

# **PLANEJAMENTO DE MATERIAIS DE CONSUMO VARIÁVEL COM APLICAÇÃO EM REFORMA DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS**

Felipe Marcão Pereira

Orientador: Dr. Sérgio Adriano Loureiro

Universidade Estadual de Campinas

Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

Laboratório Aprendizagem em Logística e Transporte

## **RESUMO**

Este trabalho tem como objetivo estudar e propor um modelo de planejamento de materiais quando existe variabilidade na aplicação dos componentes em uma linha de produção, através da observação de série histórica que permita desenvolver modelos estatísticos de previsão de demanda. O estudo será aplicado em uma Indústria Metalúrgica de grande porte na Região Metropolitana de Campinas visando reduzir os estoques dos componentes de aplicação variável, permitindo aumentar a rentabilidade do negócio ao mesmo tempo em que é mantido o ciclo de abastecimento da linha de produção sem interrupções.

## **ABSTRACT**

This article proposes a Materials Planning model in a production line, for components with variable demand. This could be achieved through periodically observation of historic events, allowing the development of statistical planning models. The study will be applied on a Metallurgical Company in the Metropolitan Region of Campinas, with the objective of reducing inventory of variable components at the end of the project, whereas the supply levels for the production line are maintained without interruptions and thus increasing business profitability.

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1 Apresentação**

Com as mudanças econômicas e políticas ocorridas nos últimos anos no Brasil, especialmente desde a crise de 2015, as empresas têm enfrentado o desafio de se manterem competitivas em um ambiente de imprevisibilidade nos mercados. A atividade industrial brasileira recuou 8,3% em 2015 e 6,6% em 2016 de acordo com a Pesquisa Industrial Mensal realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), sendo retomada timidamente em 2,5% em 2017 seguido 1,1% em 2018. Diante desse cenário, se torna ainda mais importante a capacidade das indústrias se diversificarem nos negócios ao mesmo tempo em que buscam a eficiência logística resultando na otimização de custos.

A empresa em questão é uma Indústria Metalúrgica da Região Metropolitana de Campinas, multinacional com cerca de 1000 funcionários que fabrica e comercializa equipamentos de alto valor agregado. Sentindo os efeitos da retração da demanda por novos produtos, a empresa tem buscado oferecer aos clientes soluções alternativas como serviços de reforma e restauração de equipamentos usados.

Seguindo essa estratégia, foi realizada a venda de um serviço de reforma de um grande lote de equipamentos com duração aproximada de 10 meses, servindo de referência para futuras demandas. O projeto contempla o envio semanal destes equipamentos por parte do cliente para uma revisão completa de todas as estruturas e componentes, sendo necessária a substituição das peças que não estiverem mais adequadas de acordo com as normas de qualidade.

Para a composição do preço de venda deste serviço foi utilizada, entre outros fatores, uma lista prévia de componentes a serem substituídos, elaborada a partir de uma visita técnica no cliente e por informações compartilhadas pelo mesmo. Essa mesma lista foi liberada para Planejamento de Materiais como ponto de partida para aquisição dos primeiros materiais, com o objetivo de se iniciar a recuperação dos primeiros equipamentos.

## **1.2 Justificativa**

O atual problema é que logo a partir das primeiras semanas de execução do serviço, a linha de produção passou a ser impactada por falta de componentes que não haviam sido originalmente previstos ou que estavam sendo requisitados em uma escala maior do que o esperado. Por outro lado, alguns itens previstos e comprados não foram requisitados e seguiam parados em estoque. Ambas situações implicam em custos para a empresa, seja pela linha de produção parada ou capital investido e não utilizado. Portanto, justifica-se a necessidade de melhorias no processo de planejamento para melhorar a rentabilidade da operação.

