinuados. Essa redução do *mix* de produtos que deveria ser produzido possibilitava a redução do TPT. A baixa demanda no fim da coleção também permitia que a capacidade ociosa fosse utilizada para realizar mais *setups* e reduzir o tamanho dos lotes, o que também reduzia o TPT.

- **Estoque pulmão:** A melhor previsão de vendas ao longo da coleção permitia reduções nos valores desse parâmetro ao longo da coleção

Por fim, o processo de programação da produção buscava o nivelamento do volume e do *mix* de produtos. Esse esforço tinha o objetivo de permitir que a produção atendesse eficientemente à demanda, evitando excesso de estoque, reduzindo os custos e o lead time de produção.

Para isso, ao se definir o dia em que cada item seria produzido buscava-se manter o volume previsto de produção e o *mix* de produtos a cada dia o mais nivelado possível. Isso era feito tanto para o processo produtivo como um todo quanto para os principais processos gargalo. Também se utilizava o aproveitamento de *setups* e de produção como um critério importante ao definir os itens que seriam produzidos em cada dia. A Figura 29 apresenta um exemplo de nivelamento de projetado para a programação da empresa. Porém, é importante ressaltar que o volume produzido nem sempre se mantinha nivelado entre diferentes semanas da coleção, pois os menores níveis de estoque de produtos mantidos forçava a produção a seguir um comportamento similar ao da demanda, a qual era bastante desnivelada.

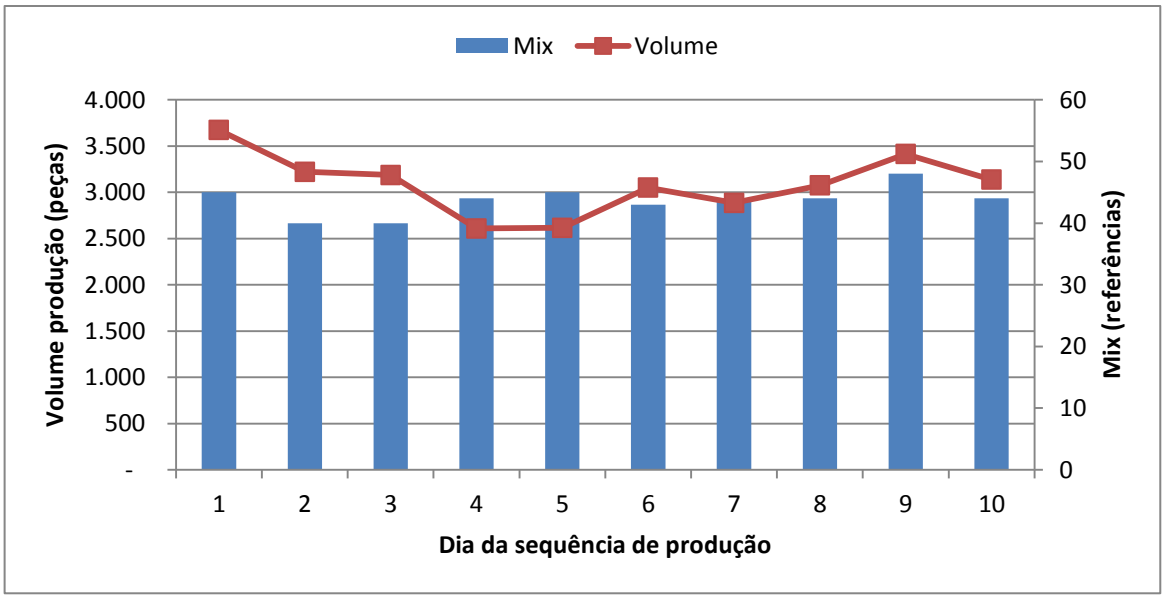

Figura 29 – Exemplo do nivelamento de *mix* e volume obtido na programação da produção

IV. Implantação de fluxo contínuo no Acabamento/Garantia de Qualidade

Objetivo

- Reduzir o *lead time* de produção através da implantação de fluxo contínuo de produção em dois processos: Acabamento e Garantia da Qualidade.

Situação pré-implementação

Análises detalhadas da disposição física, da forma de processamento e dos tempos de atividade das diversas etapas que constituíam os processos de Acabamento e Garantia de Qualidade revelaram que o elevado *lead time* apresentado era causado pelo processamento em lotes em cada uma das etapas e pela formação de estoques entre os processos, o que por sua vez era causado pelo desbalanceamento da carga de trabalho e pelo distanciamento entre etapas subsequentes do processo (em um *layout* funcional).

A Figura 30 apresenta o mapa de fluxo de valor da situação inicial encontrada, ressaltando a formação de estoques entre diferentes etapas do processo.

A Figura 31, por sua vez, exibe o *layout* do processo e o diagrama de espaguete ressaltando o fluxo que uma peça deveria seguir. É possível observar a organização funcional em que estão dispostas as diferentes etapas do processo, tornando fisicamente distantes etapas subsequentes. Também é possível observar pontos de formação de estoque intermediário entre as diferentes etapas (representados por quadrados verdes). É particularmente interessante observar a distância entre a penúltima e a última etapa do processo (dobrar e estocar). Pois, após ser dobrado o produto já está pronto, mas mesmo assim ainda ocorre uma espera (facilitada pela distância) para que ele entre no estoque e seja contabilizado para ser entregue ao cliente.

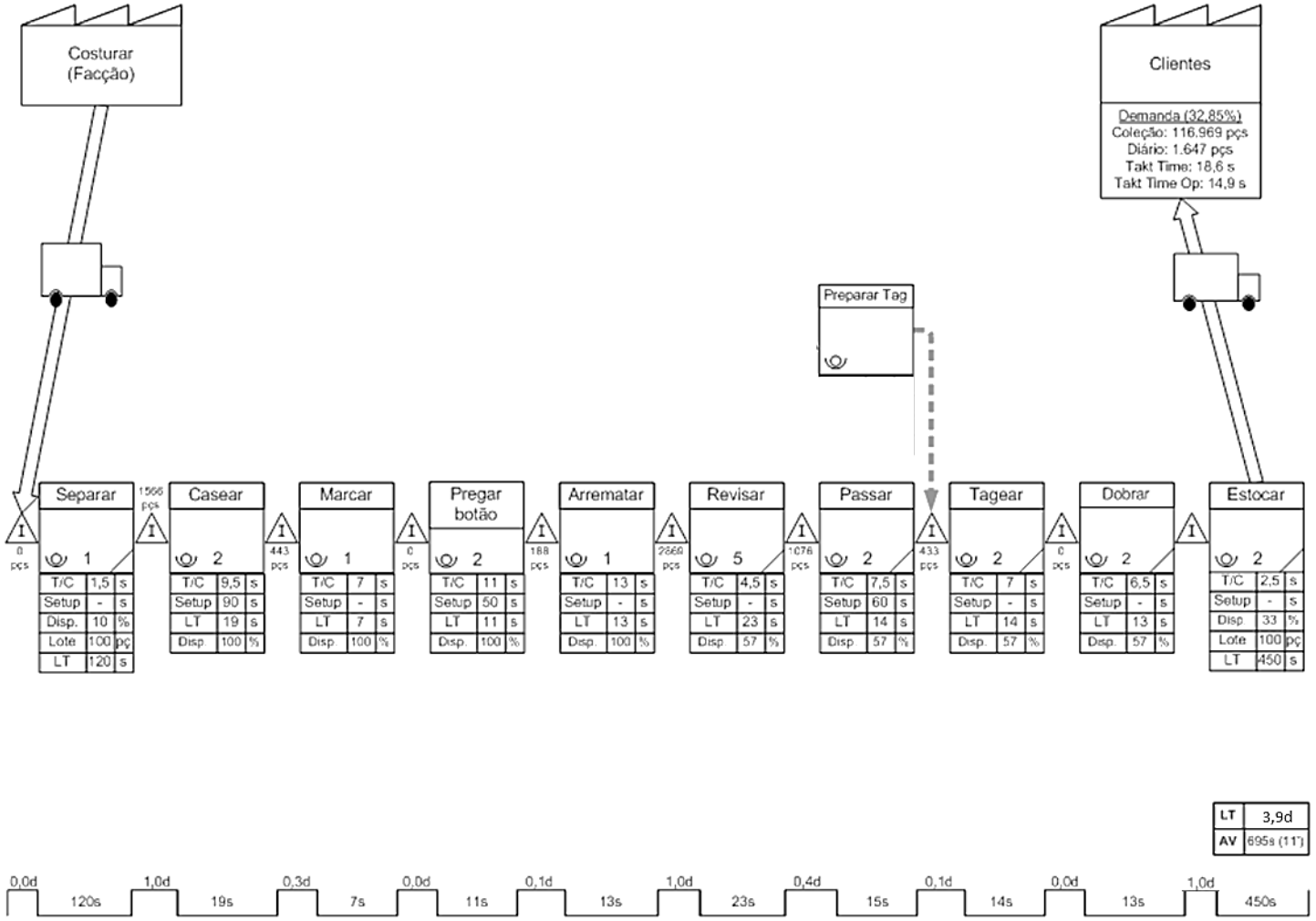

Figura 30 – Mapa de Fluxo de Valor da situação inicial do processo de Acabamento e Garantia de qualidade

