

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

José Carlos Alves Cordeiro

FATORES DETERMINANTES NA ÁREA DE
OPERAÇÕES PARA COMPETITIVIDADE DAS
EMPRESAS

Taubaté – SP

2013

JOSÉ CARLOS ALVES CORDEIRO

FATORES DETERMINANTES NA ÁREA DE
OPERAÇÕES PARA COMPETITIVIDADE DAS
EMPRESAS

Dissertação apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté como requisito para obtenção do Título de Mestre pelo Curso de Mestrado Profissional em Engenharia Mecânica

Área de Concentração: **Produção Mecânica**

Orientadora: Profa. Dra. Valesca Alves Corrêa.

Taubaté – SP

2013

JOSÉ CARLOS ALVES CORDEIRO

**FATORES DETERMINANTES NA ÁREA DE OPERAÇÕES PARA
COMPETITIVIDADE DAS EMPRESAS**

Dissertação de Mestrado para avaliação da Banca Examinadora como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica do Programa de Mestrado Profissional em Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Área de Concentração: Produção Mecânica

Data: ____/____/____

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Valesca Alves Correa

Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof. Dr. Luiz Eduardo N. do Patrocínio Nunes

Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof. Dr. Francisco Antonio Lotufo

Universidade Estadual Paulista

Assinatura _____

Dedico este trabalho a minha família
motivo principal da minha dedicação e inspiração.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por permitir a realização deste trabalho.

A minha orientadora, Professora Dra. Valesca Alves Correa que, com sua paciência, determinação e praticidade, possibilitou caminhos para que eu pudesse enxergar melhor as oportunidades.

A minha família que, às vezes sem compreender porque, o pai esteve distante em alguns momentos não reclamaram e permitiram que eu pudesse me dedicar a realização desta obra.

Se queres ser universal,
começa por pintar a tua aldeia.

Tolstoi

Frase retirada na exposição Guerra e Paz de Candido Portinari - abr/12

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo contribuir com o processo de decisões em estratégias de produção no que se refere a decisões de curto prazo e otimização de recursos produtivos. Algumas dessas decisões, foco deste trabalho, relacionam-se com questões clássicas: o que deve ser produzido, quanto deve ser produzido, quais produtos devem ser produzidos e qual deverá ser o prazo para a entrega de seu produto ao cliente. Estas questões poderiam de certa maneira ser respondidas facilmente quando os mercados possuíam menores exigências quanto à qualidade, prazos e quantidades. Para determinados mercados cuja competição é baseada na diversidade de produtos e no tempo de resposta, isto é, clientes que desejam velocidade no atendimento, alta variedade e confiabilidade, estas questões tornaram-se complexas. Este trabalho demonstra que se pode conseguir bons resultados por meio de análises estatísticas e otimização de recursos produtivos mesmo considerando um sistema de entradas aleatórias, com um único recurso produtivo e limitado por restrições e tendo que decidir por dois tipos de atendimento conflitantes: produzir para estoque ou produzir sob encomenda. Propõe por meio de uma abordagem quantitativa analisar a questão sob a perspectiva da teoria das filas e análises estatísticas melhorar a eficiência de um recurso produtivo por meio de uma estratégia diferenciada de programação e planejamento. Também se demonstrou que as decisões tomadas pelos gestores de produção podem influenciar e impactar no processo competitivo da empresa.

Palavras-chaves: Estratégias de produção. Otimização de recursos produtivos. Teoria das filas.

ABSTRACT

This work aims to contribute to the process of decisions on production strategies with regard to short-term decisions and optimization of productive resources. Some of these decisions, the focus of this work relates to the classic questions: what should be produced, how much should be produced, which products should be produced and what should be the deadline for delivery of your product to the customer. These questions could be answered in a way easily when markets had lower requirements for quality, quantity and deadlines. For certain markets where competition is based on product diversity and response time, ie customers who want speed in service, high reliability and variety, these issues have become complex. This article demonstrates that good results can be achieved through statistical analysis and optimization of productive resources even considering a system of random inputs with a single productive resource and limited by constraints and having to decide for two types of care conflicting produce to stock or produce custom. It proposes using a quantitative approach to analyze the issue from the perspective of queuing theory and statistical analysis to improve the efficiency of a productive resource through a differentiated strategy planning and programming. It was also demonstrated that the decisions taken by the managers of production can influence and impact the company's competitive process.

Keywords: Production strategies. Optimization of productive resources. Queuing theory.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura do referencial teórico.....	17
Figura 2: Representação dos níveis estratégicos.....	19
Figura 3: As três estratégias genéricas de operações	21
Figura 4: Hierarquia dos objetivos da manufatura.....	22
Figura 5: Problemas de programação multi produtos em uma máquina.....	28
Figura 6: Modelos de fila de espera.....	34
Figura 7: Elementos de uma fila.....	36
Figura 8: Macro Fluxo do processo.....	42
Figura 9: Gráfico de entrada de pedidos.....	50
Figura 10: Principais motivos de máquina parada.....	52
Figura 11: Comparação de redução de <i>setups</i> versus taxa de ocupação.....	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Características de uma fila.....	37
Quadro 2 - Equivalência de termos.....	45
Quadro 3 - Levantamento de dados.....	45
Quadro 4 - Análise estatística para segregação de dados (PARETO).....	47
Quadro 5 - Categorização para análise de MTS e MTO.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação da dispersão em função do coeficiente de variação I.....	31
Tabela 2 - Classificação da dispersão em função do coeficiente de variação II.....	31
Tabela 3 - Resultados em relação à entrada de pedidos.....	51
Tabela 4 - Simulação de redução de <i>setups</i>	53
Tabela 5 - Resumo de dados – entrada de pedidos antes da melhoria.....	54
Tabela 6 - Resumo de dados – entrada de pedidos depois da melhoria.....	54
Tabela 7 - Resumo de dados para modelagem.....	56
Tabela 8 - Resultados da simulação no solver	58

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 Objetivos	15
1.2 Objetivos específicos	15
1.3 Justificativa	16
1.4 Estrutura do trabalho	16
2 REVISÃO DA LITERATURA	17
2.1 Estratégias	17
2.2 Os três níveis estratégicos das empresas	18
2.2.1 Estratégias funcionais	19
2.3 Estratégias de Produção	20
2.4 Áreas de decisão e prioridades competitivas	22
2.4.1 Estratégias e modelos de atendimento	24
2.4.2 Estratégias de atendimento MTO/MTS	25
2.5 <i>Setups</i>	27
2.6 Ferramentas Estatísticas	29
2.6.1 A Lei de Pareto ou Classificação ABC	29
2.6.2 Coeficiente de variação (CV) ou Coeficiente de variação de Pearson	30
2.7 Pesquisa Operacional	32
2.7.1 Teoria da Filas	33
2.7.2 Programação Linear	38

3. MÉTODOS	40
3.1 Métodos de Abordagem	40
3.2 A empresa	40
3.2.1 Descrição do Processo	42
3.2.2 Construção do Modelo	43
3.2.3 Aplicação do Modelo da Teoria das Filas	44
3.2.3.1 Caracterização do modelo	44
3.3 Levantamento e Coleta de Dados	45
3.4 Tratamentos Estatístico dos Dados	46
3.4.1 Categorização para classificação de MTS e MTO	47
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
4.1 Problemas do Mix de Produção	55
4.1.1 Modelagem do Problema do mix de produção.....	57
5 CONCLUSÕES	60
REFERÊNCIAS	62

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, as empresas industriais brasileiras se encontram em um ambiente de alta competitividade e intensa busca de melhores resultados econômicos. Diversos setores industriais buscam gerir e entender suas organizações, a fim de que possam estabelecer suas melhores estratégias de negócio para se manter competitivas e conquistar novos mercados consumidores.

Neste ambiente competitivo, as estratégias de negócio têm sido direcionadas na busca constante de inovações e respectiva customização em massa nos produtos e serviços. É vital neste contexto, possuir agilidade nas decisões estratégicas, permitindo que a empresa altere sua forma de competir de acordo com as mudanças do mercado e contextos econômicos.

Dentro das estratégias de negócio, estão as estratégias funcionais, que no caso a estratégia de produção destaca-se pelo seu impacto no processo competitivo das empresas, onde as decisões sobre o que, quanto e quando devem ser produzidos seus produtos, tornaram-se questões ainda mais desafiadoras nestes ambientes de constantes mudanças.

A informação e conhecimento atualmente são recursos importantes para as empresas manterem-se em um ambiente dinâmico e competitivo que entre outras características apresentam menor previsibilidade e maiores riscos.

Para responder questões, como compromissos (*trade – offs*) entre a produção customizada e lotes econômicos de produção, a tecnologia da informação com a criação de banco de dados e o seu relacionamento por meio de *softwares* interativos propiciou um ambiente para que as empresas possam tomar melhores decisões e criar um “conhecimento” e relacioná-los ao negócio.

A área de operações pode atuar e orientar suas decisões de acordo com as escolhas estratégicas da empresa, ou seja, escolher em quais critérios competitivos poderia focar seus recursos operacionais para dar suporte à estratégia competitiva da empresa e, conforme sua atuação e desempenho ao longo do tempo, transformar as próprias operações em fonte de vantagem competitiva.

Este estudo busca contribuir com o processo de decisões em estratégias de produção no que se refere a decisões de curto prazo e otimização de recursos

produtivos. Uma dessas decisões, foco deste trabalho, é a questão sobre quanto e quais produtos devem ser produzidos de forma a aumentar a produtividade sobre o processo de produção e mantendo níveis de serviço competitivos. Foi escolhida uma linha de produção de uma empresa metalúrgica localizada na região sudeste do Brasil como objeto de análise.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral da dissertação consiste em demonstrar por meio de análises estatísticas e otimização de recursos produtivos bons resultados na redução de estoques de uma empresa metalúrgica com produção de diversos tipos de produtos confeccionados em aço e cujo sistema de entradas de pedidos era aleatório e conseqüentemente, havia uma dificuldade na definição de um modelo de produção, sendo que o atendimento se tornava conflitante em se produzir para estoque ou produzir sob encomenda.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Simular um ambiente para análise e comparação de dados para tomadas de decisões em função das estratégias de produção.

Propor diferentes estratégias de produção por meio de análises estatísticas e aplicando a teoria de filas para otimização do processo.

A partir do referencial teórico proposto, contribuir com os principais pontos estratégicos passíveis de serem implantados na organização estudada.

1.3 JUSTIFICATIVA

Nas empresas industriais, gestores a todo o momento são colocados a prova para optar sobre quais são as melhores decisões a serem tomadas no sentido de atender questões como aumento de produtividade, redução de custos e melhorar índices de desempenho.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação está estruturada em cinco capítulos conforme descritos abaixo:

No capítulo 1 apresentou-se o delineamento introdutório do trabalho, evidenciando-se a apresentação do tema, a contextualização do problema e a justificativa do estudo.

O capítulo 2 apresenta a base do referencial teórico da dissertação relacionando os temas estratégias empresariais e suas relações com as estratégias de produção, prioridades competitivas, ferramentas estatísticas e uma breve introdução de pesquisa operacional.

O capítulo 3 consiste na apresentação do procedimento metodológico, onde são apresentados os meios e os métodos empregados para realização desta pesquisa.

O capítulo 4 apresenta os resultados das análises estatísticas e simulações e propostas para solução do problema apresentado.

No capítulo 5 são apresentadas as considerações finais e conclusões do trabalho desenvolvido, destacando os ganhos esperados e as possibilidades de extensão da pesquisa.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Atualmente o estudo sobre estratégias de produção tem se destacado quanto a sua relevância, aos seus aspectos de conteúdo, ao seu processo de formulação, e sua relação com as prioridades competitivas das empresas. Destacam-se alguns trabalhos aplicando a teoria das filas em diversos ambientes e especificamente os trabalhos de Hopp e Spearman (2000). A Figura 1 mostra as principais metodologias e alguns autores correlacionados para o desenvolvimento do trabalho.