## **1.3 Relevância**

Como o faturamento do serviço ao cliente possui um valor fixo e pré-determinado por contrato ou pedido, cabe a empresa realizar a administração adequada dos materiais dentro da margem de custo prevista. Com o objetivo de maximizar a rentabilidade do

negócio, foi implantada uma metodologia de trabalho utilizando os conceitos do método quantitativo de previsão de demanda, visando o planejamento preventivo para aquisição de materiais no curto e médio prazo.

Para tanto foi necessário um trabalho colaborativo com equipes de Planejamento e Controle da Produção (PCP) e a Gestão Operacional que atua diretamente na produção dos serviços utilizando como vantagem o sistema *Enterprise Resource Planning* (ERP), que permite gerenciar processos administrativos e suporta diversas funções de planejamento e controle de materiais (BANZATO, 2017), já integrado na empresa. Este estudo é relevante para o autor, pois apresenta-se como uma oportunidade extra de ampliar conhecimentos sobre a área de atuação, e também por se tratar um tema com aplicabilidade em uma série de situações similares na indústria.

#### **1.4 Objetivo**

O objetivo específico é minimizar a obsolescência de estoques ao final do projeto e ao mesmo tempo em que o nível de abastecimento da produção é mantido. Esse objetivo será alcançado através da elaboração, execução e acompanhamento de modelos de previsão de demanda e gestão de estoques.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Gestão de Estoque**

O gerenciamento de estoques é um ramo da administração responsável pelo planejamento e controle de materiais que serão utilizados na fabricação ou comercialização de bens e serviços (BERTAGLIA, 2009). A maneira como a empresa administra seus estoques interfere diretamente na lucratividade da operação e cada empresa pode definir sua estratégia utilizando dados de demanda disponíveis, métodos analíticos e bom senso.

O estoque existe na cadeia de suprimento para preencher uma lacuna entre oferta e demanda. Em uma indústria, o estoque de componentes pode ser mantido em antecipação a uma demanda futura de fabricação onde os custos de estoques são menores do que o custo de uma linha de produção parada. Apesar de se obter maior responsividade no processo uma das métricas importantes a ser considerada é o risco de

obsolescência de estoque, quando não há mais aplicabilidade para determinados materiais (CHOPRA e MEINDL, 2016).

### **2.1.1 Método de Revisão Contínua dos Estoques**

Este método bastante conhecido pelas empresas consiste na verificação frequente após as retiradas de estoque a fim de descobrir se é o momento de realizar uma nova reposição. Deve-se levar em conta o estoque disponível para uso, recebimentos futuros programados e quantidades comprometidas ou demanda futura. Após cada análise, toma-se uma decisão quanto a reposição de estoque. O pedido será colocado quando for atingido a posição mínima de estoque (BERTAGLIA, 2009). A equação 1 sugere qual será a posição de estoque após recebimentos e demandas futuras:

$$P_e = Q_e + R_p - Q_a$$

(1)

$P_e$  = Posição de estoque do item

$Q_e$  = Quantidade disponível para uso

$R_p$  = Recebimentos futuros

$Q_a$  = Quantidades comprometidas ou demanda futura

As revisões não precisam acontecer na mesma frequência para todos os itens em estoque. Itens de maior prioridade devem ser revisados em intervalos mais curtos, enquanto itens de menor preocupação podem ser acompanhados com uma periodicidade menor (Classificação ABC).

### **2.1.2 Classificação ABC**

O método de Classificação ABC permite as empresas organizarem seus itens de estoque em três grupos segundo critérios de valor. Utiliza-se a regra de Pareto onde normalmente agrupa-se os itens na categoria A, aqueles que correspondem a 80% do valor de consumo, na categoria B, os que representam 15% do valor de consumo, e por fim os itens C, com os 5% restantes (BERTAGLIA, 2009). O objetivo é limitar o foco aos poucos itens que representam a maior parte do custo, e que, portanto, exigem um controle mais apurado.