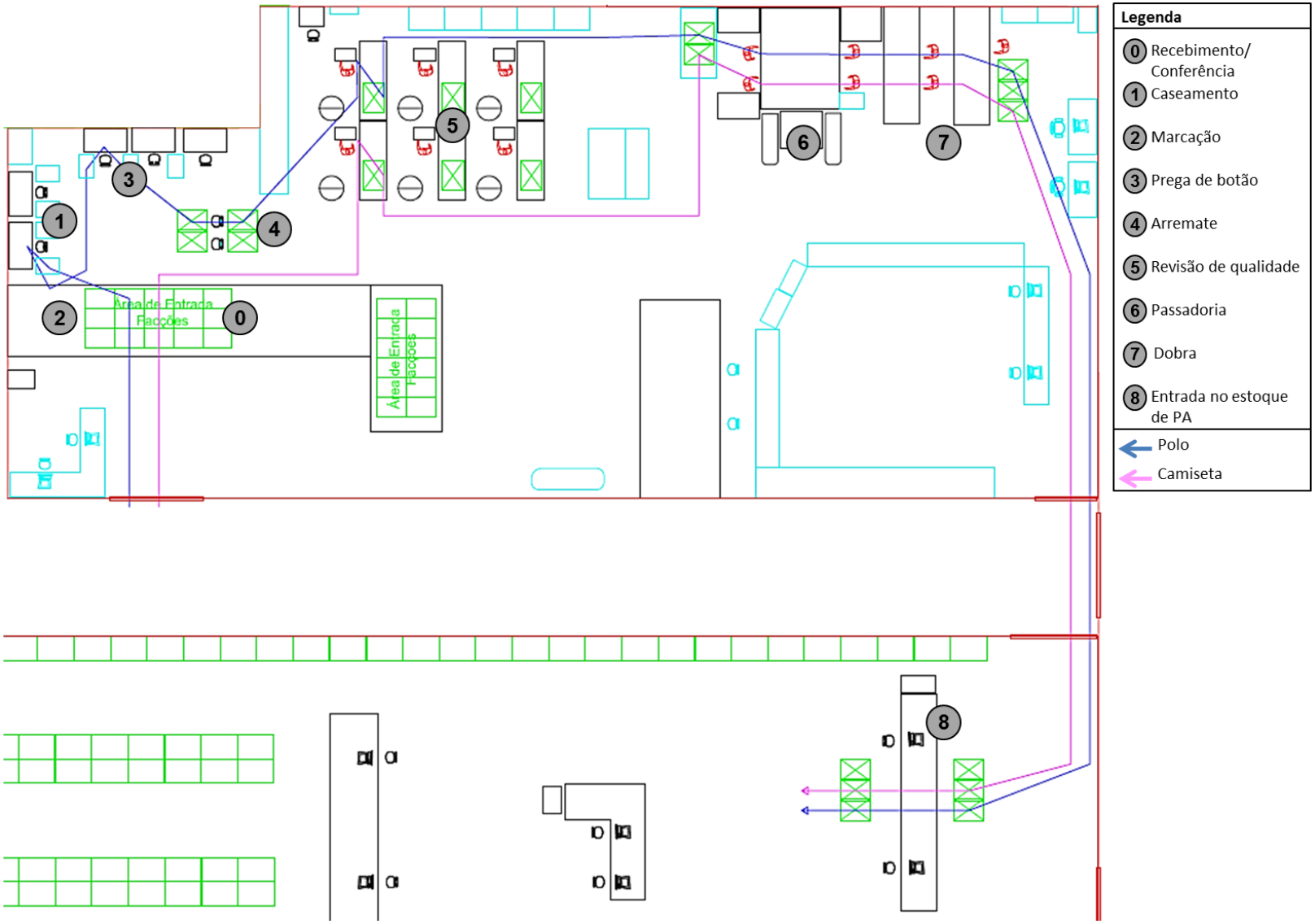

Figura 31 – *Layout* e diagrama de espaguete inicial no Acabamento e Garantia de qualidade

Situação pós-implementação

O processo implantado baseava-se no processamento em fluxo contínuo entre as diferentes etapas da operação. Ou seja, ao invés do lote inteiro ser produzido e depois movido para a etapa subsequente, cada peça que fosse trabalhada já estava disponível para a próxima etapa. Para permitir essa nova configuração, a carga de trabalho entre as diferentes etapas foi balanceada de acordo com o *takt time* e o *layout* do processo foi adequado para favorecer o fluxo.

A Figura 32 apresenta o balanceamento realizado. É interessante notar que o tempo de ciclo de algumas etapas da operação está consideravelmente abaixo do *takt* time, indicando potencial de agrupamento de atividades e aumento de produtividade. Porém, essa situação representa a configuração observada na média dos produtos processados. Dependendo das características do produto, essas etapas possuíam tempos de ciclo maiores e em alguns casos, até demandavam uma configuração específica na forma de trabalho das pessoas envolvidas na manufatura. Ressaltando a importância da capacitação de operadores multifuncionais.

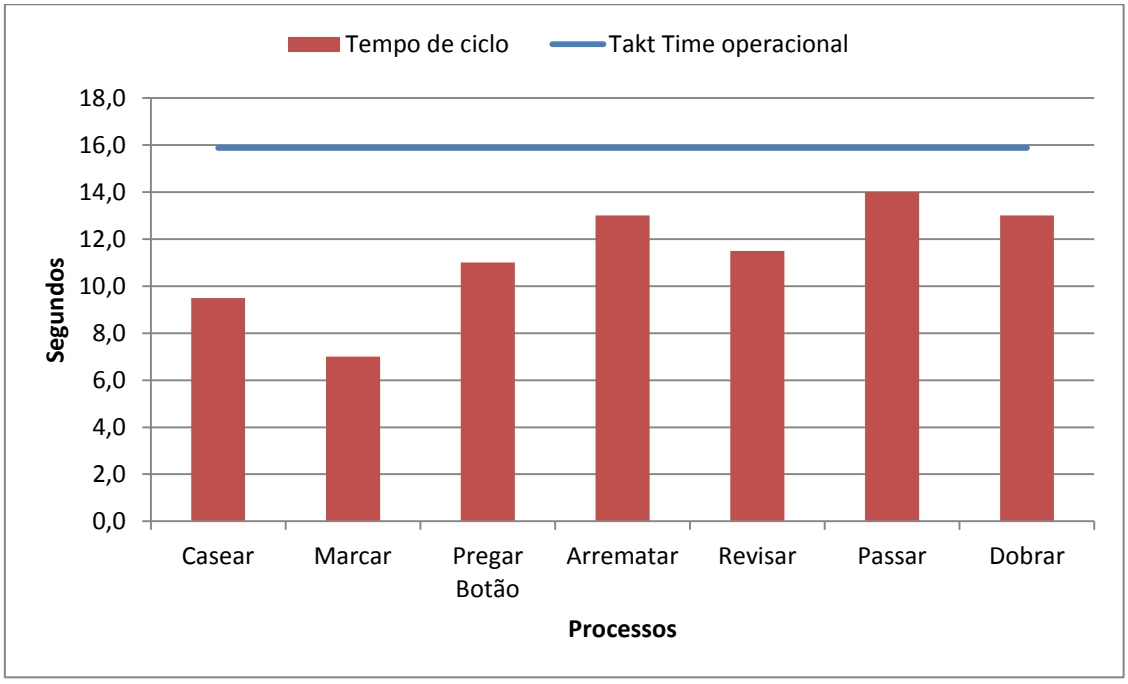

Figura 32 – Balanceamento do tempo de ciclo das etapas de acordo com o *takt time*

A Figura 33 apresenta o *layout* implementado, ressaltando o diagrama de espaguete das principais famílias de produtos. É interessante notar a proximidade entre as operações e a considerável redução de pontos de formação de estoque intermediário. Em particular, ressalta-se a proximidade da etapa de entrada no estoque ao resto do processo. Essa simples mudança reduziu em aproximadamente 1 dia o *lead time* produtivo.

Por fim, a Figura 34 exibe o mapa de fluxo de valor implantado, apresentando o fluxo produtivo com considerável redução de estoques de processo permitindo a redução do tempo de atravessamento. Além disso, é possível se observar o fluxo de informação implantado. Esse se baseava na gestão visual da produção realizada através de quadros instalados no chão de fábrica e atualizados pelo supervisor da área. Esses quadros permitiam a rápida identificação de atrasos em relação ao *lead time* previsto, encurtando o tempo necessário para que ações mitigadoras fossem realizadas.

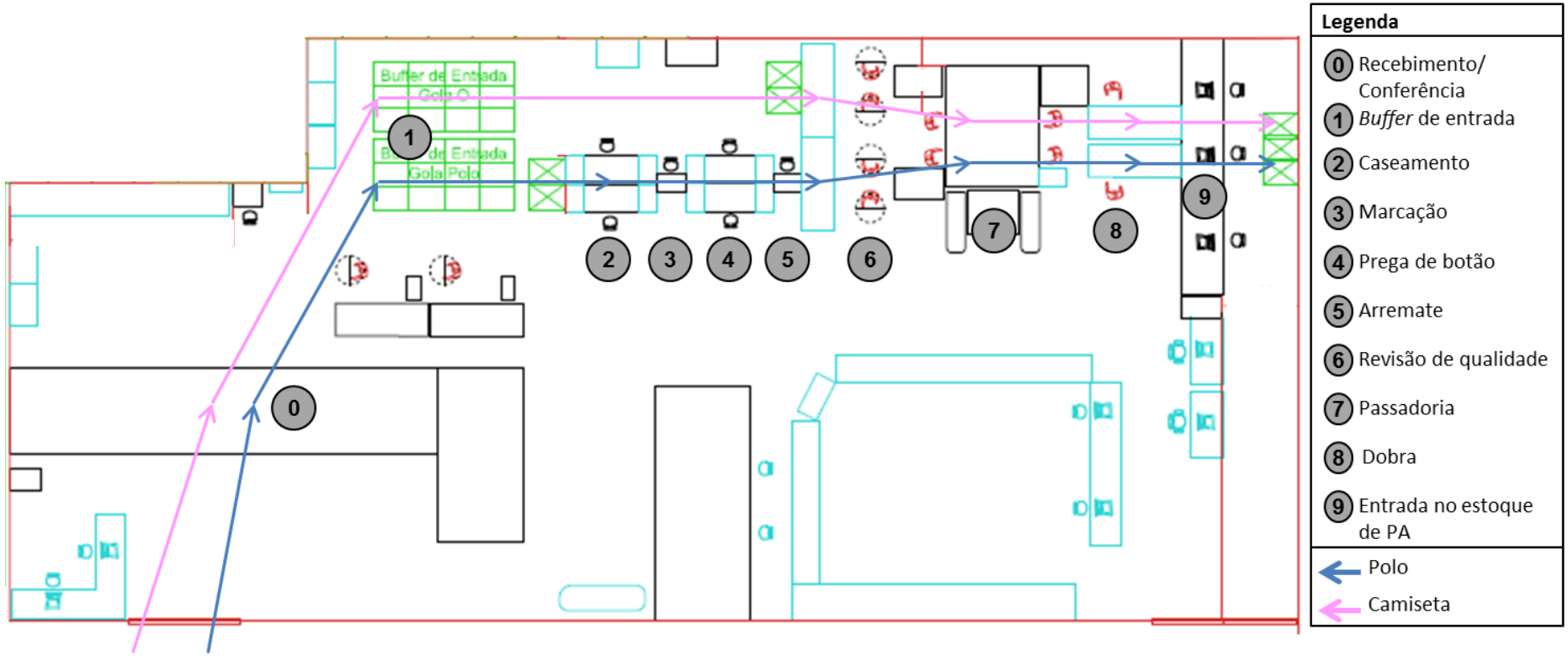

Figura 33 – *Layout* e diagrama de espaguete implantado no Acabamento e Garantia de qualidade