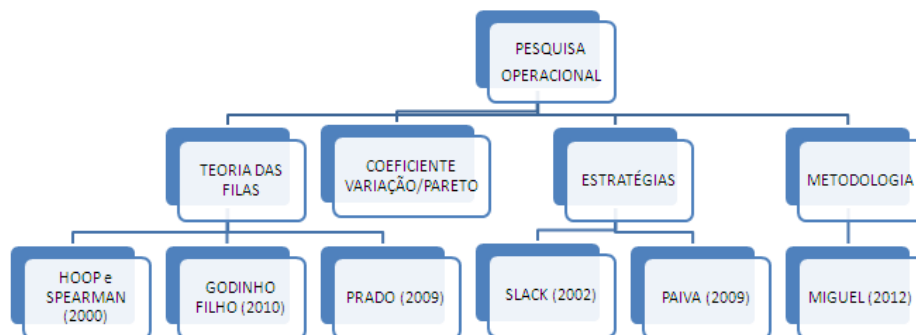


Figura 1: Estrutura do referencial teórico.
Fonte: Elaborado pelo autor (2012)

2.1 ESTRATÉGIAS

Tornar as estratégias delineadas pela alta direção, em ações alinhadas em toda a organização é um desafio para a alta e média gerência, suas ações devem ser orientadas para que as pessoas tomem suas decisões de acordo com os objetivos e resultados esperados.

Jabbour e Alves Filhos (2010) resumiram em seu estudo que estratégia empresarial é um conjunto de metas e planos de ação que ajudam a alocar os recursos da organização numa viável posição de forma a assegurar a vantagem competitiva.

Paiva, Carvalho Junior e Fensterseifer (2009) consideraram que a melhor definição sobre estratégia que se ajusta a atual realidade é a que representa uma adaptação entre um ambiente dinâmico e um sistema de operações estável, fazendo que a organização ajuste-se ao ambiente continuamente.

Slack, Chambers e Johnston (2007) definiram estratégia como um padrão global de decisões e ações que posicionam a organização em seu ambiente e têm como meta atingir seus objetivos de longo prazo.

Jabbour e Alves Filhos (2010) destacaram em sua pesquisa a relevância de estudos acadêmicos e econômicos na área de estratégias ao mostrar quanto importante é o papel da produção no desempenho de empresas pertencentes a um setor com peso expressivo na indústria nacional e, ainda, como são úteis e importantes na tomada de decisão os conceitos desenvolvidos no campo teórico da estratégia de produção e atribuem os avanços nesse campo justamente entre a comparação, se possível constante, entre teoria e prática.

2.2 OS TRÊS NÍVEIS ESTRATÉGICOS DAS EMPRESAS

Jabbour e Alves Filhos (2010) descrevem que, a estratégia é definida por níveis de decisões hierárquicas seguindo uma perspectiva *top-down*, decisões de longo prazo feitas pela estratégia corporativa, decisões de posicionamento de mercado feito pela estratégia de negócios e por fim missões individuais onde se enquadram as estratégias funcionais.

Paiva, Carvalho Junior e Fensterseifer (2009) apresentam os três níveis estratégicos de uma organização conforme mostra a Figura 2. A estratégia da corporação (grupo empresarial), a estratégia de negócios (unidade estratégica de negócios, empresa ou divisão), que se relaciona com a obtenção e a manutenção da vantagem competitiva, e a estratégia funcional, ligada às diversas áreas da unidade estratégica de negócios, como a estratégia de manufatura ou operações, tema deste trabalho.



Figura 2: Representação dos níveis estratégicos.
Fonte: Elaborado pelo autor (2012)

Corporativo, do negócio e funcional – formam uma hierarquia na qual a estratégia de negócio é uma parte importante do ambiente no qual as estratégias funcionais operam, e a estratégia corporativa é um elemento importante do ambiente no qual a estratégia de negócio se encaixa.

2.2.1 Estratégias funcionais

O nível das estratégias funcionais contribui para atender os objetivos estratégicos no negócio, traduzir os objetivos competitivos dos negócios em objetivos funcionais, gerenciarem os recursos das funções de forma a atingir os objetivos funcionais e estabelecer prioridades de melhorias de desempenho (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2007). São influenciadas pelas expectativas da alta direção a respeito da função, habilidades do pessoal, capacitação tecnológica e sua organização e planejamento.

2.3 ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2007) estratégia de (micro) operações é o padrão global de decisões e ações, que definem o papel, os objetivos e as atividades de cada parte da produção de forma que estes apoiem e contribuam para a estratégia de produção do negócio.

Jabbour e Alves Filhos (2010) demonstraram que trabalhos sobre estratégias de produção mais recorrentes estão relacionados ao conteúdo, isto é, representam as decisões tomadas pela corporação para eficácia da estratégia. Trabalhos sobre formulação e implementação estão representados menores em número.

Os gestores devem traduzir para operações as definições estratégicas corporativas ou das unidades de negócio. Por exemplo, definições estratégicas como a busca do retorno sobre investimentos não traduz ações específicas para o chão de fábrica. É necessário identificar medidas na gestão de operações que impactam no processo estratégico da empresa.

Segundo Paiva, Carvalho Junior e Fensterseifer (2009) baseando-se no modelo de Porter, seriam identificadas três estratégias genéricas de operações: estratégia de liderança em custos pura, estratégia de diferenciação pura e estratégia de custos e diferenciação como mostra o esquema da Figura 3.

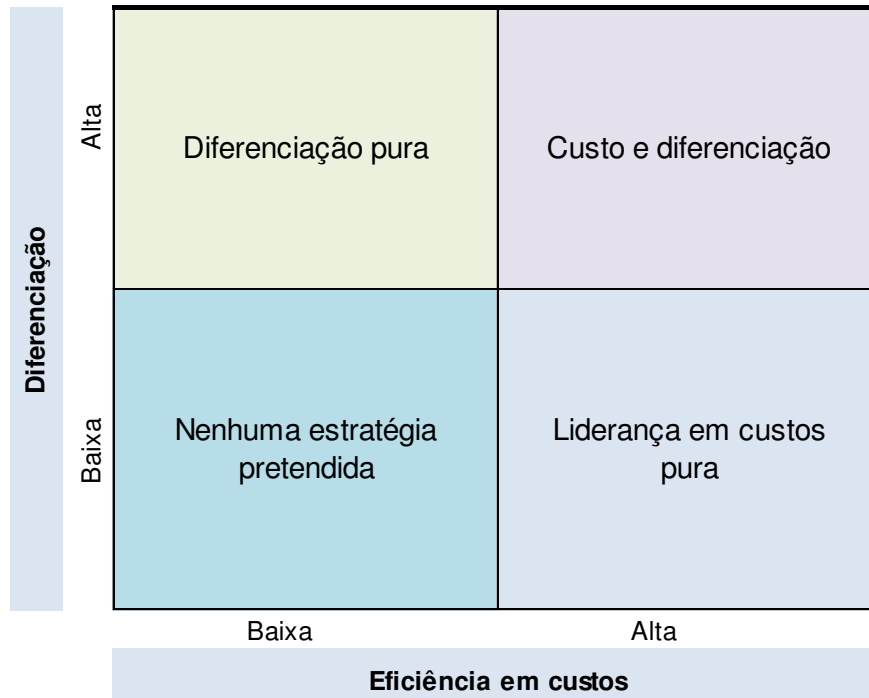


Figura 3: As três estratégias genéricas de operações.
 Fonte: Paiva e Carvalho Junior e Fensterseifer (2009)

A estratégia de liderança em custos pura torna-se viável quando a estrutura de custos varia entre competidores dentro da indústria como resultado de economias de escala, condições diferenciadas de matérias primas ou canais de distribuição. Neste caso é necessário sistemas de distribuição de baixo custo, investimentos de capital, processos de engenharia diferenciados, produtos projetados de fácil produção.

Estratégia de diferenciação pura requer atingir e manter a variedade e boa qualidade dos produtos e entregas pontuais. A questão do preço não deve ser o fator diferenciador, mas marketing diferenciado, processos de engenharia bem desenvolvidos, criatividade entre outros. Os requisitos necessários a esta estratégia são flexibilidade, qualidade e serviços.

Atualmente é possível juntar as duas estratégias de custos e diferenciação principalmente em função dos avanços tecnológicos. Além dos avanços observados em máquinas e equipamentos, também se destaca o acesso às informações possibilitando obter resultados de análises em tempo real na gestão de operações.

Novas tecnologias de operações tornam possível maior flexibilidade em projetos e mix de produtos, respostas rápidas às mudanças de mercado, mais informações e mais rápida programação da produção.

Paiva, Carvalho Junior e Fensterseifer (2009) admitem que exista certa concordância que as definições sobre estratégias de produção devem coincidir com os objetivos da empresa ou unidade de negócios, alcançarem os objetivos da área de operações, buscarem vantagens competitivas e focalizar um padrão de decisões consistente.

Com intuito de direcionar alguns objetivos da operação e relacioná-las com a estratégia de negócios, Hopp e Spearman (2000), apresentaram uma hierarquia de objetivos da área de produção como demonstra o esquema da Figura 4.

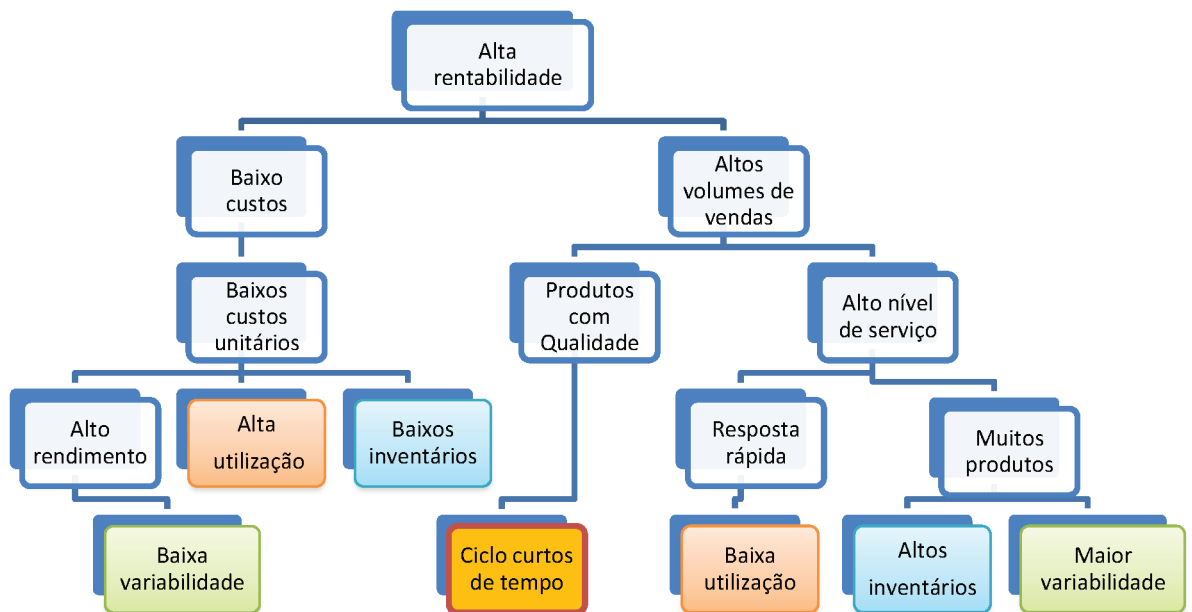


Figura 4: Hierarquia dos objetivos da manufatura.
Fonte: Adaptado de HOPP E SPEARMAN (2000)

O alto rendimento a quantidade vendida de produto por unidade de tempo, inventário (estoques) e custos operacionais são objetivos que ligam o desempenho da operação com as estratégias de negócio.

2.4 ÁREAS DE DECISÃO E PRIORIDADES COMPETITIVAS

As áreas de decisão da estratégia de manufatura são divididas em estruturais e infraestruturais, sendo que as estruturais podem ser referentes aos investimentos

de longo prazo, como por exemplo, instalações físicas e equipamentos, consideradas como mais estratégicas. As infraestruturais descrevem sistemas, políticas e práticas que determinam como os aspectos estruturais da organização são gerenciados, e são consideradas como decisões táticas (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2007).

Klippel, Antunes Junior e Paiva (2005) ressaltaram que a partir da constatação de que diferentes linhas de produtos podem competir de acordo com diferentes critérios competitivos e características de mercado, uma análise detalhada e focada na linha de produto é necessária para identificar, analisar e tratar as questões específicas no âmbito da linha de produto. O caminho para esta compreensão implica em realizar duas análises com focos distintos (empresa e linhas de produtos), porém complementares e inter-relacionados, no sentido em que é necessário considerá-las para que se torne possível analisar todos os aspectos envolvidos em termos da formulação e implantação da estratégia de produção.

Os critérios de competição ou prioridades competitivas têm sido propostos na literatura e tem-se alterado ao longo do tempo, entre os mais recentes são: qualidade, velocidade, confiabilidade de entregas, flexibilidade, preço/custo (PAIVA; CARVALHO JUNIOR; FENSTERSEIFER, 2009).