Utilizando a aplicação ABC na gestão de materiais, devemos manter um Estoque de Segurança maior para os itens C, um estoque médio para os itens B e uma cobertura

menor para os itens A. É inclusive recomendável a revisão e reclassificação dos itens em estoque conforme mudanças nos padrões de consumo. (AMBROSIO RODRIGUES, 2017)

### **2.1.3 Estoque de Segurança e Ponto de Pedido**

O Estoque de Segurança é particularmente necessário para proteger a empresa contra variações na demanda ou qualquer outro fator que possa atrasar o recebimento de materiais. Trata-se de um custo necessário para evitar rupturas de estoque que possam trazer maiores prejuízos a empresa. (BERTAGLIA, 2009)

O responsável por materiais também deve conhecer o tempo de espera para recebimento dos pedidos – *Lead Time* – para calcular corretamente o momento certo de solicitar uma nova reposição. O ponto de pedido leva em consideração a demanda média somada ao Estoque de Segurança.

$$P_p = D_m + E_s$$

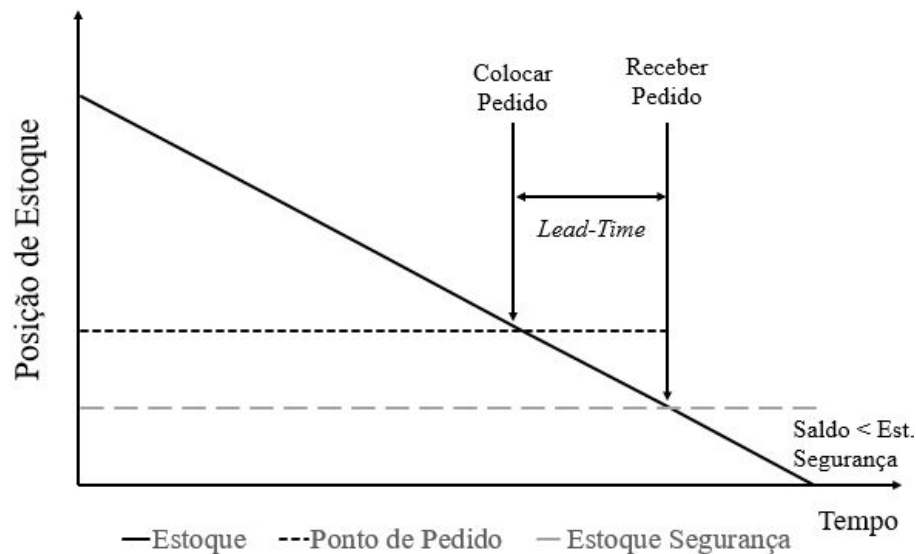
(2)

$P_p$  = Ponto de Pedido

$D_m$  = Demanda Média

$E_s$  = Estoque Segurança

O Estoque de Segurança pode ser definido de acordo com a política da empresa, ou conforme equação matemática. Em ambos os casos deve-se conhecer a demanda média e *LeadTime* (AMBROSIO RODRIGUES, 2017). A Figura 1 exemplifica o comportamento da curva de estoque bem como os prazos para colocação e recebimento de pedido.



**Figura 1:** Método de Revisão Periódica – Representação Gráfica  
 Fonte: (BERTAGLIA, 2009), adaptado pelo autor

Uma das formas de se calcular o Estoque de Segurança, e consequentemente, o Ponto de Ressuprimento é através do Nível de Serviço desejado (CHOPRA e MEINDL, 2016). Para tanto, utiliza-se uma Tabela de Distribuição Normal Padrão, o Desvio Padrão da demanda e Prazo de Entrega.

$$ES = Z \times D_p \times \sqrt{LT} \quad (3)$$

$Z$  = Nível de Serviço de acordo com Distribuição Normal Padrão

$D_p$  = Desvio Padrão

$LT$  = Prazo de Entrega

## 2.2 Custos relacionados ao Estoque Cíclico

### 2.2.1 Custo de Capital e Obsolescência

Leva em consideração o retorno exigido sobre o patrimônio da empresa e o custo de seu débito. Interfere no custo de manutenção do estoque pois se trata de um capital empregado diretamente em ativos que não serão imediatamente convertidos em receitas, ou mesmo que podem se tornar obsoletos.