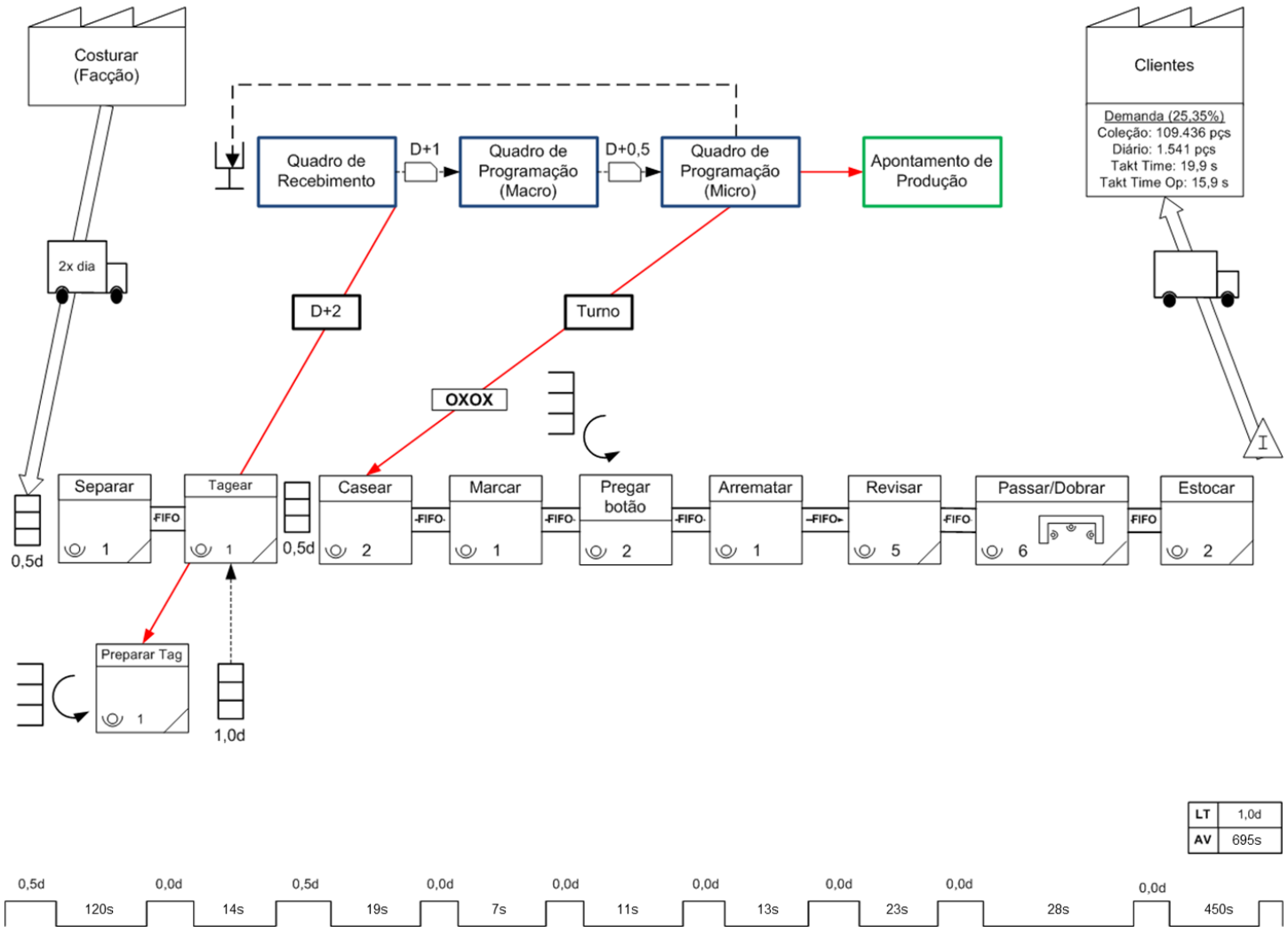

Figura 34 – Mapa de Fluxo de Valor da situação implantada no processo de Acabamento e Garantia de qualidade

V. Implantação de *milk run* e sistema de gerenciamento das facções

Objetivos

- Reduzir *lead time* médio de entrega das facções
- Aumentar a pontualidade das entregas e os níveis de qualidade das facções

Situação pré-implementação

A operação de costura das peças realizada por terceirizados (facções) apresentava o maior *lead time* médio entre todos os processos, representando um importante ponto de melhoria. Ao analisar essa etapa mais detalhadamente observou-se que havia grande variação no *lead time* de entrega. Ou seja, as facções não respeitavam o FIFO (*first in, first out*) produzindo primeiro os produtos que fossem mais convenientes. Além disso, percebeu-se a ocorrência de picos de entrega em datas próximas ao fechamento de mês, comportamento estimulado pela regra estabelecida para pagamento dos terceirizados, baseada na contabilização mensal da produção. Nesses períodos, o *lead time* médio era consideravelmente mais baixo do que no restante do mês, indicando potencial de melhoria.

É interessante ressaltar que as entregas e coletas de novos lotes a serem produzidos eram de responsabilidade dos terceirizados. Esse fato facilitava as variações nas entregas apresentados anteriormente. Além disso, outro efeito negativo causado era que muitas vezes as pessoas responsáveis por realizar as entregas eram responsáveis pelo gerenciamento da facção ou, em alguns casos, até pela operação. Isso obviamente causava perdas de produtividade.

Com relação à distribuição de carga entre os terceirizados, observou-se que não havia uma visão clara da capacidade de cada oficina da costura. Ou seja, a capacidade real de produção era definida de forma empírica e com pouco embasamento em dados. Além disso, o desempenho de entrega das facções não era utilizado de forma consistente para se decidir a distribuição. Dessa forma, terceirizados que apresentavam constantes atrasos continuavam recebendo novas demandas, às vezes, antes mesmo de entregar os lotes que estavam atrasados.

Por fim, é interessante ressaltar que o desempenho relativo aos níveis de pontualidade e qualidade eram consideravelmente melhorados em resposta a planos de incentivos que eram desenhados e lançados em caráter emergencial para permitir a entrega dos produtos em determinados momentos de algumas coleções.

Situação pós-implementação

Um sistema de *milk run* para envio e recebimento dos lotes de produção foi estabelecido entre a empresa e todas as facções. Nessa nova configuração a empresa era responsável pelo transporte dos produtos, em contraste à forma anterior, onde os fornecedores eram responsáveis pelo fornecimento. Uma representação esquemática dessa mudança pode ser observada na Figura 35. O sistema de transporte de *milk run* eliminou o deslocamento do pessoal das oficinas de costura e implantou um senso de ritmo para todos os terceirizados, pois havia uma frequência definida de passagem para entrega de novos lotes de produção e coleta dos produtos finalizados. Caso os produtos não estivessem prontos no prazo, os lotes não eram entregues e eram redirecionados para outro terceirizado. De forma complementar, quadros foram implantados na área responsável pelo gerenciamento dos terceirizados da empresa para facilitar a gestão visual das entregas. Além disso, a implantação desse sistema dependia de uma melhor visão da capacidade dos fornecedores, por isso a definição da capacidade produtiva das facções foi reavaliada de acordo com parâmetros quantitativos (histórico de produção) e qualitativos (expectativas de aumento ou redução de capacidade de cada terceirizado). Esses procedimentos reduziram consideravelmente o *lead time* médio das facções e elevaram os níveis de pontualidade e qualidade observados.

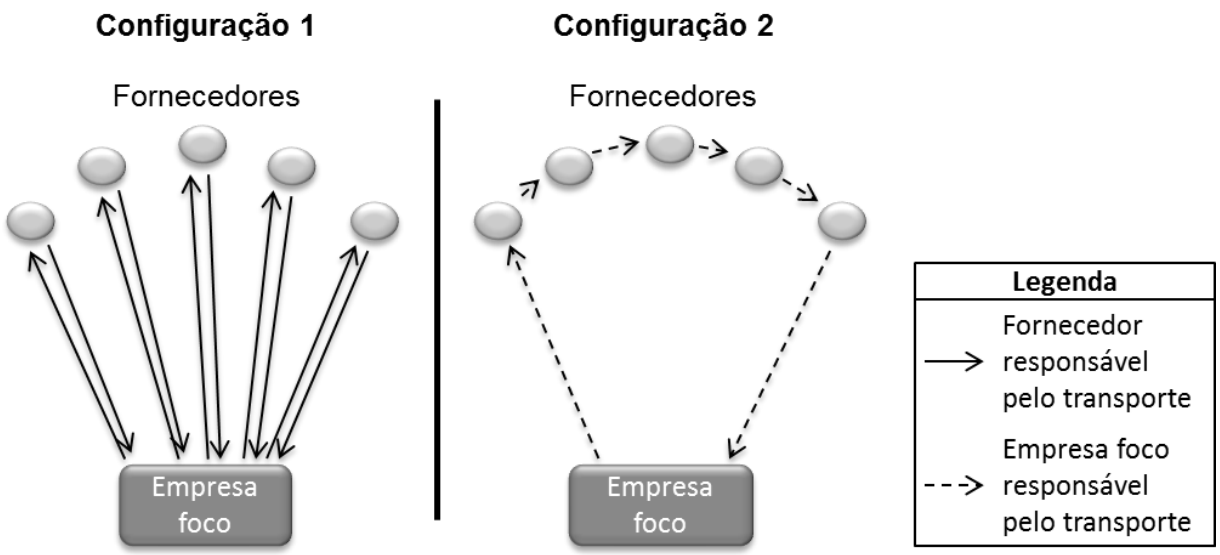

Figura 35 – Comparação esquemática entre a forma de transporte anterior e a implantada

Além do novo processo para coleta e entrega de materiais, um sistema de medição e gerenciamento do desempenho foi implantado. O objetivo era utilizar procedimentos simples para medir consistentemente os níveis de pontualidade e qualidade praticados, fornecendo insumos para que fossem desenhados planos de ação com base no entendimento das causas de desvios em relação aos padrões estabelecidos. Dessa forma, análises revelavam as principais causas de atraso e de problemas de qualidade que eram tratadas em reuniões mensais para discussão de desempenho. Um exemplo do quadro de medição desenvolvido está representado na Figura 36, observa-se o *ranking* de desempenho de todas as facções definido através de padrões de desempenho e faixas de pontuação para tornar o conceito mais claro e simples de ser apresentado para os fornecedores. Por fim, os planos de incentivos que aconteciam de forma esporádica foram institucionalizados e estabelecidos de acordo com o desempenho nesses indicadores.

Fornecedores	Dias Médios de Atraso	Nota Pontualidade	% Reenvio	Nota Qualidade	Nota Final
Facção 1	0,9	10,0	1,00%	10,0	10,0
Facção 2	2	7,5	2,20%	10,0	8,8
Facção 3	1,7	7,5	1,00%	10,0	8,8
Facção 4	1	10,0	4,10%	7,5	8,8
Facção 5	1,1	7,5	0,10%	10,0	8,8
Facção 6	1,9	7,5	0,90%	10,0	8,8
Facção 7	0,9	10,0	8,20%	5,0	7,5
Facção 8	2,7	5,0	1,90%	10,0	7,5
Facção 9	2,3	5,0	1,70%	10,0	7,5
Facção 10	2,3	5,0	0,50%	10,0	7,5
Facção 11	2,9	5,0	1,50%	10,0	7,5
Facção 12	3	5,0	0,70%	10,0	7,5
Facção 13	2,3	5,0	1,60%	10,0	7,5
Facção 14	3,2	5,0	1,70%	10,0	7,5
Facção 15	1,3	7,5	5,40%	5,0	6,3
Facção 16	3,8	5,0	4,90%	7,5	6,3
Facção 17	3,3	5,0	5,00%	5,0	5,0
Facção 18	9	0,0	0,00%	10,0	5,0
Facção 19	2,3	5,0	8,70%	5,0	5,0
Facção 20	3,3	5,0	8,30%	5,0	5,0
Facção 21	1,9	7,5	18,70%	0,0	3,8
Facção 22	2,1	5,0	25,80%	0,0	2,5

Figura 36 – Exemplo de medição de desempenho desenvolvida para facções

VI. Reorganização do macro *layout* da fábrica

Objetivos

- Reduzir *lead time* de produção através da redução de transporte entre os processos;
- Facilitar a gestão visual do processo produtivo.

Situação pré-implementação

Como apresentado anteriormente na Figura 19, observou-se que o *layout* do processo produtivo existente não estava orientado para o fluxo de produção, dificultando o transporte de material e consequentemente facilitando a criação de lotes intermediários entre os processos. O distanciamento entre processos fornecedores e clientes existentes nesse *layout* também dificultava a gestão visual da produção, na medida em que uma etapa fornecedora não possuía visão clara sobre a quantidade de estoque existente na etapa cliente.