Jabbour e Alves Filhos (2010) constaram a importância do alinhamento entre as prioridades competitivas e a estratégia competitiva da empresa para melhorar o desempenho organizacional e sua importância no direcionamento e na implementação de práticas de produção e na orientação das áreas de decisão.

Alves, Nogueira e Bento (2011) também afirmaram que as prioridades competitivas de produção são definidas, então, em função das estratégias competitivas (que refletem fatores de mercado como, por exemplo, demanda mais ou menos aquecida) e das características das áreas de decisão (que refletem os recursos acumulados e as pressões decorrentes de determinada trajetória). Também observaram que mudanças nas prioridades competitivas de produção (e nas estratégias competitivas e de entrada, eventualmente) e as correspondentes medidas implementadas nas áreas de decisão compõem as estratégias de produção e, ao longo do tempo, marcam os movimentos e as trajetórias das estratégias adotadas pelas empresas.

Uma empresa pode estabelecer estratégias globais ou individuais para sua linha de produtos em função do mercado que se quer competir. Dependendo da

estratégia adotada a empresa depara-se com restrições operacionais como prazos para entrega, custos, capacidades produtivas, etc. Por isso frequentemente é necessário tomar decisões que permitam estabelecer um determinado nível de serviço, que leve em conta as restrições dos recursos operacionais da empresa e que atendam os interesses dos clientes e acionistas.

A área de operações pode contribuir para que a empresa possa manter-se competitiva no mercado tendo uma estratégia de produção flexível, baixos custos e ter rapidez em seus processos. Para tanto é necessário que tenha um bom planejamento e um processo de tomada de decisão rápido.

Como destaca Guimarães (2010) existem vários paradigmas estratégicos de gestão da manufatura. São modelos/padrões estratégicos e integrados de gestão, direcionados a certa situação de mercado, que se propõem auxiliar as empresas a alcançarem determinados objetivos de desempenho.

2.4.1 Estratégias e modelos de atendimento

Na história da manufatura, na década de 1970 as áreas de maior ênfase foram automação e controle numérico de máquinas. A década de 1980 já destacou a qualidade e *just-in-time* de fabricação. A década de 1990, a ênfase foi no cliente e no tempo ou *lead time*. Este se manifestou de duas maneiras distintas. Em primeiro lugar, o mercado tem visto os ciclos de vida dos produtos diminuindo progressivamente e com expressivo aumento na variedade para atender mais de perto as necessidades personalizadas dos exigentes clientes. Em segundo lugar, as empresas se direcionaram no sentido de buscar e compreender melhor às necessidades dos clientes.

Neste contexto dentro dos vários modelos de estratégias de manufatura incluem-se o paradigma da manufatura responsiva QRM (*Quick Response Manufacturing*) que tem como principal medida de desempenho a redução do *lead time*.

A sociedade moderna e a tecnologia têm produzido consumidores impacientes, sempre procurando por produtos novos, customizados e com melhores funcionalidades para as suas necessidades, o tempo tornou-se critério competitivo (GUIMARÃES, 2010).

O QRM é essencialmente uma estratégia de toda a empresa para reduzir prazos de entrega, principalmente para produtos de volume baixo e sob encomenda.

Lima et al (2012) em um estudo de caso aplicaram a abordagem do QRM, para redução do *lead time* em operações de escritório, obtendo por meio de simulações reduções significativas no *lead time*. Também destacaram os principais métodos e técnicas de coleta e análise de dados utilizados pela abordagem QRM. Mapeamento do processo; Gráfico de valor agregado; *TQM (Total Quality Management)*; *Brainstorming*; Dinâmica de Sistemas; Ferramentas estatísticas simples; *Benchmarking*; Simulação e modelagem de capacidade.

O *Benchmarking* interno é utilizado para, dadas às características de um sistema de operações estudado, avaliar se o *lead time* desse sistema está bom (próximo do melhor desempenho possível de um sistema qualquer – chamada região boa) ou ruim (próximo do pior desempenho possível de um sistema qualquer – chamada região ruim). Tanto o melhor quanto o pior desempenho possível (assim como uma terceira situação, denominada situação prática) são calculados baseados na teoria das filas (LIMA, et al 2012).

2.4.2 Estratégias de atendimento MTO/MTS

Kaminsky e Kaya (2006) ressaltaram que pressões originadas pela crescente competitividade estão levando as empresas à maior ênfase no atendimento ao cliente. Um elemento importante do serviço ao cliente é ter *make-to-stock* (MTS) itens em estoque, e entregar *make-to-order* (MTO) produtos de forma rápida cumprindo a data de entrega prometida. Empresas tem-se destacado por optar por uma abordagem híbrida, utilizando sistemas combinados MTS-MTO.

Wanrooij (2012) afirmou que a combinação de estratégias MTO e MTS trazem complexidades no que diz respeito ao planejamento da capacidade, alocação e programação de decisões operacionais e de controle.

Ainda de acordo com Wanrooij (2012) uma estratégia pura de MTO é tipicamente quando os produtos são mais especificados pelo cliente e conseqüentemente mais caros, desta forma existe uma alta variedade de produtos. A produção somente é iniciada quando existe uma ordem para sua produção, portanto um produto com baixa previsibilidade, baixo custo de armazenagem e são “puxados” pelos clientes.

Wanrooij (2012) também destaca que o planejamento da produção é focado na ordem para produção e sua prioridade competitiva são prazos de entrega curtos e confiáveis.

Também de acordo com Wanrooij (2012), uma estratégia MTS são para produtos que não existem grandes variedades e normalmente são mais baratos. Possui alto custo de inventários, o abastecimento é baseado em previsões e questões de tamanho do lote e a previsão da demanda são operacionalmente críticos.

Na pesquisa feita por Soman, Donk e Gaalman (2002), onde buscaram apresentar uma revisão das principais abordagens para sistemas híbridos de produção na indústria de alimentos e foram analisados onze trabalhos sendo que sete deles utilizaram a teoria das filas como ferramenta de apoio para tomadas de decisão.

Olhager e Prajogo (2011) exploraram as diferenças de potencial entre *make-to-order* (MTO) e para estoque (MTS) em 216 empresas industriais australianas. Encontrou uma clara diferença de foco entre as empresas que trabalham com MTO e MTS. No sistema MTO empresas apresentam um impacto significativo de integração de fornecedores no desempenho da empresa, mas não para práticas enxutas e racionalização de fornecedor.

Ainda de acordo com Olhager e Prajogo (2011) foram identificados que a situação é completamente revertida para as empresas com MTS, uma vez que têm efeitos significativos com práticas internas enxutas e racionalização de fornecedores, mas não para a integração logística com o fornecedor.

Ainda, segundo Olhager e Prajogo (2011) empresas que analisaram a cadeia de abastecimento tiveram melhor performance nos seus resultados e nos seus processos de atendimento.

Kalantari, Rabbani e Ebadian (2010) apresentaram um modelo matemático com o objetivo de dar um suporte para decisões de aceite ou rejeição de modelos

híbridos de produção MTS/MTO em relação a sistemas com limitações de recursos e importância do cliente.

Nos estudos de Kalantari, Rabbani e Ebadian (2010) observa-se que são levados em consideração na tomada de decisão sobre o aceite ou rejeição de pedidos os atributos quantitativos (preço, prazos de entregas) e qualitativos (importância do cliente).

2.5 SETUPS

Na literatura, *Setup* é definido como o tempo que se leva para preparar um equipamento entre a última peça boa produzida e a primeira peça aprovada do ciclo de produção seguinte. Considera-se o tempo necessário para preparar os operadores e máquinas para a fabricação de outro produto pertencente ao mix total de produção.

Setups são inevitáveis nos processos de manufatura que tem variabilidade em sua configuração. Hopp e Spearman (2000) consideram os *setups* como tipo de parada não preemptiva. Paradas não preemptivas são aquelas que inevitavelmente ocorrem, mas existe um tipo de controle (GUIMARÃES, 2010).

Segundo estudo de Godinho e Uzsoy (2010) investir-se em pequenas melhorias em muitas variáveis de forma simultânea é uma política melhor do que realizar uma grande melhoria (a qual, geralmente, pressupõe um investimento maior) em somente uma variável.

No estudo de Sugai, McIntosh e Novaski (2007), que fez uma análise crítica sobre a metodologia de Shigeo Shingo, que é considerado como referência conceitual quando se trata da redução do tempo gasto em *setup*, afirmou que “a sequência de lotes de peças diferentes influi na preparação da linha de produção, e de forma especial, no seu *setup*”. Esta realidade não é considerada pelo SMED (*single minute exchange of die*).

Em seu estudo pode-se verificar que o programa para 15% de melhoria simultânea em todas as variáveis apresenta melhor desempenho em relação à

redução de *lead time* do que todos os outros programas para grandes (50%) melhorias em somente uma variável (com exceção do caso no qual um tamanho de lote de produção muito pequeno é utilizado; nesse caso específico, a melhoria de 50% no tempo de *setup* apresentou o melhor desempenho) (GODINHO FILHO; UZSOY, 2010).

Winands et al (2010) destacaram que programação de produção de vários produtos em uma única máquina sob restrições de capacidade restrita é um dos problemas clássicos em operações de pesquisa. Podem ser classificados pelas seguintes três características:

1. Tempo de preparação (*setup*);
2. Produtos personalizados ou padronizados;
3. Ambiente estocástico ou determinístico.

Pelo diagrama de Venn representado na Figura 4, Winands et al (2010), demonstraram oito subproblemas que são criados pela caracterização acima:

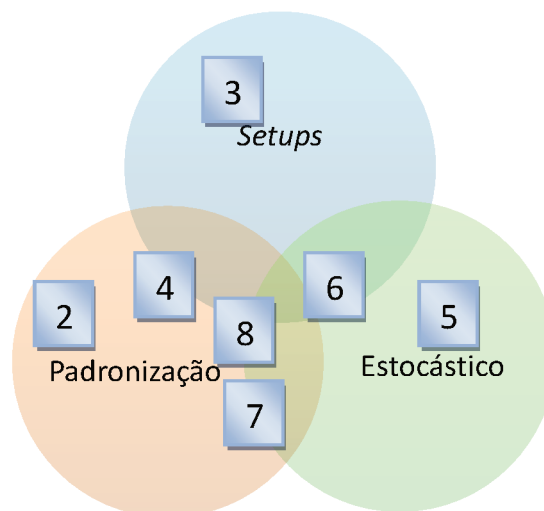


Figura 5: Problemas de programação multi produtos em uma máquina.
Fonte: Adaptado de Winands (2010)

Guimarães (2010) destaca que vários autores sugerem que a coordenação de ordens apresenta como principais vantagens a redução dos custos de manufatura, a redução da variação de chegadas e da linha produtiva e a melhoria da qualidade e confiabilidade do sistema.

2.6 FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS

Bussad e Morettin (2010) explicaram que quando se procede a uma análise de dados, busca-se alguma forma de regularidade ou padrão ou, ainda modelo, presente nas observações.

Cálculos de médias, moda, mediana, desvio padrão, histogramas dentre outras medidas e ferramentas estatísticas são fundamentais para o QRM, uma vez que auxiliam na análise do processo estudado (LIMA et al, 2012).

Além das análises descritivas de dados como as de medidas de posição e variabilidade, outras duas ferramentas importantes muito utilizadas nas análises de dados podem ser destacadas que são o uso da lei de Pareto e o coeficiente de variação.

2.6.1 A lei de Pareto ou classificação ABC

Uma ferramenta básica para analisar um sistema de manufatura complexo é pela escolha dos aspectos mais importantes, é recomendado o uso da lei de Pareto também conhecida como lei 80/20: 80% de todos os problemas provêm de 20% das causas (HOPP e SPEARMAN, 2000).

O princípio ABC baseia-se nas observações de que um pequeno número de itens frequentemente domina os resultados atingidos em qualquer situação. Essa observação foi feita pela primeira vez por um economista italiano, Vilfredo Pareto, e se chama lei de Pareto (TONY, 1999).

Conforme Tony (1999) esta lei tem forte aplicação na área de gestão de estoques cujo controle é exercido em itens individuais, chamado unidade de armazenamento em estoque (*stock-keeping units SKUs*), é utilizada para separar os itens mais importantes, ou mais caros ou estratégicos dos itens menos importantes, mais baratos, menos estratégicos.

A Lei de Pareto pode ser utilizada como um guia de gestão, onde ocorre um diferencial de tratamento dos itens menos importantes dos itens mais importantes (HOPP e SPEARMAN, 2000).

Hopp e Spearman (2000) destacam algumas aplicações como gestão de estoques, contabilidade, manutenção, atendimento a clientes. A Lei de Pareto pode ser utilizada como um instrumento de simplificação, como por exemplo, na gestão de uma fábrica, no controle de peças, onde apenas grandes famílias são consideradas, um padrão muito mais simples pode surgir.