### 2.2.2 Custo de Pedido

Relacionam todos os custos envolvidos na emissão ou recebimento de pedidos, tais como custos de transporte, custos administrativos para emissão de pedidos e

conferências de recebimento. No projeto em questão, esses custos não são significantes portanto não serão considerados.

### 2.3 Métodos de Previsão de Demanda

Determinado o método de revisão de estoques, e classificado os itens em categorias de prioridade (ABC), é crucial que a empresa tenha uma metodologia de previsão de demanda definida. Previsões do tipo “empurrar” são realizadas em antecipação a uma demanda futura do cliente ou demanda futura do estágio subsequente. No processo do tipo “puxar” a ação é realizada em resposta a demanda do cliente. Na atividade de Planejamento de Materiais, o planejador deve conhecer os fatores que influenciam na previsão de compra de seus componentes tais como: demanda passada e prazo de ressurgimento dos componentes. Métodos de previsão de demanda por Séries Temporais – também chamados de modelos Adaptativos – requerem observação constante e periódica. Utilizam série histórica como planejamento de uma demanda futura. Tratam-se, portanto, de modelos puramente matemáticos (CHOPRA e MEINDL, 2016)

Dentro desses modelos adaptativos temos três alternativas que se aplicam a demandas que não apresentam sazonalidade ou tendência: média simples, média móvel ou alisamento exponencial simples.

#### 2.3.1 Média Móvel Simples

A média simples parte do pressuposto de que todos os dados observados possuem o mesmo peso e representa a média aritmética de todos os dados da série. Divide-se a somatória das demandas  $D$  pelo número de amostras  $N$ .

A média móvel simples utiliza o mesmo método, porém sugere a utilização de dados mais recentes. A utilização de dados mais recentes permite encontrarmos uma média mais responsiva as oscilações de demanda, se comparados com uma média aritmética simples que utiliza um número maior de dados e períodos como amostra.

$$MMS = \frac{D_1 + D_2 + \dots + D_n}{N}$$

(4)

$D_n$  = Demanda Real observada  
 $N$  = Quantidade de períodos (amostra)

### 2.3.2 Alisamento Exponencial Simples

Também apropriado quando a demanda não apresenta tendência ou sazonalidade, este método agrega peso maior aos dados mais recentes. O ponto de partida para este método é o cálculo de uma média simples  $P_t$  para  $N$  períodos (denomina-se Nível), a qual é utilizada na sequência para prever a demanda do primeiro período através de um coeficiente de alisamento  $\alpha$  ( $0 < \alpha < 1$ ).

$$P_{t+1} = \alpha R_t + (1 - \alpha)P_t$$

(5)

$P_t$  = Previsão de Demanda no período  $T$

$R_t$  = Demanda Real observada no período  $T$

Nessa fórmula matemática,  $\alpha$  cumpre uma função de ponderação: quanto maior seu valor, maior será a responsividade em relação ao comportamento da demanda real (portanto maior peso aos dados recentes), enquanto valores menores proporcionam previsões mais estáveis.

### 2.4 Solução Automatizada para Planejamento de Materiais

Em uma indústria de grande porte justifica-se a utilização e implantação de um sistema ERP com módulo *Material Requirement Planning (MRPI)*. O ERP integra diversas funções administrativas e de suporte a operação como recebimento, estocagem, produção e compras. O módulo de MRP caracteriza-se pelo processamento das requisições de materiais a partir de um plano de produção e da estrutura dos produtos acabados – *Bill of Materials (BOM)*. Corretamente parametrizados, informa quanto de material e quando os mesmos devem estar disponíveis para a produção (BANZATO, 2017). O MRP é parte fundamental do processo de compra de materiais nas grandes empresas.