Situação pós-implementação

O *layout* implantado pode ser observado na Figura 37, onde está ressaltado o diagrama de espaguete da principal família de produtos. O projeto do novo arranjo físico foi realizado durante alguns meses, envolveu a interação de diversas pessoas chave da empresa e o uso de ferramentas e conceitos específicos. Porém, esse processo não será detalhado por não ser o foco desse trabalho.

Na Figura 37 é possível observar que o fluxo implantado é muito mais linear e aproxima as etapas subsequentes. Além disso, percebe-se que as áreas de cada operação são mais facilmente identificadas e que corredores para circulação na fábrica foram implantados. Essas mudanças facilitaram a gestão visual da fábrica e resultaram na redução do tempo de atravessamento de diversos processos, como pode ser observado na Figura 38.

Por fim, é importante ressaltar que os processos de Acabamento e Garantia de Qualidade, assim como o estoque de produtos acabados, foram transferidos para

outra unidade recém-construída. O arranjo físico dessa nova área não é apresentado, pois o *layout* dos processos transferidos manteve-se essencialmente o mesmo. É importante ressaltar que esses processos foram os escolhidos para serem transferidos porque isso não causaria aumento no *lead time* de produção devido a um aumento de transporte de materiais, dado que os lotes de produção já seriam transportados para as facções de qualquer forma. Por fim, ressalta-se que grande parte da área liberada pela transferência dessas operações foi utilizada para ampliação do estoque de matéria-prima e criação de uma área de expansão para o processo de Corte.

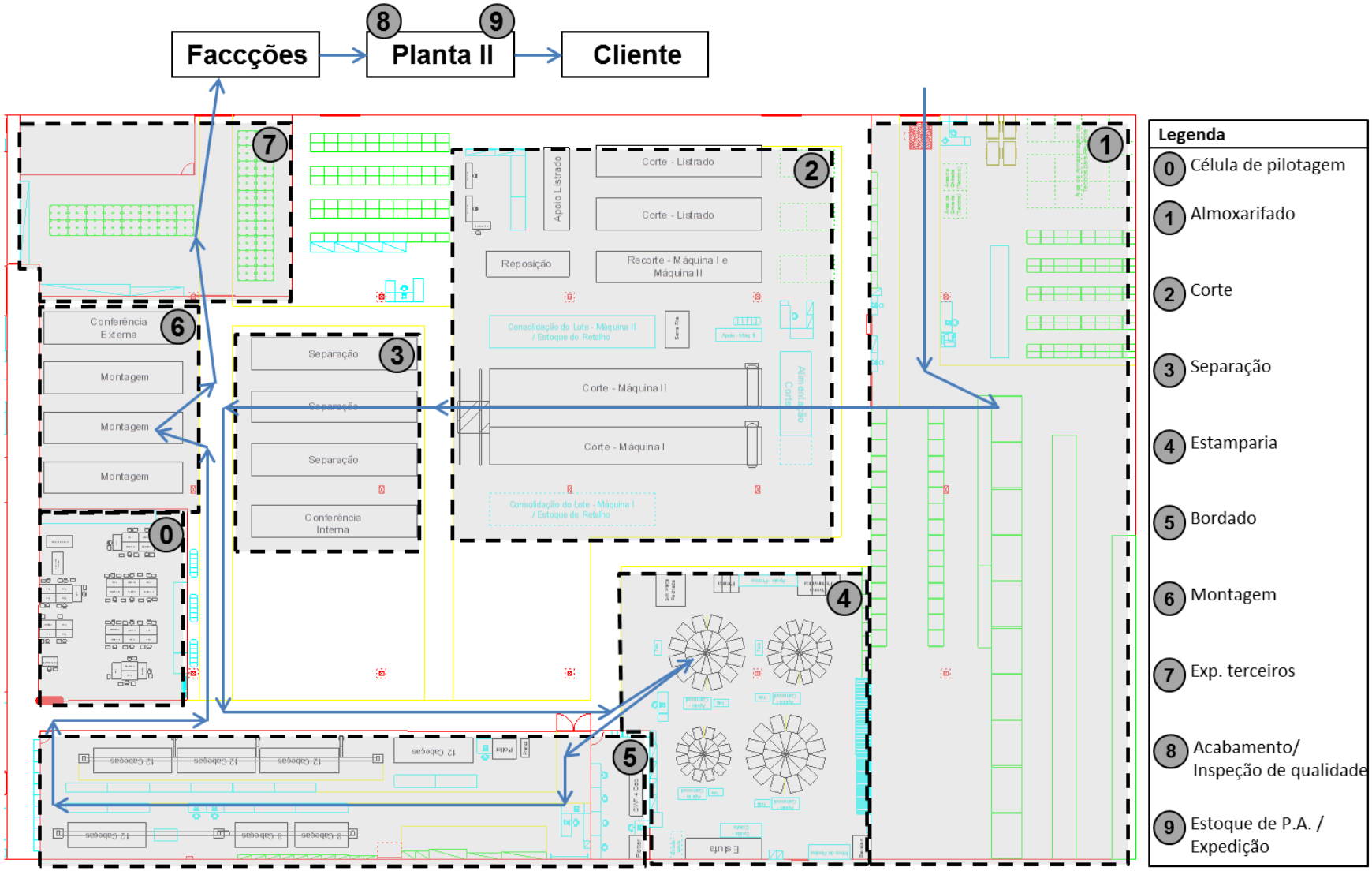

Figura 37 – *Layout* implantado

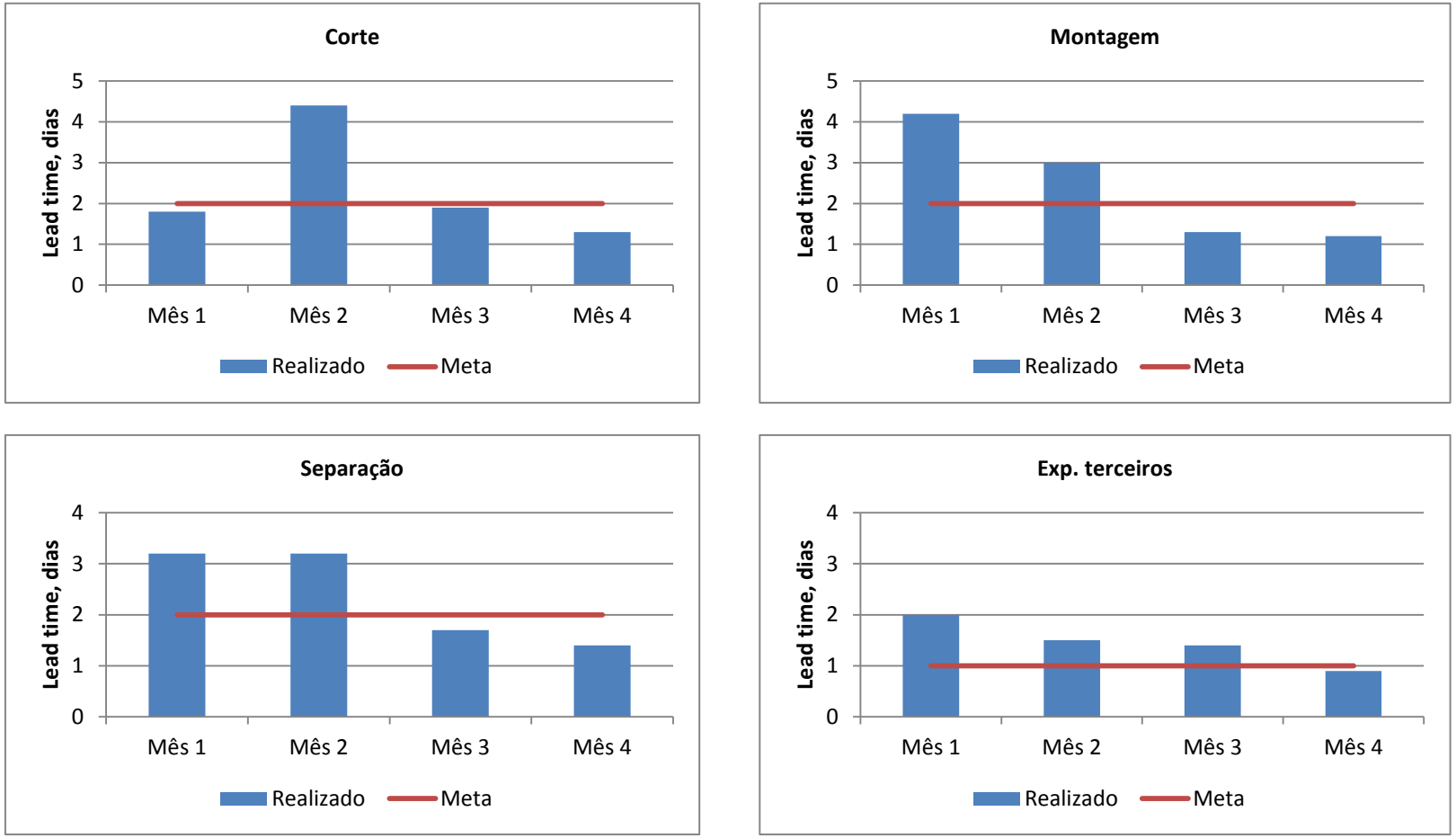

Figura 38 – Impacto da alteração do *layout* no *lead time* dos processos

3.7. Controle e sustentabilidade da situação implementada

O desenho, planejamento e implementação de todas as iniciativas apresentadas anteriormente contaram com intensa participação da equipe do projeto e de outras pessoas chave das diversas áreas da empresa. Isso permitiu adequar os conceitos observados em referências bibliográficas à realidade da empresa e facilitou a sustentabilidade das iniciativas. Além disso, visando intensificar a participação de pessoas da empresa no gerenciamento dos novos processos implantados, os últimos quatro meses do projeto foram dedicados somente à sustentabilidade das iniciativas implantadas, com participação mais intensa das pessoas da empresa e menor presença da equipe externa de apoio, que incluía o autor desse trabalho.

Para facilitar a sustentabilidade, foram criadas folhas padrão de checagem dos principais pontos implantados nas diversas áreas da empresa para realização de auditorias internas, que eram feitas com frequência definida e tinham os resultados apresentados e discutidos entre as pessoas responsáveis da empresa. Além disso, os processos de planejamento de compra e programação da produção foram sistematizados através da implantação de um software que foi desenhado com base nos conceitos apresentados anteriormente.

3.8. Apresentação e análise dos resultados

A implantação realizada apresentou resultados significativos nas principais dimensões definidas pela empresa no início do projeto. A Figura 39 apresenta a evolução dos indicadores-chave definidos e ressalta esse ponto. O único indicador que possui histórico somente da coleção de Inverno é o de sobra de matéria-prima. Isso aconteceu por um problema com a compilação de dados da empresa, mas não afeta as análises apresentadas a seguir.

É interessante observar que os novos processos permitiram melhorar o nível de entrega ao cliente ao mesmo tempo em que se reduziam os custos da empresa na medida em que as sobras eram substancialmente reduzidas. Além disso, ressalta-se a importância da implantação de todas as iniciativas descritas anteriormente para a obtenção de resultados significativos. Isso mostra que os processos implantados eram complementares e se auto reforçavam. Esse fato fica claro ao se observar que os indicadores melhoraram de forma consistente, mas apresentaram melhoria significativa após a implantação de todas as iniciativas, representados pelos valores obtidos no ano de 2012. Esse é o ano onde todas as iniciativas já estavam completamente implantadas. O ano de 2010, por outro lado representa um período onde o projeto já havia iniciado, mas ainda estava na fase de análise da situação da empresa ou envolveu a implantação de poucas iniciativas.