Somam et al (2002) destacaram que muitos trabalhos utilizam regras simples como, por exemplo, classificação ABC ou suas variantes, para enfrentar a importante questão da MTO/MTS. Os itens de alto volume são produzidos para estoque e itens de baixo volume são produzidos por encomenda. No entanto, estas abordagens consideram apenas as características da demanda e ignoraram a produção e as características do mercado, como o tempo de produção, o tempo de resposta, e características de processamento de alimentos, como setup e perecibilidade.

Wanke (2012) propôs um quadro conceitual para gestão de estoques onde destaca um estudo de esquemas conceituais qualitativos, também conhecidos como abordagens de classificação visando o apoio à tomada de decisão, sendo o mais tradicional desses esquemas a classificação ABC, segundo a qual os itens são classificados de acordo com sua demanda, seu custo de aquisição e, conseqüentemente, sua representatividade financeira para o negócio.

2.6.2 Coeficiente de variação (CV) ou Coeficiente de variação de Pearson

O coeficiente de variação (CV) é definido como uma medida relativa à dispersão e indica o grau de dispersão do conjunto de dados em relação a sua média. O cálculo é feito da divisão do desvio padrão (s) pela distribuição da sua média (x) (MARTINS, 2001).

$$C.V. = \frac{S}{x} 100 \quad (1)$$

Conforme Martins (2001) algumas regras empíricas para interpretações do coeficiente de variação podem ser vistas na Tabela 1:

Tabela 1 - Classificação da dispersão em função do coeficiente de variação I

Coeficiente de variação	Dispersão
C.V. < 15%	Baixa dispersão
15% < C.V. < 30%	Média dispersão
C.V. >= 30%	Elevada dispersão

Fonte: Martins, 2001

A Tabela 2 mostra as considerações do uso do coeficiente de variação para análise de sistemas produtivos (HOPP e SPEARMAN, 2000):

Tabela 2 - Classificação da dispersão em função do coeficiente de variação II

Classe de variação	Coeficiente de variação	Situação
Baixa	$C < 0,75$	Tempos de processos sem interrupções
Média	$0,75 \leq C < 1,33$	Tempos de processo com ajustes de curta duração (por exemplo, <i>setups</i>)
Alta	$C \geq 1,33$	Tempos de processo com interrupções longas (por exemplo, falhas)

Fonte: Hopp e Spearman, 2000

Segundo Levine (2000) et al o coeficiente de variação é útil quando comparado a variabilidade de dois ou mais conjuntos de dados que são expressos em mesmas ou diferentes unidades de medida, mas que possuem dificuldades em comparar seus desvios padrões.

Um coeficiente de variação igual a 100% indica que o desvio-padrão é igual à média. Quanto menor for o coeficiente de variação, mais homogêneo será o conjunto de dados.

No estudo de Wanke (2012) foram apresentados vários modelos de gestão de estoques que utilizaram o conceito de variabilidade e sua aplicação para classificação usando o coeficiente de variação.

2.7 PESQUISA OPERACIONAL

Segundo Arenales (apud Miguel, 2012) pesquisa operacional é uma abordagem científica para auxiliar no processo de tomada de decisões, que procura determinar como melhor projetar, planejar e operar sistemas, usualmente sob condições que requerem alocações eficientes de recursos escassos.

Lachtermacher (2009) considera a área de *Management Sciences (MS)* uma subárea da pesquisa operacional. Esta área que utiliza computadores, estatística e matemática para solução de problemas de negócios apresenta três objetivos inter-relacionados:

- i) Converter dados em informações significativas;
- ii) Apoiar o processo de tomada de decisão de forma transferível e independente;
- iii) Criar sistemas computacionais úteis para usuários não técnicos: facilitar, por meio de sistemas de fácil utilização, os processos de tomada de decisão operacional e estratégicos.

De acordo com Shamblin e Stevens (1979), a pesquisa operacional (PO) originalmente utilizada na Segunda Guerra Mundial para resolver problemas estratégicos e táticos militares, espalhou-se pelas organizações industriais e com a evolução dos computadores tornou-se um tipo de abordagem comum na solução de problemas organizacionais.

Para Shamblin e Stevens (1979), pesquisa operacional é um método de tomada de decisão, que descreve um sistema por intermédio de um modelo e depois manipula o modelo para descobrir o melhor modo de operar o sistema.

2.7.1 Teoria das filas

Shamblin e Stevens (1979), já destacavam que de todos os conceitos tratados pelas técnicas de pesquisa operacional básica, a teoria das filas parece ter a mais ampla aplicação possível, mas talvez seja a mais difícil de ser aplicada. Definia que problemas de fila consistem em ajustar adequadamente a taxa de atendimento do processo com a taxa de chegada do trabalho a ser feito.

Conforme Prado (2009) a teoria das filas é um método que aborda o assunto por meio de fórmulas matemáticas e teve seu início com estudos de problemas de redimensionamento de centrais telefônicas.

Prado (2009) descreveram que a teoria das filas é um método analítico que aborda o assunto por meio de fórmulas matemáticas e pode ter sua aplicação para diversos campos desde um setor de produção em uma manufatura até movimento de papéis em um escritório.

Govil e Fu (1999) já destacavam em sua pesquisa o importante papel da teoria das filas aplicado na área de manufatura. A necessidade de atender mais rapidamente os clientes em um ambiente com cada vez mais produtos com menor vida útil e novos produtos introduzidos, onde padrões de chegada e comportamento tem se alterado.

Também Govil e Fu (1999) já enfatizavam em seu trabalho que, para que as pesquisas fossem aceitáveis seria necessário ênfase em modelos que não necessitam ser exatos, mas aproximados da realidade e com suposições menos restritivas, de forma a serem traduzidas em algoritmos computacionais, obtendo respostas perto do ótimo.

Os modelos para solução de fila de espera podem ser divididos em classes, tamanho da população e canais de atendimento conforme mostra a Figura 6.

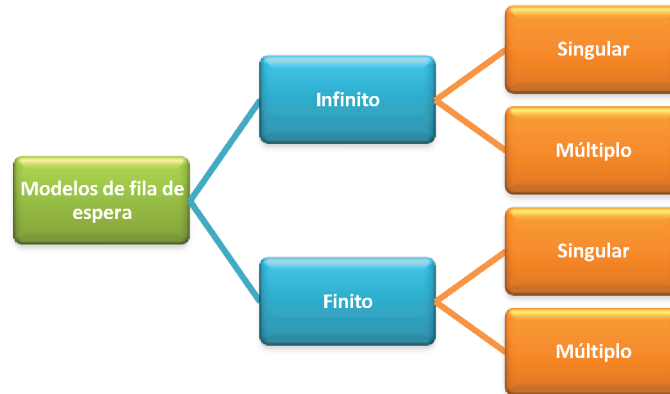


Figura 6: Modelos de fila de espera
 Fonte: adaptado de SHAMBLIN E STEVENS JUNIOR (1979).

As filas de espera podem se formar, ainda, quando o sistema (instalação) tiver capacidade suficiente, em média, para suprir a demanda. Isto se deve ao fato que o tempo de chegada e os tempos de serviço para os clientes (tarefas) são aleatórios e variáveis (MONKS, 1987).

Para área de operações que, pela sua natureza, não podem armazenar sua capacidade de produção, tal como a maioria das operações de serviços, no planejamento de capacidade e controle é aconselhado o uso da teoria das filas (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2007).

Hopp e Spearman (2000) relacionam outros fatores que implicam na formação de filas como a variabilidade dos processos que prejudicam o desempenho (com relação a estoques, capacidade e tempo) de um sistema de produção e sugerem para a redução da variabilidade na taxa de chegada das ordens de produção: melhor programação da produção; melhor controle de chão de fábrica; utilização de um sistema puxado, como por exemplo, *Constant Work in Process*.

Hopp e Spearman (2000) utilizam conceitos de teoria de filas, variabilidade e análises estatísticas para análise e estudo de sistemas de produção.

A teoria das filas envolve o estudo matemático das filas ou linhas de espera incluída dentro da metodologia de Pesquisa Operacional, sendo um setor que utiliza conceitos básicos de processos estocásticos e de matemática aplicada para analisar o fenômeno de formação de filas e suas características. Foi desenvolvida com a finalidade de prever o comportamento das filas de modo a permitir o dimensionamento adequado de equipamentos e processos (LEDERMANN e KINALSKI, 2012).

Silva et al (2006) aplicaram a teoria das filas de modo a analisar as características de atendimento dos navios que atracavam no Porto de Itajaí e identificar possíveis melhorias para reduzir custos e tempo de operação e com isso garantir a competitividade visando reduzir o tempo de permanência dos navios atracados e concluíram que os resultados foram significativos.

Morabito e Lima (2000) aplicaram um estudo da teoria de filas para modelar o tempo médio de espera dos consumidores nos caixas de supermercados. Comparou três modelos representados pelo modelo M/M/m de fila única, paralelos e independentes, e pelo modelo Markoviano.

Shih (2007) afirmou que os monitoramentos de sistemas de produção permitem a visualização da formação de gargalo e que existem ferramentas com grande potencial a serem utilizadas pelos decisores como o uso de teoria das filas, que pode fornecer informações necessárias e confiáveis sobre quantos equipamentos gargalos seriam necessários para o sistema produtivo, conhecendo-se o comportamento dos elementos de chegada ao sistema (tais como na forma de curva ou então na forma de média de distribuição de chegadas, etc.) e o comportamento do tempo de atendimento. Entretanto, esta ferramenta se restringe a elementos discretos e não contínuos e alerta que a teoria das filas não oferece previsão dos novos pontos gargalo o que seria inviável recalculá-los todas as vezes que novos equipamentos gargalo são inseridos no sistema produtivo.

Um sistema útil para gestão de capacidades é o uso da teoria das filas, principalmente para sistemas que não podem prever exatamente quando cada cliente ou pedido individual chegará (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON 2007).

Godinho Filho e Uzsoy (2010) afirmaram que apesar do grande interesse na redução do *lead time*, apontaram que a grande maioria da literatura mostra esta metodologia somente de forma teórica e exploratória, mas destaca o trabalho de Hopp e Spearman (2000), que reuniu um conjunto de princípios matemáticos para o estudo e determinação do *lead time* que se baseou na teoria de filas denominado *Factory Physics*.

Hopp e Spearman (2000) utilizaram em *Factory Physics* equações derivadas da teoria das filas para estabelecer um conjunto de leis para explicar o comportamento e o relacionamento entre variáveis de chão de fábrica.

A Figura 7 mostra os elementos que compõem uma fila, da população surgem os “clientes” que formam uma fila que aguardam algum tipo de serviço. O termo

“cliente” pode ser genérico e pode designar tanto uma pessoa, um navio ou uma ordem de produção. O atendimento é constituído de um ou mais servidores, podendo ser chamado de atendente ou canais de serviços, pode ser designado por um caixa de banco ou supermercado ou uma máquina.

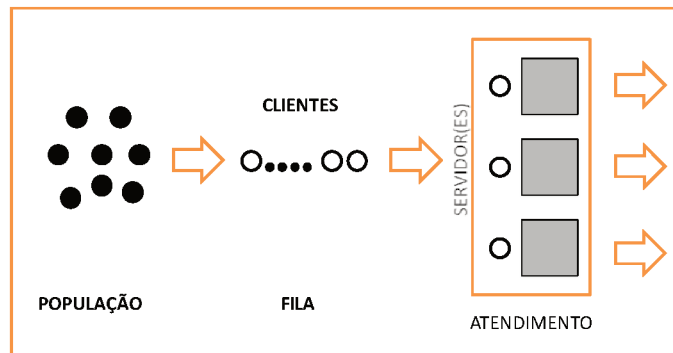


Figura 7: Elementos de uma fila.
Fonte: Elaborado pelo autor (2012)

Prado (2009) destaca as principais características de uma fila, clientes e tamanho da população, processo de chegada, processo de atendimento, número de servidores, disciplina da fila, tamanho médio da fila, tamanho máximo da fila e tempo médio de espera na fila.

A abordagem matemática da teoria das filas exige algumas características dos sistemas estudados:

- i) Fluxo médio de entrada (λ) constante
- ii) Ritmo médio de atendimento (μ) constante
- iii) $\lambda > \mu$

Em sistemas estáveis, todas as características randômicas das filas se mantêm estáveis o tempo todo, significando que oscilam em torno de um valor médio. Isto aplica a tamanho médio da fila, tempo médio de espera, tempo médio de atendimento (PRADO, 2009).