## 3 MÉTODO DE PESQUISA

### 3.1 Sequência das atividades

A uma pesquisa científica é um procedimento reflexivo e crítico que busca respostas para um problema ainda não solucionado (SILVA e MENEZES, 2015). A



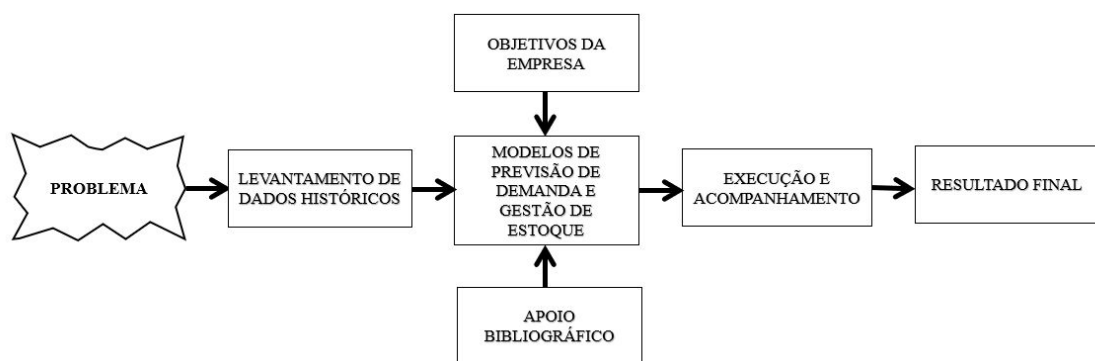
execução de uma pesquisa parte tradicionalmente de um processo com etapas sistemáticas que envolvem desde a seleção de um tema, um suporte bibliográfico, a identificação de um objetivo específico, a coleta e tabulação de dados e por fim, a demonstração de resultados esperados.

Este trabalho foi desenvolvido a partir da urgente necessidade de se rever os métodos de planejamento de materiais de consumo variável na empresa para a execução de um serviço de reforma. Visto que a utilização do escopo de realização do serviço não estava sendo suficiente como base para compra eficiente de materiais, foi necessária a elaboração de um plano corretivo.

Para encontrar o melhor modelo de planejamento e requisição de materiais, realizou-se a observação periódica do comportamento da linha de produção através do levantamento de dados históricos para compor uma base estatística estruturada que futuramente seria utilizada para tomada de decisões de compra.

Na sequência foi realizado um estudo bibliográfico para aprofundamento dos conceitos e correlação entre o conhecimento acadêmico e a aplicabilidade em uma situação real de uma empresa.

Por fim, pode-se comprovar se a metodologia de planejamento aplicada na reposição das peças produziu os resultados esperados ao término do serviço realizado pela empresa. A Figura 2 ilustra resumidamente a sequência de trabalho.



**Figura 2:** Sequência de realização do estudo.

Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.2 Requisitos para modelagem dos dados

As informações levantadas e necessárias para a elaboração de um modelo de previsão de demanda e gestão de estoque foram:

- Escopo original (lista de peças)
- Custo das peças
- Estrutura técnica do produto ou *Bill of Material* (BOM)
- Levantamento do *Lead Time* de cada componente
- Consumo real de componentes através de relatório sistêmico
- Equipamentos produzidos
- Plano de produção diário
- Estoque sistêmico

### 3.3 Agregação de dados

#### 3.3.1 Classificação dos Componentes

A partir do Escopo original com os respectivos coeficientes de substituição previstos, bem como seus custos unitários, foi feita uma classificação para os componentes do tipo “Consumo Fixo” e outra do tipo “Consumo Variável”, conforme demonstrado na Tabela-1. Para cada um dos tipos de aplicação, os itens foram desmembrados entre A, B e C de acordo com a relevância de custo para o projeto.