Também se ressalta que os desempenhos nos diversos indicadores estão relacionados entre si. Nesse sentido, melhores níveis de pontualidade geram menos cancelamentos de pedidos, reduzindo as sobras de produtos acabados. Além disso, melhores níveis de atendimento também reduzem as sobras, pois muitas vezes as peças que não foram entregues no pedido já haviam sido programadas, porém não chegaram ao estoque a tempo de serem entregues.

Porém, se percebe que não foram todos os indicadores que apresentaram melhores resultados em todas as coleções. Como é o caso dos indicadores de pontualidade na coleção de Verão, de atendimento na coleção de Inverno e de sobra de produto acabado na coleção de Primavera, todos no ano de 2011. Esses desvios foram o resultado de situações circunstanciais ocorridas (por exemplo, atrasos na

entrega de matérias-primas importantes) e revelaram alguns problemas pontuais no sistema que foram corrigidos para as coleções do ano de 2012.

Outro ponto interessante que deve ser ressaltado é a sustentabilidade da implantação. Esse fato é conhecido, pois diversos contatos foram realizados com a equipe interna após o término do projeto, os quais informaram a situação e evolução dos processos. O resultado da sustentabilidade fica evidente ao se observar os indicadores do projeto, os quais continuaram evoluindo mesmo após o término das implantações.

Por fim, ressalta-se a importância da função estruturante que os processos implantados possuíram na empresa. Nesse sentido, a empresa continuou apresentando crescimento expressivo nas vendas (mais de 20% ao ano), ao mesmo tempo em que observava melhoria consistente nos seus indicadores operacionais.

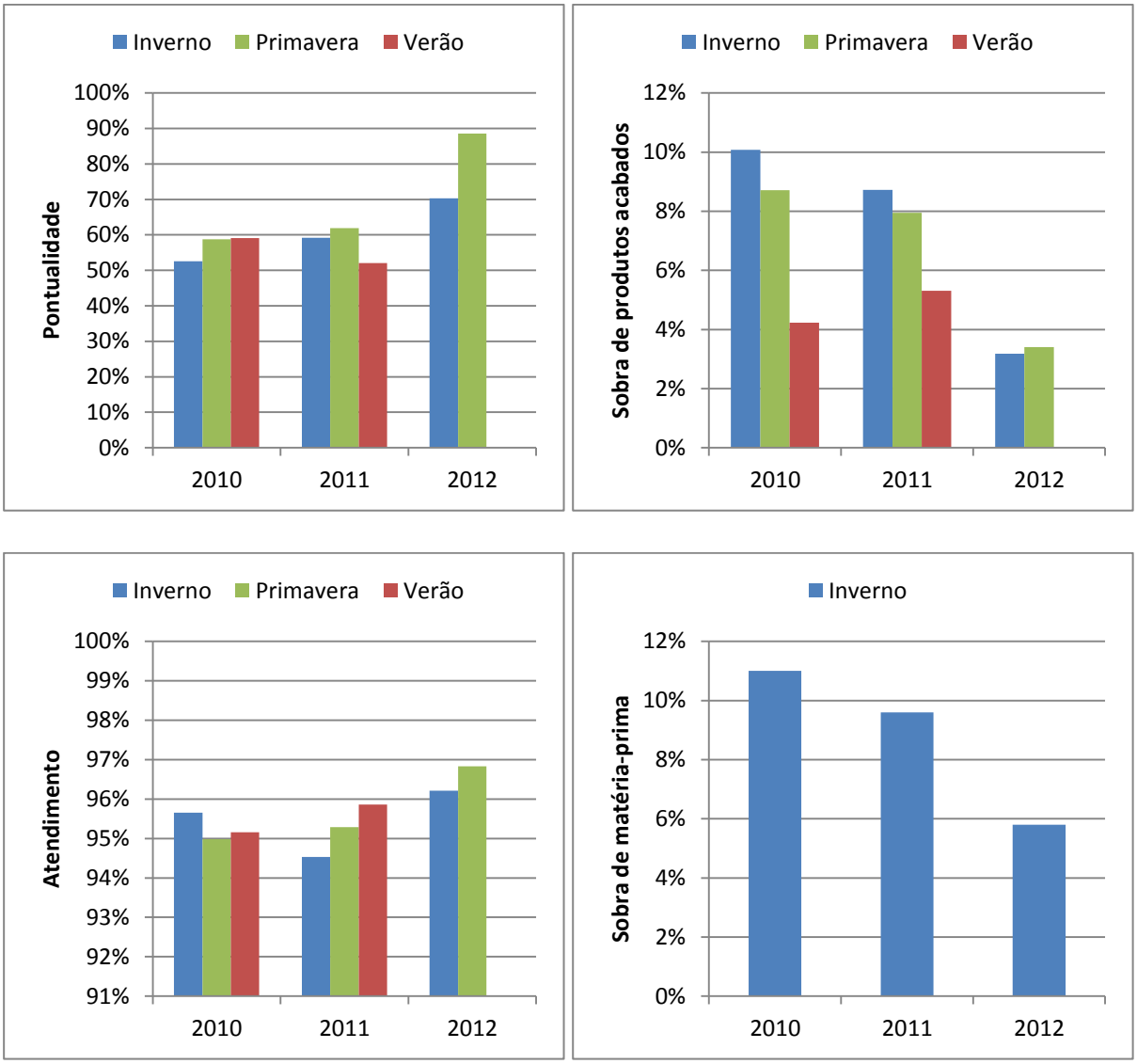

Figura 39 – Evolução dos resultados obtidos no projeto

3.9. Simulação de aplicação de *postponement*

As iniciativas implementadas na empresa e apresentadas anteriormente em detalhes exigiram poucos investimentos e não alteraram o desenvolvimento dos produtos ou a forma como a produção era realizada. Mesmo assim, permitiram a obtenção de resultados expressivos. Porém, ainda havia espaço para melhoria, tanto nos indicadores apresentados anteriormente quanto no prazo de entrega fornecido para o cliente, que apesar de ser competitivo, vinha sofrendo demandas por redução. Nesse sentido, os resultados poderiam ser consideravelmente alavancados através da aplicação da técnica de *postponement.* Essa iniciativa não foi implementada na empresa, mas devido a seu potencial de resultado, uma possível forma de aplicação e suas consequências, principalmente no processo produtivo, serão discutidas a seguir.

Conforme apresentado na revisão bibliográfica desse texto, o *postponement* consiste em mover o ponto de entrada do pedido do cliente (ou "ponto de desacoplamento") o mais fluxo abaixo possível e pode ser aplicado na empresa foco desse trabalho através de modificações em características do produto e do processo. Uma configuração possível seria utilizar matérias-primas próprias para serem tingidas posteriormente (tecidos PT) e, dessa forma, só definir a cor do produto em um momento mais próximo da entrega para o cliente. Esse método é utilizado por algumas grandes empresas do setor conforme apresentado anteriormente e permitiria a obtenção de diversos benefícios que serão apresentados a seguir, porém também envolveria considerável mudança nos processos da empresa, além de riscos quanto à aceitação dos clientes.

A Figura 40 apresenta o processo produtivo atual e dois possíveis cenários de aplicação do *postponement*, ressaltando-se o ponto onde ocorre a entrada do pedido e o *lead time* de entrega para o cliente. Nos dois cenários, a operação de costura foi movida fluxo acima, para uma posição anterior ao ponto de desacoplamento, o qual sempre está localizado antes da etapa de tingimento e é precedido por um supermercado de produtos semiacabados. As implicações dessas alterações e as diferenças entre os dois cenários serão discutidas a seguir.

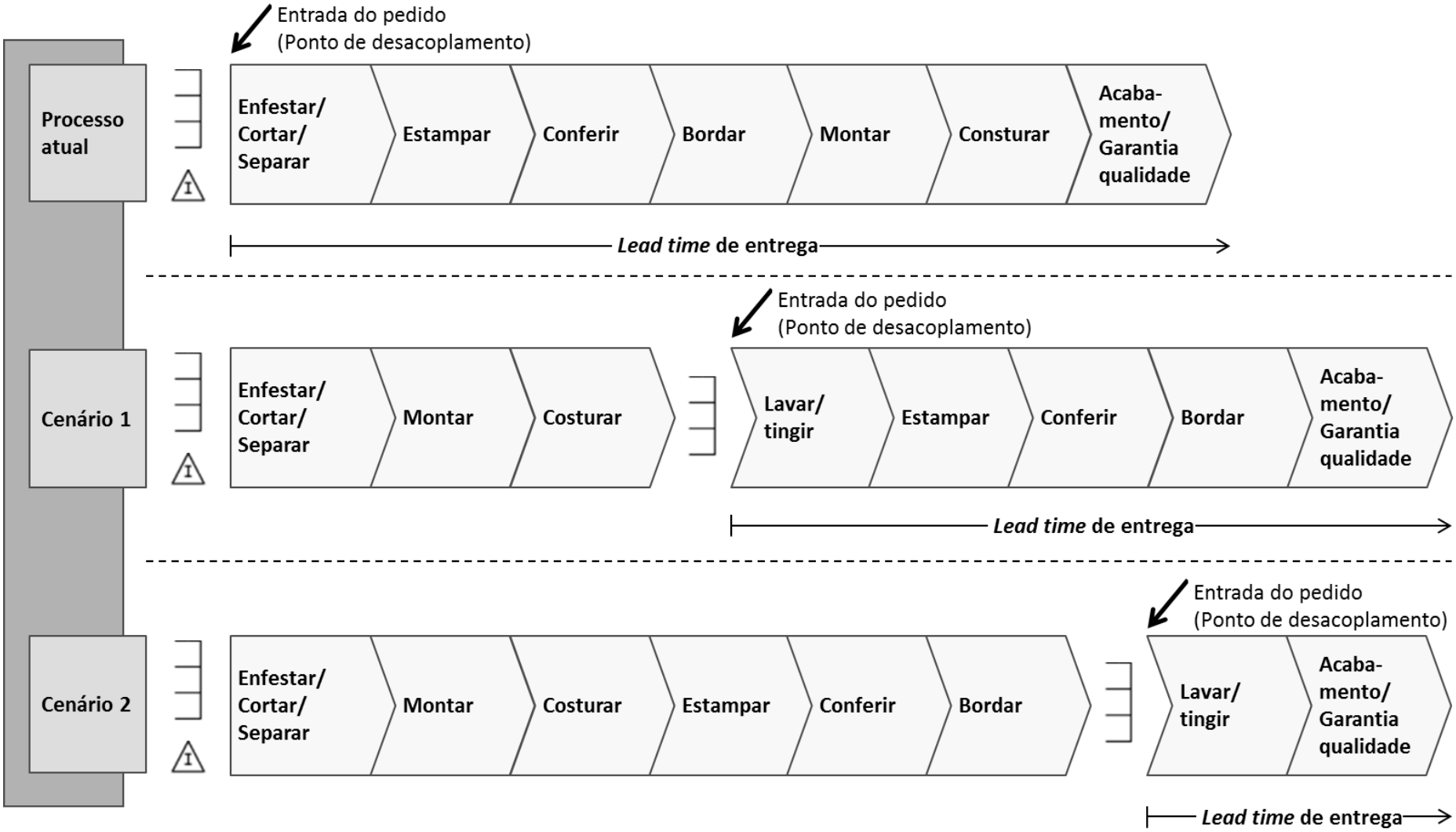

Figura 40 – Cenários possíveis para aplicação de *postponement*

O primeiro benefício, que não está tão evidente, é a possibilidade de maior nivelamento de volume nos processos fluxo acima do ponto de desacoplamento. Isso acontece porque o supermercado de produtos acabados atuaria como um amortecedor da variação da demanda, permitindo que os processos fluxo acima operassem de forma mais eficiente, buscando atender um nível de demanda mais estável. Dessa forma, em períodos de alta demanda (tipicamente no meio da coleção) o supermercado teria uma taxa de consumo maior do que a taxa de suprimento, porém o inverso ocorreria em períodos de menor demanda (tipicamente no início ou fim da coleção). O interessante é observar que isso só poderia ser feito caso os produtos semiacabados possuíssem um ciclo de vida mais longo do que somente uma coleção. Esse ponto constitui a primeira diferença entre os dois cenários, já que no Cenário 1 o supermercado de semiacabados seria constituído por produtos com menor grau de diferenciação, que ainda não teriam passado pelos processos de Estampar ou Bordar. Dessa forma, esses produtos semiacabados teriam maior probabilidade de serem utilizados em coleções posteriores. Porém, isso não implica que o Cenário 2 é inviável, sendo que ele poderia ser uma alternativa interessante para produtos relativamente mais estáveis, onde as operações de Bordar e Estampar são menos relevantes, de forma que a maior diferenciação ocorre na cor do produto final.