Prado (2009) considera que as variáveis randômicas fundamentais para o estudo de filas são demonstradas conforme Quadro 1.

Quadro 1 - Características de uma fila.

Variáveis	Descrição da variável
Referente ao sistema	TS=Tempo médio de permanência no sistema NS= Número médio de clientes no sistema
Referente ao processo de chegada	(λ) = Ritmo médio de chegada IC = Intervalo médio entre as chegadas
Referente a fila	TF= Tempo médio de permanência na fila NF= Número médio de clientes na fila
Referente ao processo de atendimento	TA = Tempo médio de atendimento ou de serviço C= Capacidade de atendimento NA= Número médio de atendimento μ = Ritmo médio de atendimento de cada atendente.

Fonte: Adaptado PRADO (2009)

Por definição existem algumas relações que são utilizadas no estudo da teoria das filas. As Equações 2 a 6 mostram essas relações:

$$\text{Taxa de ocupação} \quad \rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (2)$$

$$\text{Tempo médio no sistema} \quad \frac{1}{(\mu - \lambda)} \quad (3)$$

$$\text{Tempo médio de espera} \quad \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} \quad (4)$$

$$\text{Número médio na fila} \quad \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} \quad (5)$$

$$\text{Número médio no sistema} \quad \frac{\lambda}{(\mu - \lambda)} \quad (6)$$

2.7.2 Programação Linear

No ambiente comercial competitivo de hoje, é cada vez mais importante garantir que os recursos limitados de uma empresa sejam usados de maneira mais eficiente possível. Normalmente, isso envolve determinar como alocar os recursos de maneira a maximizar os lucros ou minimizar os custos (RAGSDALE, 2009).

A Programação Linear (PL) visa fundamentalmente encontrar a melhor solução para problemas que tenham seus modelos representados por expressões lineares. A sua grande aplicabilidade e simplicidade devem-se a linearidade do modelo. A tarefa da PL consiste na maximização ou minimização de uma função linear, denominada Função objetivo, respeitando-se um sistema linear de igualdades ou desigualdades, que recebem o nome de Restrições do Modelo (MARINS, 2011).

Lachtermacher (2009) destacou que em função da necessidade de maximizar ou minimizar uma quantidade (lucro, custo, receita, número de produtos, entre outros) chamada de função objetivo, que depende de um ou mais recursos escassos.

Os processos de otimização de recursos são aplicados a diversas áreas como: determinação do mix de produtos, escalonamento da produção, roteamento e logística, planejamento financeiro, carteira de investimento, análise de projetos, alocação de recursos de mídia, designação de equipes.

Diversos aplicativos disponíveis no mercado podem ser aplicados aos problemas do mix de produção e entre eles as planilhas eletrônicas (LACHTERMACHER, 2009 e RAGSDALE, 2009).

Segundo Ragsdale (2009) os problemas de otimização envolvem três elementos sendo, variáveis de decisão, restrições e objetivo do problema, onde:

- As variáveis de decisão podem representar as quantidades de diferentes produtos que o gerente de produção escolheu produzir. Sua representação simbólica é uma questão de preferência pessoal e pode variar de um problema para outro.

- As restrições são funções das variáveis de decisão que deve ser menor ou igual a, maior ou igual a, ou igual a um valor específico. Uma restrição pode ser

utilizada para garantir que a mão de obra total usada na produção de um determinado número de produtos não exceda a quantidade de recursos disponíveis.

O objetivo identifica alguma função das variáveis de decisão que o tomador de decisão deseja maximizar ou minimizar. Pode ser utilizado para descrever o lucro total associado a um mix de produtos a serem produzidos.

O problema de otimização de produção pode ser descrito no seguinte formato geral:

Existindo “m” recursos usados na produção de “n” produtos, com os seguintes dados:

c_j : lucro na venda de uma unidade do produto $j = 1, 2, \dots, n$;

b_i : quantidade disponível do recurso $i = 1, 2, \dots, m$;

a_{ij} : quantidade do recurso i usada para produzir uma unidade do produto j .

x_j : quantidade a produzir do produto j (variáveis de decisão).

O modelo geral terá: Função objetivo: - $\text{Max } Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j$

Restrições sujeito à:

$$a_{11}x_1 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1$$

$$a_{21}x_1 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2$$

$$a_{m1}x_1 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m$$

$$x_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n$$

Miguel (2012) destaca que é possível construir modelos que expliquem pelo menos parte do comportamento de processos reais, ou que é possível capturar pelo menos parte de problemas de tomada de decisão encontrados em processos reais.

A pesquisa axiomática descritiva busca analisar modelos quantitativos a fim de entender o processo modelado ou explicar suas características, baseando-se em modelos que descrevem o comportamento do sistema permitindo uma melhor compreensão dos relacionamentos funcionais do ambiente em questão (MIGUEL, 2012).

3 MÉTODOS

Este capítulo irá apresentar quais são as abordagens utilizadas e métodos de pesquisa utilizados nesta dissertação.

3.1 MÉTODOS DE ABORDAGEM

Nesta dissertação utiliza-se o método dedutivo, no qual, a partir de teorias e leis já consolidadas, busca prever a ocorrência de determinados fenômenos (OLIVEIRA, 1999). Neste trabalho busca-se utilizar a teoria das filas para análise do problema estudado e ferramentas estatísticas e programação linear.

3.2 A EMPRESA

O caso em estudo é de uma empresa de corte e distribuição de bobinas de aço. Estas bobinas são especificadas com pesos de 8 a 14 toneladas e podem ter diversos tipos de especificações (espessura, largura, norma, acabamento, etc.).

Em um de seus processos, objeto de estudo deste trabalho, a empresa executa cortes transversais à largura da bobina em tamanhos que variam de 1.000 a 8.000 mm de comprimento de acordo com as necessidades do cliente e respectiva capacidade do equipamento.

O produto final deste processo são chapas de aço comercializadas pela empresa para diversos tipos de mercados consumidores que utilizam em seus processos internos ou revendem para outros mercados.

No geral as empresas possuem em seus estoques itens “padrões” de mercado que podem ter, por exemplo, comprimentos de 2.000mm, 3.000mm ,6.000 mm, mas também podem comercializar seus produtos nos mais diversos tamanhos, conforme necessidade e que pode variar em milímetro a milímetro.

O mercado consumidor deste produto tem como característica alta competitividade e seus principais critérios são preço, disponibilidade, prazo e confiabilidade. Conseqüentemente este tipo de produto oferece baixa margem de lucro e sua produção deve ser feita em larga escala.

A produção requer um equipamento que necessita de altos investimentos além da necessidade de uma preparação de infra-estrutura para fundação e a necessidade de ampla área para alocação da máquina e do produto acabado.

A empresa organiza seu sistema produtivo com estratégias de atendimento do tipo: produção sob encomenda ou *make to order* (MTO), neste caso a produção é direcionada por um pedido de um cliente.

Outra modalidade é a produção para estoque também conhecida como *make to stock* (MTS), neste caso a produção é feita por meio de análises estatísticas dos produtos comercializados.

Para os casos de produção sob encomenda (MTO), os prazos de entrega são curtos, isto é, para ser competitivo é necessário estar dentro do prazo de entrega mínimo que as empresas concorrentes trabalham.

Para os casos de produção para estoque (MTS), os prazos de entrega são quase que imediatos, e o sucesso de sua venda está disponibilidade em estoque.

A escolha para atender uma estratégia de produção normalmente afeta o desempenho da outra, quando ocorre a opção por atender o MTO, conseqüentemente o MTS começa a faltar em estoque.

O recurso produtivo está no limite de sua capacidade de produção e disponibilidade (turnos e horas extras) e alternativas como, por exemplo, investimentos (aquisição de novos equipamentos) ou subcontratação da produção com terceiros não poderão ser considerados como opção para solução do problema principalmente devido às baixas margens do produto. A Figura 8 mostra um fluxo simplificado do processo.

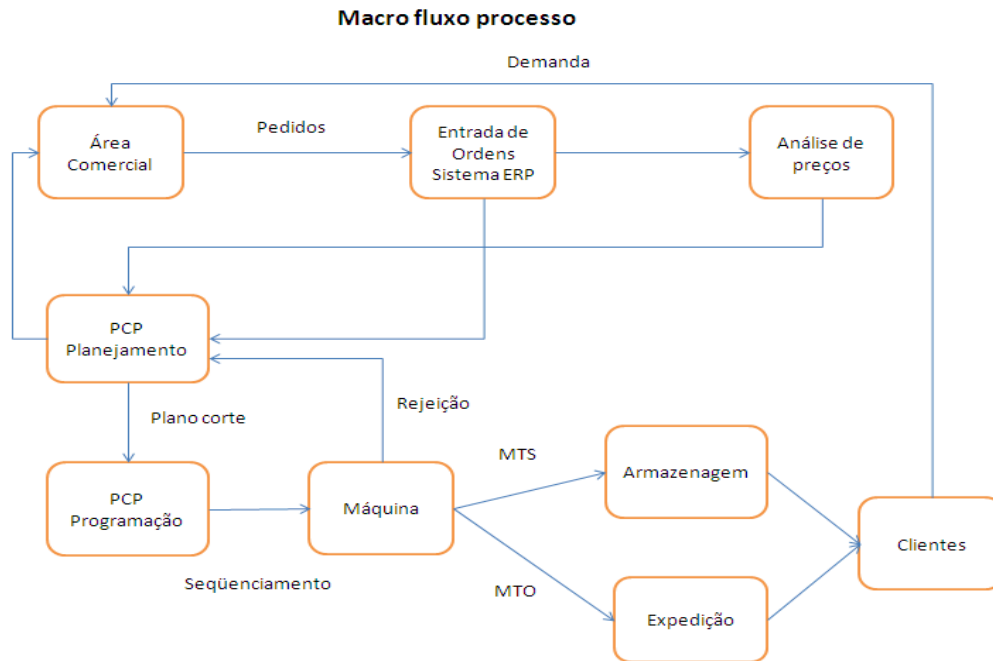


Figura 8: Fluxo do processo.
Fonte: elaborado pelo autor (2012)

3.2.1 Descrição do Processo

A sequência abaixo descreve como o processo de entrada de pedidos ocorre dentro da empresa:

- i). Captação/Recebimento dos pedidos junto aos clientes;
- ii) Análise e confirmação do pedido em função dos prazos disponíveis;
- iii) Digitação do pedido no sistema ERP baseado na tabela de prazos;
 - Não existe restrições no sistema quanto à limitação de entrada de pedidos, poderão ocorrer digitação em excesso ou falta em relação à capacidade do processo.
 - O sistema permite que as digitações possam ocorrer simultaneamente, e sua sequência somente é determinada quando ocorre a confirmação do pedido, após a digitação.
- iv) Liberação do pedido com relação ao preço negociado quando este estiver fora das condições comerciais estabelecidas;

- v) Análise dos pedidos, avaliando as condições de processo, especificação e prazos;
- vi) Caso exista alguma irregularidade o pedido retorna para a condição (ii) para ajustes e novas condições sobre a nova tabela;
- vii) Com o pedido nas condições regulares é feito o planejamento do corte, roteiro e agrupamento quando as regras estabelecidas para liberação para produção estiverem de acordo;
- viii) Com o planejamento do corte e roteiro estabelecidos, os pedidos são analisados e programados conforme regras de prioridade (prazos) e exceções;
- ix) O corte é realizado em máquina conforme condições pré estabelecidas e sequência programada;
- x) A produção do material é registrada no sistema;
- xi) O material pode ser faturado para o cliente ou transferido para algum estoque (Centros de Distribuição)

A empresa possui dificuldades em definir os prazos de entrega para seus clientes e conseqüentemente cumprir este compromisso em função da dificuldade de medir o tempo do ciclo de produção. Atualmente para definição dos prazos de entrega considera-se o total de pedidos sobre a capacidade de produção diária do equipamento mais o tempo estimado de processamento de pedidos.

3.2.2 Construção do modelo

Na solução de problemas reais geralmente é utilizado um mix de duas ou mais formas de abranger um problema.

Para a solução do problema do caso em estudo foram adotadas três abordagens distintas, mas complementares:

- Para o problema de entrada de pedidos foi aplicado o conceito da teoria das filas.
- Para classificação MTS e MTO foram utilizadas ferramentas estatísticas principalmente o conceito do coeficiente de variação.

- Para o problema do mix de produção utilizou o conceito de programação linear.