Outro benefício relevante seria a redução do *lead time* de entrega, permitindo considerável redução no prazo de entrega para o cliente ou no estoque de produtos acabados. Nesse sentido, dependendo do prazo de entrega estabelecido seria possível até eliminar o estoque de produtos acabados. A redução no *lead time* de entrega é consequência direta da mudança de posição do ponto de entrada do pedido e o seu resultado esperado pode ser observado na Figura 41. Percebe-se que o impacto seria relevante, onde o Cenário 1 permitiria uma redução de 30% no *lead time* de entrega atual e o Cenário 2, mais de 60% de redução.

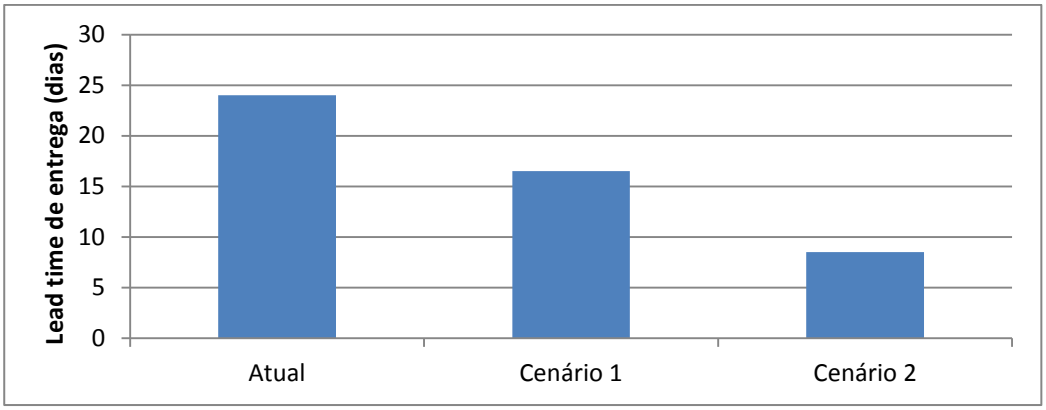

Figura 41 – Impacto da aplicação de *postponement* no *lead time* de entrega

Outro benefício da aplicação do *postponement* está relacionado à melhoria de assertividade no processo de compra de matéria-prima devido à redução da variedade resultante da eliminação da necessidade de comprar tecidos de diferentes cores. Essa consolidação de demanda em menos produtos, apresentada anteriormente como *pooling effect,* resultaria em menos variação de demanda e, conforme já discutido anteriormente, em menos erros de previsão. Isso permitiria reduções na sobra de matérias-primas e nas faltas que causam atrasos na programação de produção. Além disso, provavelmente grande parte das matérias-primas teriam ciclos de vida grandes o suficiente para serem controladas através do sistema puxado de reposição apresentado anteriormente, permitindo-se expandir ainda mais os benefícios descritos.

Para ilustrar a redução de variedade nas matérias-primas, foi feita uma simulação considerando que todos os produtos de determinado tecido seriam comprados sem cor (na forma PT). O grupo de tecidos escolhido era matéria-prima para aproximadamente 40% dos produtos da empresa e, devido as suas características, teria grande potencial de aplicação dos conceitos apresentados. Nesse caso, a alteração da compra de tecidos coloridos para tecidos para serem tingidos posteriormente reduziria a variedade de matérias-primas de 47 para 14. Uma alteração dessa magnitude tenderia a reduzir em 46% a variação de demanda dessas matérias-primas, segundo a regra do *pooling effect* apresentada na revisão bibliográfica.

Através da aplicação do *postponement*, os benefícios do *pooling effect* também seriam estendidos para outros processos. Pois a consequente postergação da diferenciação dos produtos no fluxo produtivo reduziria a variedade de produtos em diversos processos, reduzindo a complexidade de gestão e a quantidade de *setups* necessários. Assim, permitindo lotes de produção ainda menores e com produção mais frequente. Para ilustrar esse fato, realizou-se uma simulação considerando os produtos resultantes do mesmo grupo de tecidos descrito anteriormente e analisou-se a variedade de produtos que deveria ser manufaturada em cada etapa do fluxo de materiais. O resultado da situação atual, do Cenário 1 e do Cenário 2 apresentados anteriormente, podem ser observados na Figura 42. É interessante observar que somente algumas etapas efetivamente aumentam a variedade de produtos existentes. Esses são os processos de Corte, que define a modelagem da peça, as operações de Estamparia e Bordado, que definem a superfície da peça e, no caso dos Cenários 1 e 2, a etapa de Tingimento, que definiria a cor da peça.

A Figura 42 também ressalta a quantidade de SKUs que seria considerada no supermercado de produtos semiacabados no Cenário 1 e Cenário 2. Esses são os produtos que estão apresentados na etapa imediatamente anterior à de Lavar/Tingir. É interessante observar que, em ambos os cenários, o número de SKUs seria consideravelmente menor do que a quantidade que deve ser controlada atualmente no estoque de produtos acabados. Dessa forma, o p*ooling effect* também teria impacto positivo no dimensionamento do supermercado de produtos semiacabados.

Por fim, ressalta-se que os dois cenários apresentados poderiam ser aplicados em paralelo na empresa, dependendo da característica do produto e dos objetivos pretendidos. Nesse sentido, o Cenário 1 implicaria em menos produtos semiacabados no supermercado e com um ciclo de vida possivelmente maior, reduzindo a complexidade de planejamento e controle do supermercado. Por outro lado, o Cenário 2 permitiria a obtenção de um *lead time* de entrega consideravelmente menor, permitindo provavelmente a eliminação do estoque de produtos acabados.

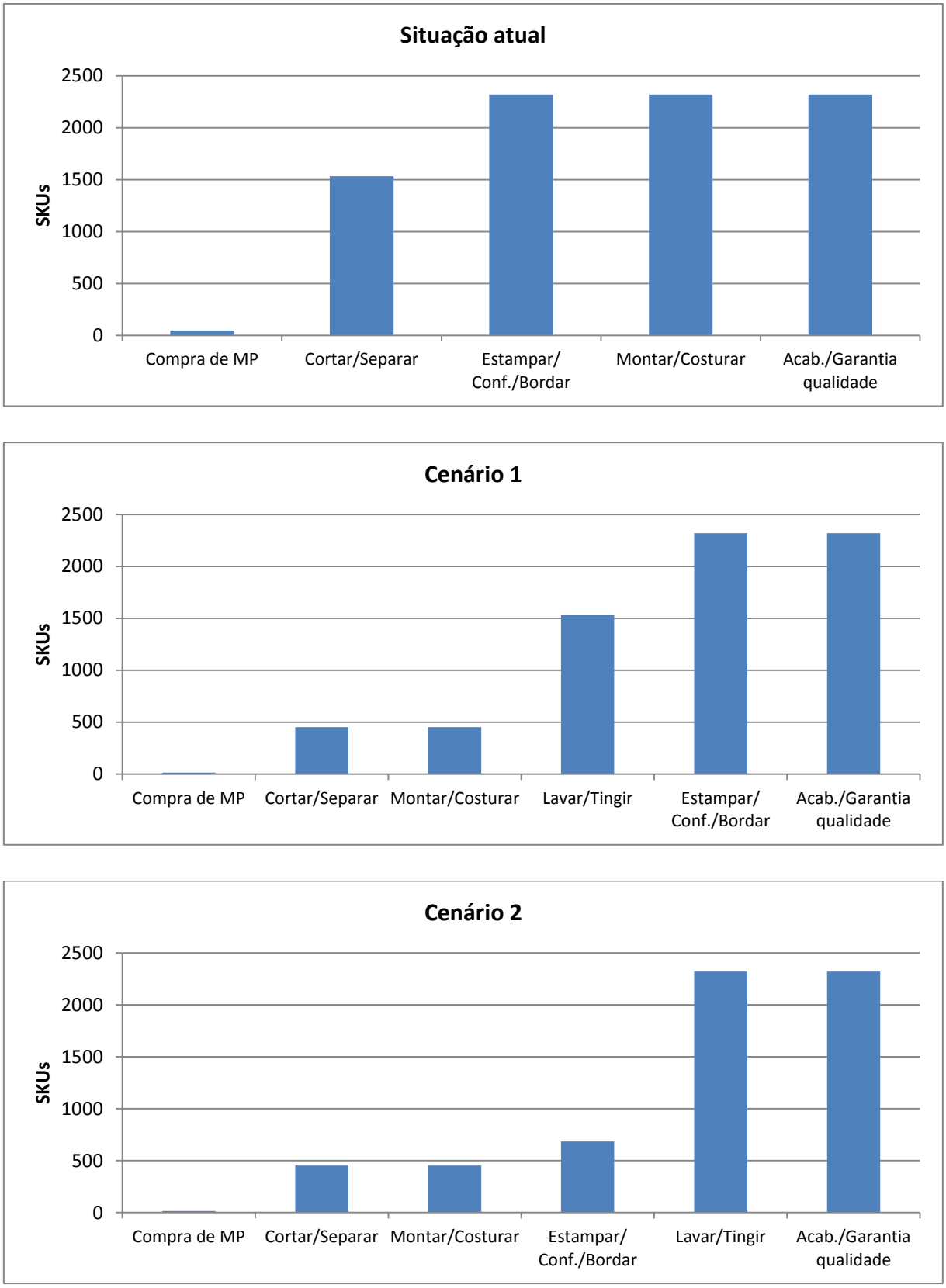

Figura 42 – Impacto da aplicação de *postponement* na redução de variedade de produtos por processo

4. Considerações Finais

A demanda dos consumidores por maior variedade e o elevado ritmo de introdução de novos produtos têm ampliado a tendência de aumento de *mix* e redução do ciclo de vida de produtos em diversos setores da economia. Nesses casos, as características imprevisíveis da demanda restringem o uso de previsões, fazendo com que um dos maiores desafios seja gerenciar a cadeia de suprimentos para maximizar a disponibilidade ao mesmo tempo em que a sobra é minimizada. Nesse sentido, as práticas de manufatura que podem permitir tal desempenho e as relações entre as características do ambiente, as práticas de manufatura e os resultados observados pelas empresas foram discutidas nesse trabalho.

Quanto ao alcance dos objetivos propostos, o objetivo secundário foi abordado na revisão bibliográfica, que explorou a relação entre as características desse ambiente, as práticas de manufatura e os resultados operacionais, sintetizando as observações na Figura 2. O objetivo primário foi explorado ao longo do trabalho, e diversas das práticas de melhoria foram identificadas nas teorias de manufatura enxuta e manufatura ágil (Figura 12, Figura 13 e Figura 14), sendo que suas aplicações e resultados obtidos foram analisados através do estudo das práticas utilizadas pela Zara/Inditex e da pesquisa-ação em uma empresa de vestuário de moda. Nesse sentido, a Tabela 9 apresenta um resumo das principais práticas de melhoria observadas e aplicadas, facilitando a comparação entre elas. Principalmente, foi possível observar que práticas de melhoria de manufatura que permitam a redução dos lotes de produção, do *lead time* de manufatura e de sua variabilidade podem ser utilizadas para encurtar o tempo de resposta à demanda, favorecendo os resultados das empresas inseridas nesses ambientes. Também é interessante observar que as práticas descritas são relativamente independentes, mas oferecem resultados superiores quando aplicadas em conjunto. Esse fenômeno foi observado na análise dos resultados da pesquisa ação. Nesse sentido, os resultados positivos obtidos permitem concluir que práticas de melhoria provenientes da manufatura enxuta e da manufatura ágil podem ser utilizadas em conjunto para adequar o processo de planejamento e produção aos desafios desse novo cenário, permitindo a obtenção de melhores resultados operacionais. Esse ponto é

particularmente relevante, pois reforça o conceito de que práticas provenientes de dois paradigmas de manufatura diferentes podem ser utilizadas em conjunto potencializando os resultados obtidos. Além disso, suporta a ideia de que a manufatura enxuta pode ter sua aplicação expandida para setores da economia que possuem características consideravelmente diferentes à tradicional aplicação na cadeia automobilística.

Tabela 9 - Análise das práticas de melhorias observadas e aplicadas

Principais práticas de melhoria observadas	**Teoria da manufatura enxuta**	**Teoria da manufatura ágil**	**Zara/Inditex**	**Pesquisa ação: Indústria de vestuário de moda**
Reduzir tamanho dos lotes de planejamento e produção	■	■	■	■
Reduzir tempos de *setup*	■	■		
Promover um fluxo de peças unitárias	■	■	■	■
Projetar o *layout* orientado para o fluxo	■			■
Utilizar sistemas puxados	■		■	■
Aumentar flexibilidade do maquinário produtivo	■	■	■	
Utilizar times multifuncionais e com *empowerment*	■	■	■	■
Praticar o *postponement*		■	■	■
Melhorar níveis de qualidade e utilizar inspeção na fonte (*Poka-Yoke*)	■	■		
Aumentar confiabilidade e manutenabilidade do maquinário	■	■		

Por ouro lado, é importante ressaltar que as técnicas apresentadas necessitaram de algumas adaptações em relação a seus conceitos usualmente encontrados na literatura e enfrentaram algumas resistências durante a implementação. Esses pontos foram citados durante a descrição da pesquisa-ação, mas serão discutidos mais profundamente a seguir.

Dentre as adaptações realizadas, destaca-se a aplicação do sistema puxado e do nivelamento de mix e produção. No caso do sistema puxado, observou-se que esse conceito poderia ser utilizado para os produtos com maior ciclo de vida, mas não teria sucesso se aplicado a todos os produtos, pois a baixa previsibilidade e a

alta variabilidade da demanda de produtos com curto ciclo de vida não permitiriam um planejamento e operação eficientes de um sistema puxado tradicional. Essa diferenciação dos produtos foi essencial para a obtenção de bons resultados. No caso de nivelamento de mix e produção, notou-se que o mix poderia ser mais facilmente definido, mas era necessário manter certa flexibilidade sobre a quantidade que seria produzida para que essa não se distanciasse muito da demanda observada, evitando a geração de estoque além do planejado. Adaptações como essas não desvirtuam os conceitos como são tradicionalmente conhecidos e aplicados, mas são muito importantes para o sucesso da implementação e da sustentabilidade em ambientes diferentes aos usuais.

Dentre os processos que sofreram mais resistência à transformação, destacam-se a implantação do fluxo contínuo no Acabamento/Garantia de Qualidade e do *milk run* e sistema de gerenciamento das facções.

No caso do fluxo contínuo, a proposta de alteração do *layout* e redução dos lotes de produção e níveis de estoque entre processos enfrentaram bastante resistência da supervisora responsável. O principal receio era que os menores lotes gerassem ociosidade em algumas estações de trabalho e reduzissem a produtividade. Temia-se também que a grande variedade de produtos inviabilizasse a produção em fluxo contínuo. Para contornar essa situação foi essencial envolver profundamente a supervisora no desenvolvimento do conceito e implantação. Todas as propostas de modificações eram testadas previamente com ela e a implantação foi feita sob sua supervisão. Esse processo de alinhamento atrasou um pouco a implantação e fez com que algumas mudanças mais agressivas não fossem implantadas em um primeiro momento, mas o senso de propriedade adquirido pela supervisora foi fundamental para garantir a aceitação da mudança por sua equipe e a sustentabilidade da transformação.

Por sua vez, o início da implementação do sistema de *milk run* e gerenciamento das facções sofreu considerável resistência de grande parte dos terceirizados. Nesse caso, um dos receios era que a redução de lotes de produção causada pelas entregas e coletas mais frequentes iria afetar a produtividade devido a maior necessidade de *setups* e inviabilizar o atingimento das metas de produção. Outro ponto de oposição era a crença de que o controle mais rígido e indicadores de

acompanhamento implementados seriam utilizados para penalizar os terceirizados. Portanto, para garantir a aderência das facções, um *workshop* foi organizado com os donos dessas empresas para se esclarecer o conceito projetado antes do início da implementação. O objetivo era apresentar em detalhes o que seria feito, sanar dúvidas e ouvir sugestões de melhoria. Essa reunião foi repetida após aproximadamente um mês de implementação para discutir os resultados obtidos e oportunidades de adaptações. Dessa forma, o comprometimento dos terceirizados foi obtido na medida em que eles se sentiram incluídos no desenvolvimento dos conceitos e observarem que a nova forma de trabalho aumentou a produtividade da equipe e facilitou a logística. Além disso, essas interações foram fundamentais para mostrar que os indicadores de acompanhamento possuíam como principal objetivo a identificação de oportunidades de melhoria e não a punição das fações.

Por fim, pode-se dizer que a principal contribuição dessa pesquisa é a apresentação detalhada das práticas de melhoria de manufatura que podem ser utilizadas para lidar com os desafios inerentes a ambientes com imprevisibilidade de demanda e curto ciclo de vida de produtos. Outra contribuição é a descrição do processo de implantação realizado para se adequar a manufatura aos desafios indicados. Dessa forma, a importância da aplicação dessas práticas de melhoria de manufatura é ressaltada e a replicação desses conceitos em outras empresas ou setores da economia é facilitada.

Trabalhos futuros podem incluir a análise detalhada da aplicação desses conceitos em outras indústrias ou a realização de *surveys* que permitam o relacionamento mais abrangente entre os ambientes em que as empresas estão inseridas, suas práticas de manufatura e seus resultados operacionais. Além disso, outro possível tema para a evolução desse assunto consiste na análise da expansão dos conceitos apresentados para o âmbito da cadeia de suprimentos como um todo, ampliando-se o escopo de estudo. Por fim, outro tópico extremamente importante nesse ambiente de curto ciclo de vida de produtos e que pode ser explorado mais profundamente é o processo de desenvolvimento de produtos. Nesse sentido, é interessante considerar quais conceitos e ferramentas podem ser utilizados para permitir a rápida introdução de produtos, mantendo-se o alinhamento com as práticas de manufatura apresentadas.

REFERÊNCIAS[5]

ABERNATHY, F.; DUNLOP, J.; HAMMOND, J.; WEIL, D. **A stitch in time**: lean retailing and the transformation of manufacturing – lessons from the apparel an textile industries. New York: Oxford University Press, 1999.

AGARWAL, A.; SHANKAR, R.; TIWARI, M. Modeling agility of supply chain. **Industrial Marketing Management**, v. 36(4), p. 443-457, 2007.

BAUDIN, M. **Working with machines**: the nuts and bolts of lean operations with Jidoka. New York: Productivty Press, 2007

BENETTON. **Annual report 2010**, Ponzano Veneto (Treviso), 2011a.

BENETTON, 2011b. Disponível em: < http://www.benettongroup.com/en/home.htm>. Acesso em: 30 out. 2011b.

BERNARDES, E.; HANNA, M. A theoretical review of flexibility, agility and responsiveness in the operations management literature. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 29, p. 30–53, 2009.

BERVIAN, P. A.; CERVO, A. L. **Metodologia Cientifica**:- para uso de estudantes universitários. 3 Ed. São Paulo: McGraw-Hill,1983.

BOOTH, R. Agile manufacturing, **Engineering Management Journal**, v. 6, n. 2, p. 105-112, 1996.

BROWN, S.; BESSANT, J. The manufacturing strategy-capabilities links in mass customization and agile manufacturing—an exploratory study. **International Journal of Operations and Production Management,** v. 23 (7), p. 707–730, 2003.

[5] De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023.

BRUCE, M.; DALY, L.; TOWERS, N. Lean or agile: A solution for supply chain management in the textiles and clothing industry? International **Journal of Operations & Production Management**, v. 24(2), p. 151-170, 2004.

BURGESS, T.F. Making the leap to agility: defining and achieving agile manufacturing through business process redesign and business network redesign. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 14, p.23-34, 1994.

CARVALHINHA, M. P. **O setor do vestuário**: uma análise sobre as possibilidades estratégicas das empresas do vestuário no Brasil. 2007. 149 f., Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

CHRISTOPHER, M. The agile supply chain, competing in volatile markets. **Industrial Marketing Management**, v. 29, p. 37−44, 2000.

CHRISTOPHER, M.; TOWILL, D. An integrated model for the design of agile supply chains. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 31 (4), p. 235–246, 2001.

COUGHLAN, P.; COGHLAN, D. Action Research for Operations Management. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 220-240, 2002.

DE TONI, A.; MENEGHETTI, A. The production planning process for a network of firms in the textile-apparel industry. **International Journal of Production Economics**, v. 65(1), p. 17-32, 2000.

DUGGAN, J. K. **Creating mixed model value streams**: practical lean techniques for building do demand. New York: Productivity Press, 2002

ESCRIVÃO FILHO, E.; PERUSSI FILHO, S. **Teorias de administração**: introdução ao estudo do trabalho do administrador. São Paulo: Saraiva, 2010.

EVANS, G. N.; NAIM, M. M.; TOWILL, D. R. Dynamic supply chain performance: assessing the impact of information system. **Logistic Information Management**, v. 6, n. 4, p. 15-25, 1993.