3.2.3 Aplicação do modelo da Teoria das filas

O modelo considera um sistema de manufatura com um servidor único com tempos entre chegadas e processamentos genéricos, distribuição de Poisson e podem ser representados como uma fila G/G/1 (Notação de Kendall).

Onde o primeiro “G” determina a distribuição do tempo de chegadas, o segundo “G”, determina a distribuição do tempo de serviço ou atendimento e o número 1 indica o número de servidores.

Cliente: unidade de chegada que requer atendimento, podendo ser representado por pessoas, máquinas, peças, etc.

Fila ou linha de espera: número de clientes esperando atendimento. Normalmente, a fila não inclui o cliente que esta sendo atendido.

Canal de atendimento: é o processo ou sistema que realiza o atendimento do cliente. Pode ser um canal múltiplo ou único.

3.2.3.1 Caracterização do modelo

O Quadro 2 mostra a caracterização do modelo proposto e uma equivalência dos termos básicos, com as seguintes considerações:

- Característica do problema estudado: Modelo de fila de espera
- Tamanho da população: Infinito
- Número de canais: Singular
- Tipo de atendimento: Primeiro a chegar é o primeiro atendido.

Quadro 2 - Equivalência de termos.

Termo utilizado na teoria das filas	Modelo estudado
Clientes	Ordens de venda que requerem ser produzidas.
Fila (linha de espera)	Número de ordens esperando ser produzidas (exceto ordens em produção).
Canal de atendimento	Recurso produtivo que realiza a produção das ordens de venda.(canal único $k=1$).
Taxa de chegada	A taxa (ordens de venda por semana) segundo a qual o recurso produtivo consegue efetuar a produção da requerida ordem.
Taxa de atendimento	A taxa (ordens de venda por semana) segundo a qual as ordens de venda chegam para serem atendidas.

Fonte: Elaborado pelo autor (2012)

3.3 LEVANTAMENTOS E COLETA DE DADOS

O início do levantamento dos dados foi obtido com informações pela coleta de índices, relatórios e outros dados secundários das áreas relacionadas com o objeto em estudo. O período considerado para análise foi de 39 semanas como amostra do processo.

Algumas comparações foram feitas de forma qualitativa, como a percepção de atendimento e dificuldades de processamento e outras foram feitas de forma quantitativa, como margem do produto, tempo de *setup*, perdas e tempo de produção. As informações levantadas são demonstradas no Quadro 3.

Quadro 3 - Levantamento de dados.

Base de informações	Análise da informação	Objetivos
Base de entrada de pedidos	Média, desvio padrão, coeficiente de variação, tipo dispersão, normalidade.	Avaliar a dispersão de entrada dos pedidos, padrões de comportamentos e

		previsibilidades.
Entrada de pedidos no PPCP	Análise do processo de programação.	Verificar as variáveis de programação que interferem no processo.
Planejamento e sequenciamento de ordens	Análise do processo de planejamento e sequenciamento.	Verificar as variáveis de planejamento que interferem no processo (ex: agrupamento e métodos de planejamento).
Capacidades do equipamento	Análise da capacidade.	Identificar as restrições.
Histórico de produção	Média, desvio padrão, coeficiente de variação, tipo dispersão, normalidade.	Avaliar a dispersão de entrada dos pedidos, padrões de comportamentos e previsibilidades e comparar com a capacidade.
Histórico de paradas	Análise das principais paradas que interferem no processo.	Quantificar a interferência das paradas no processo.
Portfólio de produtos MTS	Análise dos volumes e produtos.	Avaliar o volume do MTS e interferência na capacidade de produção.

Fonte: Elaborado pelo autor (2012)

3.4 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DE DADOS

Em sistemas de manufatura, existem muitos atributos em que variabilidade é de interesse: dimensões, tempos de processo, quebra da máquina, manutenção, qualidade, temperatura, dureza do material, tempos de *setup*, e assim por diante são exemplos de características que são propensas a não uniformidade.

Para análise dos dados foram estabelecidas quais características influenciam no resultado do objeto em estudo. Foram consideradas as seguintes características: a espessura, o comprimento da peça e o tamanho do lote. Para segregar os itens de maior representatividade no processo foi utilizada a lei de Pareto.

Para este estudo foi considerado um intervalo de 39 semanas como período de amostragem e foram calculadas as médias, desvio padrão, coeficiente de variação, frequência do item e lote mínimo conforme demonstrado no Quadro 4.

Hopp e Spearman (2000) utilizam o coeficiente de variação para representar e analisar variabilidades nos sistemas de produção e consideram que taxas com coeficiente de variação menor que 1,33 possuem uma moderada variação no processo, neste estudo foi considerado empiricamente um coeficiente menor que 1.

Quadro 4 - Análise estatística para segregação de dados (PARETO)

Variáveis / Características	Valor médio	Coeficiente de variação	Frequência do item	Total da amostra	Itens considerados	Representatividade
Espessura	Maior que 10	Menor que 1,0	Maior que 32	46	9	98%
Comprimento	Maior que 10	Menor que 1,0	Maior que 32	259	4	89%
Faixa de peso/lote	Maior que 10	Menor que 1,0	Maior que 32	44	8	81%

Fonte: Elaborado pelo autor (2012)

3.4.1 Categorização para classificação de MTS e MTO

Para identificar quais itens serão considerados MTS e MTO, baseado no coeficiente de variação, frequência relativa e lote mínimo foram estabelecidos os seguintes critérios mostrados no Quadro 5:

Quadro 5 - Categorização para análise de MTS e MTO

Frequência	Coeficiente de variação	Média de saída ≥ 12	Média de saída < 12
Itens com 12 ou mais meses de saída	Coeficiente de variação > 1	G2	G6
	Coeficiente de variação ≤ 1	G1	G4
Itens com menos de 12 meses de saída	Coeficiente de variação > 1	G5	G8
	Coeficiente de variação ≤ 1	G3	G7

Fonte: Elaborado pelo autor (2012)

Onde:

G1 - Considerado baixo risco, indica boa frequência, boa média e baixa variabilidade

G2 - Considerado risco moderado, boa saída, boa média e alta variabilidade.

G3 - Considerado risco moderado, boa saída, boa média e baixa variabilidade.

G4 - Considerado risco moderado, boa saída, baixa média e baixa variabilidade.

G5 - Considerado risco alto, baixa saída, boa média e alta variabilidade.

G6 - Considerado risco alto, boa saída, baixa média e alta variabilidade.

G7 - Considerado risco alto, boa saída, baixa média e baixa variabilidade.

G8 - Considerado risco altíssimo, baixa saída, baixa média e alta variabilidade.

O objetivo é determinar quais itens poderão ser produzidos para estoque (MTS) e quais itens deverão ser produzidos somente para encomenda.

Tanto os dados de frequência como os dados de média de saída poderão ser alterados conforme condições de mercado e fornecedores de matéria prima.

A questão do MTS é a formação de estoques, portanto é necessário ter um risco mínimo em manter capital mobilizado em estoque desta forma serão considerados MTS os materiais dos grupos: G1, G2 e G4 por apresentarem menor risco de não serem comercializados.

Manter itens em estoque acarreta benefícios e custos. O problema é equilibrar o custo de manutenção:

Todos os itens não classificados como MTS serão MTO. Sugere-se que estas análises sejam reavaliadas pelo menos em um período de 6 meses ou por

alterações nas condições de mercado, fornecedores ou mudanças na área produtiva.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para este trabalho foram feitas as análises estatísticas nas informações da entrada de pedidos e histórico de produção semanal para avaliar a taxa de entrada de pedidos e a taxa de atendimento baseado nos parâmetros do Quadro 6 visando identificar as características mais importantes e com maior relevância para o estudo.

No anexo A existe uma representação de um modelo simplificado do resultado da combinação das três características mais relevantes, onde cada coluna mostra a quantidade de pedidos em relação às espessuras.

Para análise do histórico de produção que representa o sistema do canal de atendimento (canal único) foi analisado para o mesmo período, onde foram calculadas as médias, desvio padrão e coeficiente da variação por semana. A Figura 9 mostra graficamente a matriz de análise de entrada de pedidos que representam o comportamento da produção em toneladas no período de 39 semanas.

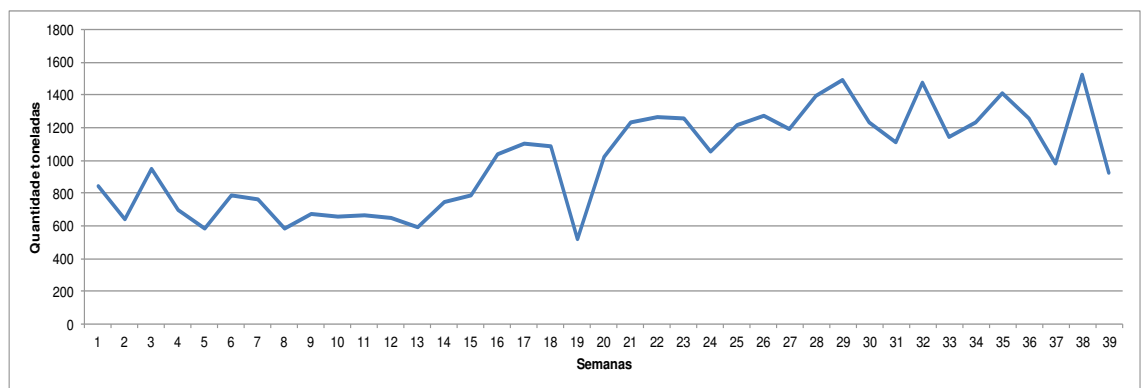


Figura 9: Gráfico de entrada de pedidos.

Fonte: Elaborado pelo autor (2012)

A partir da análise de entrada de pedidos, destacam-se as seguintes informações para análise do modelo:

Taxa média semanal de entrada de pedidos (λ): 981 toneladas

Taxa média semanal de atendimento de pedidos (μ): 1.002 toneladas

Da teoria das filas são utilizadas algumas expressões para avaliar o atual nível de serviço, em função do modelo idealizado escolhido (G/G/1) e os resultados são mostrados conforme a tabela 3.

Tabela 3 - Resultados em relação à entrada de pedidos.

	Expressão	Resultado obtido
Taxa de ocupação	$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$	0,98 ou 98%
Tempo médio no sistema	$\frac{1}{(\mu - \lambda)}$	0,047 semanas
Tempo médio de espera	$\frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}$	0,046 semanas
Número médio na fila	$\frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$	45,7 toneladas
Número médio no sistema	$\frac{\lambda}{(\mu - \lambda)}$	46,7 toneladas

Fonte: Elaborado pelo autor (2012)

Este modelo apresenta um nível de ocupação alto (98%) isto é, a probabilidade do sistema vazio é de 2% ou seja, muito baixa, representando que o sistema está saturado. Com este cenário a formação de fila é inevitável devido às diversas variações que o sistema possui.

Portanto, o problema apresentado esta na taxa de ocupação onde ($\rho=98\%$), indicando fila grande e tempo de espera elevado o que leva a necessidade de reduzir a taxa de ocupação (ρ).

Como existem dificuldades de controlar taxa de entrada de pedidos (λ), pode-se melhorar a taxa de atendimento (μ) através de técnicas sugeridas por Hopp e Spearman (2000) e neste estudo será focado em melhorar a programação da produção.

Para reduzir a variabilidade por meio da entrada dos pedidos foi estabelecido critérios para organizar a entrada de ordens e conseqüentemente fazer a programação e planejamento conforme a melhor produtividade da máquina reduzindo os *setups* na troca de espessuras.

Com a redução do *setup* na troca de espessura obtém-se um consequente aumento útil no tempo de máquina operando. A Figura 10 demonstra os maiores tempos com a máquina parada.

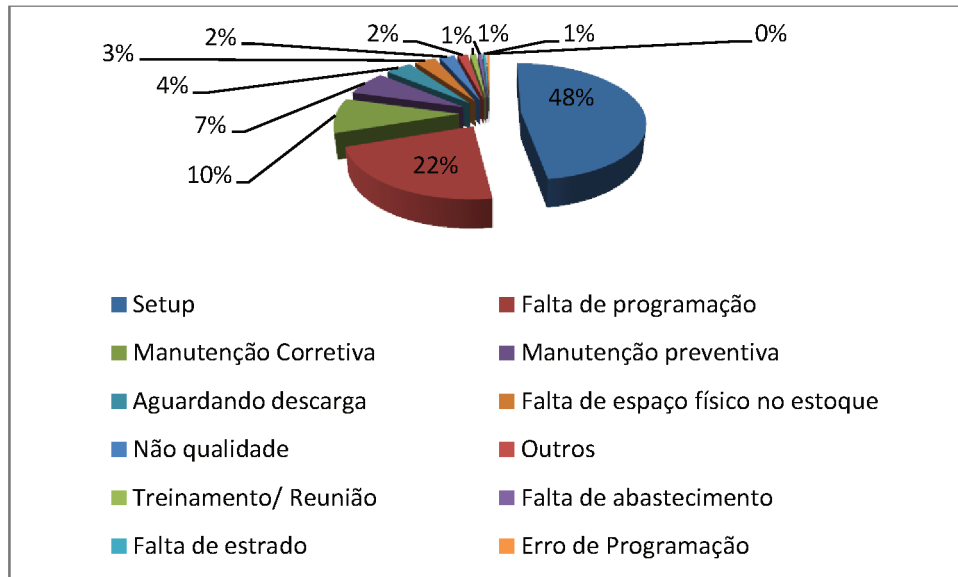


Figura 10: Principais motivos de máquina parada.
Fonte: Elaborado pelo autor (2012)

Estabelecendo um planejamento diário por espessura pode-se chegar a ganhos esperados na ordem de 30% sobre a produtividade da máquina, isto é, pode-se melhorar a taxa de atendimento (μ), reduzindo a taxa de ocupação para melhorar o nível de serviço e consequentemente reduzir o tempo de atendimento.

Semanalmente se gasta em média 18,8 horas com 75,4 *setups* semanais. Uma semana possui 112,5 horas trabalhadas, isto representa 16,8% de horas em que a máquina não está produzindo. A capacidade por hora trabalhada em média são 7,29 toneladas.

A Tabela 4 mostra a relação de redução de *setups* com as demais variáveis do problema (horas disponíveis e produtividade de tonelada por hora trabalhada) Demonstra que reduzindo-se o número de *setups* observa-se ganhos nas taxas de atendimento e redução na taxa de ocupação.

Tabela 4 - Simulação de redução de *setups*.

Total médio de <i>setups</i> semanais	% Redução	Redução	horas	tonelada/hora	taxa atend	taxa de entrada	taxa de ocupação
					1002	981	98%
75,4	10%	7,5	1,9	14	1016	981	97%
75,4	20%	15,1	3,8	27	1043	981	94%
75,4	30%	22,6	5,6	41	1084	981	90%
75,4	40%	30,2	7,5	55	1139	981	86%
75,4	50%	37,7	9,4	68	1207	981	81%
75,4	60%	45,2	11,3	82	1289	981	76%
75,4	70%	52,8	13,1	96	1385	981	71%
75,4	80%	60,3	15,0	109	1494	981	66%

Fonte: Elaborado pelo autor (2012)

A Figura 11 compara graficamente a relação da redução de *setups* e a evolução da taxa de ocupação.

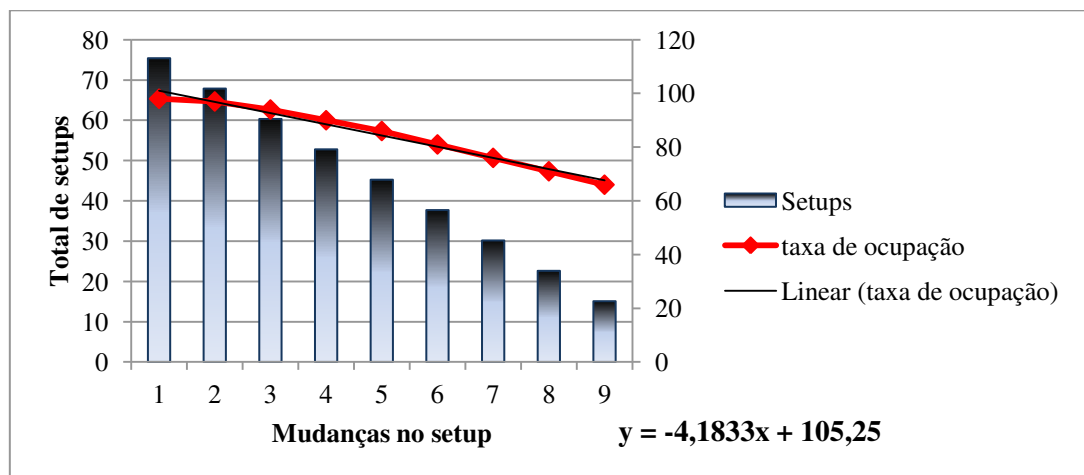


Figura 11: Comparação de redução de *setups* versus taxa de ocupação.

Fonte: Elaborado pelo autor (2012)

A Tabela 5 mostra os atuais valores antes da implantação da melhoria de redução da variabilidade na entrada de pedidos.

Tabela 5 - Entrada de pedidos antes da melhoria.

Descrição	Expressão	Resultado obtido
Taxa de ocupação	$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$	0,86 ou 86%
Tempo médio no sistema	$\frac{1}{(\mu - \lambda)}$	0,044 semanas
Tempo médio de espera	$\frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}$	0,036 semanas
Número médio na fila	$\frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$	35,2 toneladas
Número médio no sistema	$\frac{\lambda}{(\mu - \lambda)}$	43,4 toneladas

Fonte: Elaborado pelo autor (2012)

A Tabela 6 mostra a comparação dos resultados alcançados por meio de simulações baseadas em um planejamento com a variação de uma variável (espessura).

Tabela 6 - Entrada de pedidos depois da melhoria.

Descrição	Expressão	Resultado antes da melhoria	Resultado depois da melhoria
Taxa de ocupação	$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$	0,98 ou 98%	0,86 ou 86%
Tempo médio no sistema	$\frac{1}{(\mu - \lambda)}$	0,047 semanas	0,0044 semanas
Tempo médio de espera	$\frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}$	0,046 semanas	0,0036 semanas
Número médio na fila	$\frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$	45,7 toneladas	35,2 toneladas
Número médio no sistema	$\frac{\lambda}{(\mu - \lambda)}$	46,7 toneladas	43,4 toneladas

Fonte: Elaborado pelo autor (2012)

Taxa de utilização ou taxa de ocupação representa a relação entre o ritmo médio de chegada e o ritmo de atendimento, sistemas estáveis exigem λ menor que μ ou $\rho < 1$.

Se a taxa de chegada (λ) for igual à taxa de atendimento (μ), e, portanto $\rho=1$, o tamanho da fila torna-se infinito.

A relação entre o número de “clientes” na fila (NF) e ρ , quando ρ tende para 1, pode significar o crescimento do ritmo de chegada causada por um aumento da demanda, e se deve ter atenção pois NF cresce exponencialmente, e mesmo fato ocorrerá com o tempo médio na fila (TF) e com o tempo no sistema (TS). Caso isto ocorra dificilmente será possível dobrar a capacidade de atendimento (por exemplo, para ρ ficar com 0,5), pois exigirá altos investimentos. Neste caso, a empresa deve optar por escolher um tipo de atendimento diferenciado ou ocorrerá perda de clientes ou ficarão muito insatisfeitos.

O tempo médio de espera é determinante na questão sobre quanto o cliente está disposto a esperar para ter o seu pedido atendido. O ideal é não ter tempo de espera, isto é, pronta entrega, mas além de ser economicamente inviável, existem itens principalmente os produtos *make to order* (MTO), não são possíveis de serem previstos para produção para estoque (MTS).

De qualquer maneira este indicador é interessante para se ter como comparativo em relação aos seus concorrentes. Ter um tempo de espera menor ou igual ao seu concorrente pode representar um indicador de competitividade para empresa.

4.1 PROBLEMAS DO MIX DE PRODUÇÃO

No caso em estudo a empresa organiza seu sistema produtivo com estratégias híbridas de atendimento do tipo produção sob encomenda (MTO) e para

estoque (MTS) que competem para utilização de um recurso único com capacidade limitada.

O problema está na definição de quanto de cada produto deve ser produzido, pois possuem características de atendimento diferentes e possuem graus relativos de importância dependendo do contexto do negócio.

Atender somente a demanda do MTO pode deixar a empresa fora do mercado de produtos MTS que em momentos de falta de pedidos são alternativas para não ter a máquina parada. Além da questão para produtos MTS os clientes não admitem a espera na fila.

A capacidade de produção varia de um mês para outro devido às diferenças de dias úteis, feriados e manutenção e treinamentos, mas para análise e solução do problema foi considerada uma semana com 117,5 horas de disponibilidade de produção.

Foi utilizado o Solver do aplicativo Excel na busca de uma solução rápida de fácil acesso para usuários comuns e com possibilidades de mudanças de cenários conforme as alterações das variáveis estudadas.

O modelo de programação linear adotado tem como objetivo maximizar o lucro da empresa, mantendo uma relação controlada entre os volumes produzidos de cada produto.

Foram analisados os preços médios no período estudado e respectivos custos obtendo valores de margem líquida de oitenta e oito reais por tonelada para produtos MTO e quarenta e três reais por tonelada para produtos MTS. Os tempos médios de produção para cada tonelada para produtos MTO e MTS são respectivamente 0,16 horas e 0,13 horas. A tabela 7 mostra um resumo dos dados utilizados na modelagem.

Tabela 7 - Resumo de dados para modelagem

Dados	MTO	MTS	Base de informação
Disponibilidade de produção semanal (horas)	117,5		Capacidade do equipamento

Tempo de produção para 1 tonelada	0,16	0,13	Histórico de produção
Lucro operacional (R\$) por tonelada	88,00	43,00	Relatórios operacionais
Volume mínimo produção de MTS	70%	25%	Histórico de produção

Fonte: elaborado pelo autor

4.1.1 Modelagem do problema do mix de produção

Para o processo de modelagem são considerados as seguintes variáveis de decisão:

a) Variáveis de decisão

x_1 – Produção diária dos produtos MTO

x_2 – Produção diária dos produtos MTS

b) Restrições:

(Limitação semanal do recurso) : $0,16 x_1 + 0,13 x_2 \leq 117,5$

(Limite máximo do MTS): $0,20 x_2 \leq 58,75$

(Não – negatividade) $x_1 \geq 0, x_2 \geq 0$

c) Função Objetivo: Maximizar o lucro

$$\text{Lucro total} = L = 88 x_1 + 43 x_2$$

$$\text{Max } L = 88 x_1 + 43 x_2$$

Utilizando o solver do Excel foram simulados os seguintes resultados conforme tabela 4:

Os resultados preliminares mostram que o modelo deve produzir a disponibilidade total para os produtos MTS, onde o lucro total deverá ser de oitenta e quatro mil e cinquenta e sete reais em função da maior produtividade deste produto, apesar de sua margem ser menor como mostra a Tabela 8.

Não é parte da estratégia da empresa manter-se somente a produção neste tipo de produto, pois a sua venda não é garantida, além de incorrer em custos de inventário. O objetivo é ter um mix de produção que mantenha um volume mínimo de atendimento do MTS para garantia de venda e produtos de prateleira e manter uma disponibilidade mínima para atender os produtos MTO.

Por meio da simulação do coeficiente da variável de participação do MTS obtém-se os seguintes resultados:

Tabela 8 - Resultados da simulação no solver

Restrição	Lucro máximo	Participação MTS	Produção
0,01	84.058	100%	904
0,03	84.058	100%	904
0,06	84.058	100%	903
0,09	78.660	76%	857
0,12	75.151	59%	826
0,15	73.046	49%	808
0,18	71.642	41%	796
0,21	70.640	36%	787
0,24	69.888	31%	780
0,27	69.303	28%	775
0,30	68.835	25%	771
0,33	68.453	23%	768
0,36	68.134	21%	765

Fonte: autor

A empresa poderá optar por um tipo de atendimento conforme a demanda dos produtos MTO e garantir que o melhor resultado financeiro seja alcançado.

5 CONCLUSÕES

Este estudo propôs a contribuição com o processo de decisões em estratégias de produção no que se refere a decisões de curto prazo e otimização de recursos produtivos, em uma linha de produção de uma empresa metalúrgica localizada na região sudeste do Brasil.

Demonstrou-se que as decisões tomadas pelos gestores de produção podem influenciar e impactar no processo competitivo da empresa, sendo que decisões para aumento da produtividade podem tornar a operação de produção como diferencial competitivo.

Quando uma empresa estabelece quais são os critérios competitivos que pretende atuar, como no caso a velocidade no atendimento, a área de operações pode modelar seus sistemas para atender o foco estabelecido pelas estratégias corporativas ou negócios.

Neste caso com a nova abordagem conclui-se que é possível obter ganhos significativos com o aumento na taxa de atendimento por meio da modificação no método de programação da produção do recurso estudado. A taxa de ocupação poder ter reflexos importantes, reduzindo o tempo médio de espera de pedidos na fila e conseqüentemente, ter o prazo de atendimento melhorado.