FERDOW, K.; LEWIS, M; MACHUCA, J. Suprimento imediato. In: HARVARD BUSINESS REVIEW (Série HBR compacta). **Gestão da cadeia de suprimentos:** os melhores artigos da Harvard Business Review. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. p. 49-63.

FERDOWS, K.; DE MEYER, A. Lasting Improvements in Manufacturing Performance: In Search of a New Theory. **Journal of Operations Management**, v. 9, n. 2, p 168-184, 1990.

FERNIE, J.; SPARKS, L. (Ed.). **Logistics and retail management**: insights into current practice and trends from leading experts. London: Kogan Page Business Books, 1998

FINANCIAL TIMES, 2011. Disponível em:

<http://markets.ft.com/research/Markets/Tearsheets/Summary?s=se:HM%20B>. Acesso em 03 nov. 2011.

FISHER, M. What is the right supply chain for your product?. **Harvard Business Review**, Mar.-Apr., 1997.

FISHER, M., RAMAN, A., RAJARAM, K. Optimizing inventory replenishment of retail fashion products. **Manufacturing & Service Operations Management,** v. 3, n. 3, p. 230-241, 2001.

FISHER, M.; HAMMOND, J.; OBERMEYER, W.; RAMAN, A. Making supply meet demand in an uncertain world. **Harvard Business Review**, May-June, 1994.

FISHER, M.; RAJARAM, K. Accurate testing of retail merchandise: methodology and application. **Marketing Science** v. 19, n. 8, p. 266-278, 2000.

FISHER, M.; RAMAN, A. **The new science of retailing**: how analytics are transforming the supply chain and improving performance. Boston: Harvard Business Press, 2010.

FORZA, C.; ROMANO, P; VINELLI, A. Information technology for managing the textile apparel chain: current use, shortcomings and development directions**, International Journal of Logistics: Research and Applications**, v. 3, n. 3, 2000.

FRAZIER, R. M. Quick response in soft lines. **Discount Merchandiser***,* Jan. 1986.

GANGULY, A.; ROSHANAK, N.; FARR, J. Evaluating agility in corporate enterprises. **International Journal of Production Economics**, v. 118, p. 410-423, 2009.

GAP. **Annual report 2010**, San Francisco, 2011a.

GAP, 2011b. Disponível em:

< http://www.gapinc.com/content/gapinc/html/aboutus.html >. Acesso em: 30 out. 2011.

GEHANI, R. R. Time-based management of technology: A taxonomic integration of tactical strategic roles. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 15 (2), p. 19-35, 1995.

GHEMAWAT, P; NUENO, J. Zara: fast fashion. **HBS No. 703–497**. Boston: Harvard Business School Publishing, 2003.

GOLDMAN, S.L.; NAGEL, R.N.; PREISS, K. **Agile competitors and virtual organizations**: strategies for enriching the customer. New York: Van Nostrand Reinhold, 1995

GORANSON, H.T. **The agile virtual enterprise**: cases, metrics, tools. Westport: Quorum Books, 1999

GUERRINI, F., ESCRIVÃO FILHO, E.; BELHOT, R. **ABC do texto científico**. São Carlos: EESC-USP, 2009.

GUNASEKARAN, A. Agile manufacturing: enablers and an implementation framework. **International Journal of Production Research**, v. 36, n. 5, p. 1223-47, 1998.

GUPTA, S. M; AL-TURKY, Y. A. Y. An Algorithm to dynamically adjust the number of *kanban*s in stochastic processing times and variable demand environment. **Production Planning and Control**, London, v. 8, n.2, p. 133-141, 1997.

H&M. **Annual report 2010**: H&M in figures 2010, Stockholm, June 2011a.

H&M, 2011b. Disponível em: <http://about.hm.com/pt/abouthm>. Acesso em: 30 out. 2011.

HALLGREN, M.; OLHANGER, J. Lean and agile manufacturing: external and internal drivers and performance outcomes. **International Journal of Operations & Production Management**. v. 29, p. 976-999, 2009.

HINCLEY, C. M. Combining mistake-proofing and Jidoka to achieve world class quality in clinical chemistry. In: **11th Conference Quality in the Spotlight**, Mar. 2006, Antwerp, Belgium, 2006.

HINES, P.; HOLWEG, M.; RICH, N. Learning to evolve—a review of contemporary lean thinking. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 24, p. 994–1011, 2004.

HOLWEG, M. The genealogy of lean production. **Journal of Operations Management**, v. 25, p. 420–437, 2007.

HOLWEG, M. The three dimensions of responsiveness. **International Journal of Operations & Production**, v. 25, p. 603-622, 2005.

HOPP, W.; SPEARMAN, M. **Factory physics**: foundations of manufacturing management. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 2000.

HOPPEN, N.; LAPOINTE, L.; MOREAU, E. (1996), Um guia para a avaliação de artigos de pesquisa em sistemas de informação. **Revista de Administração,** São Paulo, v.2, n.2, p.42-46.

INDITEX. **Annual report 2010**, A Coruña, June 2011a.

INDITEX, 2011b. Disponível em:

<http://www.inditex.com/en/who_we_are/concepts/zara>. Acesso em: 30 out. 2011.

INDITEX. **Annual report 2006**, A Coruña, June 2007.

INDITEX. **Annual report 2008**, A Coruña, June 2009.

JOHANSSON, H. J.; MCHUGH, P.; PENDLEBURY, A. J.; Wheeler, W. A. **Business process reengineering**: breakpoint strategies for market dominance. Chichester: Wiley, 1993.

JONES, D.T.; WOMACK, J. **Seeing the whole**: mapping the extended value stream. Cambridge: The Lean Enterprise Institute, 2002.

JONES, R. **The apparel industry**. Aylesbury: Blackwell Science, 2002.

KATZY, B..; CROWSTON, K. Competency rallying for technical innovation—The case of the Virtuelle Fabrik. **Technovation**, v. 28(10), p. 679-692, 2008.

KIDD ,P. Agile manufacturing: a strategy for the 21st Century, **IEE Colloquium Digest No. 96/071**, March, 1996.

KIDD, P. **Agile manufacturing**: Forging New Frontiers. Wokingham: Addison-Wesley, 1994.

KURAWARWALA; MATSUO. Product growth models for medium-term forecasting of short life cycle products. **Technological Forecasting and Social Change,** New York, v. 57, p. 69-196, 1998.

LUPATINI, M. P. **As transformações produtivas na indústria têxtil-vestuário e seus impactos sobre a distribuição territorial da produção e a divisão do trabalho industrial**. 2004. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências: Política Científica e Tecnológica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

MONDEN, Y. **Toyota production system** an integrated approach to just-in-time. Portland: Productivity Press, 1983.

NADLLER, D. A.; TUSHMAN, M. L. A model for diagnosing organizational behavior. **Organizational Dynamics**, v. 9, n.2, p. 35-51, Autumn, 1980.

NAGEL, R. N.; BHARGAVA, P. Agility: the ultimate requirement for world-class manufacturing performance. **National Productivity Review**, v. 13 (3), p. 331–340, 1994.

NAIM, M. M.; GOSLING, J. On leanness, agility and leagile supply chains. **International Journal of Production Economics**, v. 131(1), p. 342-354, 2010.

NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance**. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos Ltda, 1989, 111p.

NARASIMHAN, R.; SWINK, M.; KIM, S. W. Disentangling leanness and agility: an empirical investigation. **Journal of Operations Management**, v. 24, n. 5, p. 440-57, 2006.

NAYLOR, B. J.; NAIM, M. M.; BERRY, D. Leagility – integrating the lean and agile manufacturing paradigms in the total supply chain. **International Journal of Production Economics**, v. 62, p. 107-18, 1999.

NAZARENO, R. **Desenvolvimento de sistemas híbridos de planejamento e programação da produção com foco na implantação de manufatura enxuta**. 2008. 321 f. (Tese de Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

OHNO, T. **The Toyota production system**: beyond large-scale production. Portland: Productivity Press, 1988.

PRINCE, J.; KAY, J. M. Combining lean and agile characteristics: creation of virtual groups by enhanced production flow analysis. **International Journal of Production Economics**, v. 85, p. 305–318, 2003.

RAMAN, A.; FISHER, M. Managing short-lifecycle products. In: **achieving supply chain excellence through technology**. San Francisco: Montgomery Research, 1999.

ROTHER, M., SHOOK, J. **Learning to see**: value stream mapping to add value and eliminate muda, Cambridge: The Lean Enterprise Institute, 1998.

ROTHER, M; HARRIS. R. **Criando fluxo contínuo:** um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção. Cambridge: The Lean Enterprise Institute, 2002.

SHAH, R.; WARD, P. Lean Manufacturing: context, practice bundles, and performance. **Journal of Operations Management**, v. 21, p. 129–149, 2003.

SHARIFI, H.; ZHANG, Z. Agile manufacturing in practice - application of a methodology. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 21, n. 5,p.772-794, 2001.

SHINGO, S. **A revolution in manufacturing**: the SMED system. Portland: Productivity Press, 1985.

SHINGO, S. **A study of the Toyota production system**: from an industrial engineering viewpoint. Portland: Productivity Press, 1989.

SHINGO, S. **Zero quality control**: source inspection and the poka-yoke system, New York: Productivity Press, 1986.

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

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Operations management**. 5th ed. Harlow: Pearson, 2007.

SMALLEY, A.. **Criando o sistema puxado nivelado**: um guia para aperfeiçoamento de sistemas lean de produção, voltado para profissionais de planejamento, operações, controle e engenharia. Cambridge: Lean Enterprise Institute. 2005.

STALK, G. Time - the next source of competitive advantage. **Harvard Business Review**, v. 66, July-August, p. 41-51, 1988.

STOREY, D. J. **Understanding the small business sector**, London: Routledge, 1994. pp. 7-47;112-159.

VOKURKA, R.J.; FLIEDNER, G. The journey toward agility. **Industrial Management & Data Systems**, v. 98, n. 4, p. 165-71, 1998.

VOLLMANN, T.E.; BERRY, W.L.; WHYBARK, D.C.; JACOBS, F.R. **Sistemas de planejamento e controle da produção para o gerenciamento da cadeia de suprimentos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

WARD, C. What is agility, **Industrial Engineering**, November, p. 14-16, 1994.

WEBSTER, S.; WENG, K. Ordering and pricing policies in a manufacturing and distribution supply chain for fashion products. **International Journal of Production Economics**, v. 114, p. 476-486, 2008.

WOMACK, J. Lean thinking: a look back and a look forward. 2006. Disponível em <http://www.lean.org>. Acesso em 19 Jun, 2010.

WOMACK, J. P.; JONES, D.T. **Lean thinking**: banish waste and create wealth in your corporation. New York: Simon & Schuster, 1996.

WOMACK, J.; JONES, D.T.; ROOS, D. **The machine that changed the world**. New York: Rawson Associates, 1990.

YUSUF, Y. Y.; GUNASEKARAN, A.; ADELEYE, E.O.; SIVAYOGANATHAN, K. Agile supply chain capabilities: Determinants of competitive objectives. **European Journal of Operational Research**, v. 159, p. 379−392, 2004.

YUSUF, Y.; SARHADI, M.; GUNASEKARAN, A. Agile manufacturing: The drivers, concepts and attributes. **International Journal of Production Economics**, v. 62, n.1-2, p. 33-43, 1999.