Estes fatores demonstram que com a redução do número de *setups* por meio de uma mudança na programação de produção permite que a empresa torne-se mais competitiva, reduzindo o *lead time* permitindo que o recurso tenha um aumento de disponibilidade de até 30%.

Outras avaliações poderão ser destacadas como a redução dos outros indicadores: o tempo de espera e o tempo médio no sistema que normalmente são indicadores que representam o grau de insatisfação dos clientes.

Um estudo posterior poderá ser realizado para buscar um modelo de otimização que aproxime um número mínimo de *setup* versus um prazo máximo que o cliente pode esperar. Integrar o modelo de filas com o modelo de otimização para determinar qual a quantidade de *setups* máximo possível versus o tamanho da fila de maneira a otimizar o *trade off*, produtividade e nível de serviço (prazo de entrega).

Como sugestão ficam estudos que poderão ser realizados aplicando o modelo de Hopp e Spearman (2000) no sentido de avaliar outros ganhos no processo estudado, por meio da redução da variabilidade e aplicação de programas de melhorias contínua no chão de fábrica. Outra extensão deste trabalho seria utilizar a modelagem em *softwares* de simulação permitindo incluir novas variáveis e analisar cenários.

REFERÊNCIAS

- ALVES FILHO, A. G.; NOGUEIRA, E.; BENTO, P. E. G. Análise das estratégias de produção de seis montadoras de motores para automóveis. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 3, n. 18, p.603-618, 2011.
- BUSSAD, W. O.; MORETTIN, P. A.. **Estatística Básica**. 6. ed. São Paulo: Saraiva, 2010.
- CORRÊA, C. A. **O Processo de formação da estratégia de manufatura em empresas brasileiras de médio de pequeno porte**. 2008. 274 f. Dissertação (Doutorado) - Fundação Getulio Vargas, São Paulo, 2008.
- GODINHO FILHO, M.; UZSOY, R. Efeito da redução do tamanho de lote e de programas de melhoria contínua no estoque em processo (WIP) e na utilização: estudo utilizando uma abordagem híbrida System Dynamics – Factory Physics. **Revista Produção**, v. 19, n. 1, p. 214-229, jan./abr. 2009.
- GODINHO FILHO, M.; UZSOY, R. Estudo do efeito de programas de melhoria contínua em variáveis do chão de fábrica na relação entre tamanho de lote de produção e lead time. **Gestão & Produção**, São Carlos, n. , p.137-148, jan. 2010.
- GOVIL, M. K.; FU, M. C. Queueing Theory in Manufacturing: A Survey. **Journal Of Manufacturing, Maryland**, v. 18, n. 3, p.214-240, 1999.
- GUIMARÃES, A. A. **Utilização de uma abordagem híbrida System Dynamics-Factory Physics para a investigação do efeito de ações de melhoria contínua na redução do lead time**. 2010. 205 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Ufscar, São Carlos, 2010.
- HOPP, W. H. ; SPEARMAN, M. L. **Factory physics: foundations of manufacturing management**. 2. ed. New York, Ny, Usa: Mc Graw-hill, 2000. 726 p.
- JABBOUR, A. B. L. S.; ALVES FILHOS, A. G.. Tendências da área de pesquisa em estratégia de produção. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão**, São Carlos, v. 3, n. 4, p.238-262, maio 2010.
- KALANTARI, M.; RABBANI, M.; EBADIAN, M.. A decision support system for order acceptance/rejection in hybrid. **Applied Mathematical Modelling**, Tehran, 21 set. 2010. p. 1363-1377.

KAMINSKY, P. M.; KAYA, O. MTO-MTS Production Systems in Supply Chains. Proceedings of 2006 NSF **Design, Service, and Manufacturing Grantees and Research Conference**, St. Louis, Missouri. 2006.

KLIPPEL, M.; ANTUNES JUNIOR, J. A. V.; PAIVA, E. L. Estratégia de Produção em Empresas com Linhas de Produtos Diferenciadas: Um Estudo de Caso em uma Empresa Rodoferroviária. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 12, n. 3, p.417-428, 2005.

LACHTERMACHER, G. **Pesquisa Operacional**: na tomada de decisões. 4. ed. São Paulo: Pearson, 2009.

LEDERMANN, M.; KINALSKI, N. M. **Pesquisa Operacional**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2012. 164 p.

LEVINE, D. M.; L.BERENSON, M.; DAVID, S.. **Estatística Teoria e Aplicações**. Rio de Janeiro: Ltc, 2000.

LIMA, A. D.; BACHEGA, S.J; GODINHO FILHO, M.; CRUZ, V. J. S.; ROSSI, J. M. Proposta de aplicação da abordagem Quick Response Manufacturing (QRM) para a redução do lead time em operações de escritório. **Prod. [online]**, São Carlos, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132012005000028>>. Acesso em: 22 maio 2012.

MARINS, F.A.S. **Introdução a pesquisa Operacional**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2011.

MARTINS, G. A. **Estatística Geral e Aplicada**. São Paulo: Atlas, 2001.

MIGUEL, P. A. C. (Coord.). **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Operações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

MONKS, J. G. **Administração da produção**. São Paulo: Mc Graw-hill, 1987. 502 p.
MORABITO, R.; LIMA, F. C. R. Um modelo para analisar o problema de filas em caixas de supermercados: um estudo de caso. **Pesqui. Oper. [online]**. 2000, vol.20, n.1, pp. 59-71. ISSN 0101-7438.

OLHAGER, J.; PRAJOGO, D. I. The impact of manufacturing and supply chain improvement initiatives: A survey comparing make-to-order and make-to-stock firms. **Omega**, Sweden, p. 159-165. 13 maio 2011.

OLIVEIRA, S. L. **Tratado de Metodologia Científica**. 2. ed. São Paulo: Pioneira, 1999.

PAIVA, E. L.; CARVALHO JUNIOR, J. M.; FENSTERSEIFER, J. E. **Estratégia de produção e de operações: conceitos, melhores práticas, visão de futuro**. 2. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2009. 253 p.

PRADO, D. S. **Teoria das Filas e da Simulação**. 4. ed Nova Lima: INDG, 2009.
PRIETO, V. C.; CARVALHO, M. M.; FISCHMANN, A. A. **Análise comparativa de modelos de alinhamento estratégico**. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010365132009000200008&script=sci_arttext>. Acesso em: 02 jun. 2012.

RAGSDALE, C. T. **Modelagem e Análise de Decisão**. São Paulo: Cengage, 2009.
SHAMBLIN, J. E. ;STEVENS JUNIOR, G. T. **Pesquisa Operacional: Uma abordagem básica**. 1ª Edição São Paulo: Atlas, 1979. 426 p.

SHIH, C. Metodologia iterativa para melhorar a taxa de utilização dos recursos de um sistema produtivo. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão**. v. 2, n. 2, p.65-80, maio a agosto de 2007.

SILVA, V. M. D.; SOUZA, R. A.; BORTOLOTTI, S. L. V.; COELHO. A. S. Teoria das filas aplicada ao caso: Porto de Itajaí-SC. **XIII SIMPEP** - Bauru, SP, 2006.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Operations Management**. 5. ed. São Paulo: Saraiva, 2007.

SOMAN, C. A.; DONK, D.P. V.; GAALMAN, G.. Combined make-to-order and make-to-stock in a food. **Int. J. Production Economics**, Groningen, p. 223-235. 10 set. 2002.

SUGAI, M.; MCLINTOSH, R. L.; NOVASKI, O.. Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 14, n. 2, p.323-335, 2007.

TONY, A. J. R.. **Administração de Materiais: Uma introdução**. São Paulo: Atlas, 1999.

WANKE, P. Quadro conceitual para gestão de estoques: enfoque nos itens. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 19, n. 4, p.677-687, 2012.

WANROOIJ, M.R. Strategic supply chain planning in a multi-echelon environment: Identification of the CODP location constrained by controllability and service requirements - **School of Industrial Engineering. Series Master Theses Operations Management and Logistics** - Eindhoven, August 2012.

WEBSTER, A. L.. **Estatística Aplicada à Administração e Economia**. São Paulo: Mc Graw Hill, 2006.

WINANDS, E.M.M.; ADAN, L.J.B.F.; HOUTUM, G.J. The stochastic economic lot scheduling problem: A survey. **European Journal Of Operational Research**, Amsterdam, p. 1-9. 18 jun. 2010.

ANEXO A - Matriz de análise de entrada de pedidos

Semanas	Rótulos de Linha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39					
		6/6/2011 - 12/6/2011	13/6/2011 - 19/6/2011	20/6/2011 - 26/6/2011	27/6/2011 - 3/7/2011	4/7/2011 - 10/7/2011	11/7/2011 - 17/7/2011	18/7/2011 - 24/7/2011	25/7/2011 - 31/7/2011	1/8/2011 - 7/8/2011	8/8/2011 - 14/8/2011	15/8/2011 - 21/8/2011	22/8/2011 - 28/8/2011	29/8/2011 - 4/9/2011	5/9/2011 - 11/9/2011	12/9/2011 - 18/9/2011	19/9/2011 - 25/9/2011	26/9/2011 - 2/10/2011	3/10/2011 - 9/10/2011	10/10/2011 - 16/10/2011	17/10/2011 - 23/10/2011	24/10/2011 - 30/10/2011	31/10/2011 - 6/11/2011	7/11/2011 - 13/11/2011	14/11/2011 - 20/11/2011	21/11/2011 - 27/11/2011	28/11/2011 - 4/12/2011	5/12/2011 - 11/12/2011	12/12/2011 - 18/12/2011	19/12/2011 - 25/12/2011	26/12/2011 - 1/1/2012	2/1/2012 - 8/1/2012	9/1/2012 - 15/1/2012	16/1/2012 - 22/1/2012	23/1/2012 - 29/1/2012	30/1/2012 - 5/2/2012	6/2/2012 - 12/2/2012	13/2/2012 - 19/2/2012	20/2/2012 - 26/2/2012	27/2/2012 - 1/3/2012					
		Total geral	média	desvio padrão	Coefficiente de variação	Frequência																																							
3,00	83	72	132	162	164	175	97	154	108	140	158	144	269	91	226	139	238	81	212	229	159	150	166	149	176	202	120	144	101	118	177	233	189	143	265	126	162	173	250	161	51	0,32	39		
3,35	5	26	22	33	46	36	18	17	18	24	9	9	11	42	21	39	46	28	17	27	24	19	20	22	11	8	4	15	11	10	20	13	17	13	13	13	13	20	4	16	530	16	9	0,53	33
3,75		33	13	46	36	18	17	18	24	9	9	11	42	21	29	7	26	46	14	2	17	10	45	5	12	19	3	4	43	9	2	17	43	49	8	13	19	16	22	14	678	18	13	0,75	38
4,25	2	5	58	12	17	41	1	22	34	10	24	6	37	8	45	8	9	42	9	23	41	43	26	7	79	24	54	37	31	37	14	43	23	70	53	15	70	40	13	1.105	29	20	0,70	39	
4,75	155	196	171	418	184	257	147	263	146	222	192	167	346	173	291	182	426	185	285	227	147	217	225	196	204	299	191	126	160	180	197	213	181	187	384	295	338	162	289	8.766	225	77	0,34	39	
6,30	95	54	129	338	71	190	159	171	53	97	136	122	325	151	204	130	275	129	165	185	141	172	170	211	383	262	260	172	152	198	103	191	165	180	287	144	228	123	197	6.907	177	73	0,41	39	
8,00	21	193	78	150	43	47	61	124	59	85	31	89	241	91	114	131	249	150	127	142	112	143	189	130	135	222	143	108	153	248	90	113	166	99	242	115	164	81	170	5.027	129	60	0,47	39	
9,50	169	79	46	435	60	24	49	84	100	126	130	85	296	47	146	89	225	115	94	228	171	212	290	266	119	160	92	108	181	236	70	67	54	65	93	72	201	33	284	5.378	138	91	0,66	39	
12,50	72	144	17	127	56	34	42	93	63	62	45	88	213	30	65	112	83	61	82	138	69	90	38	55	141	133	56	12	62	49	30	31	36	104	83	48	16	70	2.722	70	41	0,59	39		
Total geral	602	837	679	1.733	659	808	595	957	611	745	777	695	1.792	656	1.147	887	1.614	820	979	1.221	901	1.089	1.168	1.042	1.170	1.234	1.063	819	816	1.128	762	957	889	816	1.475	895	1.288	677	1.290	38.261	981	307	0,31	39	