**Tabela 1:** Classificação de itens aplicados no projeto

Tipo de Item	Classificação	Quantidade de Itens
Fixo	A	9
	B	13
	C	26
Variável	A	14
	B	20
	C	39
Total Geral		121

Fonte: Elaborado pelo autor

#### 3.3.2 Preparação de dados para Previsão de Demanda

A quantidade de equipamentos produzidos diariamente desde o início do projeto, bem como o montante de componentes utilizados para a fabricação dos mesmos foram

extraídos do sistema e organizados em uma planilha. Um consumo médio geral de peças aplicado por equipamento e por período foi calculado, com a finalidade de:

- a) Observar graficamente se existia alguma tendência ou sazonalidade impactando de forma geral a quantidade de peças aplicada por equipamento produzido.
- b) Servir como base para experimentação de modelos de previsão de demanda quantitativos como: média móvel simples e alisamento exponencial.

**Tabela 2:** Exemplo de cálculo do consumo médio de componentes.

Período	Equipamentos Produzidos	Consumo Total de Peças	Consumo de Peças por Equipamento
N1	P1	C1	$C1 / P1$
N2	P2	C2	$C2 / P2$
N3	P3	C3	$C3 / P3$
...	...	...	
N50	P50	C50	$C50 / P50$

Fonte: Elaborado pelo autor

### 3.4 Determinando o foco da análise

Dois tipos de itens são aplicados no projeto: os itens de consumo Fixo – ou aplicação obrigatória - e os itens de consumo Variável. Para os itens consumo Fixo a demanda de componentes é gerada a partir do sistema ERP da empresa: as necessidades são automaticamente calculadas pelo MRP com os inputs de Plano de Produção, Estrutura de Produtos (*Bill of Material*) cadastrada pela engenharia e posição de Estoque Sistemico.

Para os itens com aplicação Variável, o sistema MRP não gera as necessidades de materiais devido a limitação no módulo de Estrutura de Produtos: o mesmo não aceita a parametrização de porcentagens ou casas decimais, somente números inteiros.

O foco da modelagem de dados e análise será, portanto, centralizada nesses 73 itens que compõe este grupo.

### 3.5 Experimentação de Modelos de Previsão de Demanda

Tendo os consumos reais de peças organizados e classificados em planilha, foi possível experimentar modelos estatísticos de previsão de demanda. Os três modelos

abordados na seção de Revisão Bibliográfica foram comparados: média móvel simples, média móvel ponderada de oito períodos e suavização exponencial também de oito períodos. Como existe um fator aleatório interferindo no consumo de peças na linha, torna-se necessário que este Coeficiente de Utilização seja continuamente atualizado durante o andamento do projeto.

De forma complementar foram calculados os erros de previsão e desvios padrão para cada um dos três métodos. A fórmula para o Desvio Padrão está representada na equação 6:

$$DP = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - M_A)^2}{n}}$$

(6)

$\Sigma$  = Somatória dos dados

$x_i$  = valor na posição  $i$  no conjunto de dados

$M_A$  = média aritmética dos dados

$n$  = quantidade de dados

### 3.6 Controle de Estoque e Ciclo de Revisão

A partir de uma previsão de demanda estruturada em histórico de consumo, estabeleceu-se parâmetros de Gestão de Estoque como: Ponto de Ressuprimento e Estoque de Segurança como guias para decisões de reposição de materiais. A cada ciclo eram extraídos posições de estoques atualizadas e dados de consumos na linha de produção, que por sua vez, realimentavam a base estatística de previsão.

Essa rotina segue a filosofia *PDCA* – método de gestão que representa o caminho a ser seguido para o atingimento das metas, podendo empregar ferramentas analíticas para processamento das informações necessárias. (WERKEMA, 2013). Baseada também na repetição e aperfeiçoamento contínuos dos processos de gestão. No trabalho em questão, revisa-se constantemente a demanda e nível dos suprimentos, conforme demonstrado na Figura 3.



**Figura 3:** Ciclo PDCA na Revisão de Demanda e Estoques  
Fonte: (WERKEMA, 2013); adaptado pelo autor

## **4. APLICAÇÃO PRÁTICA**

### **4.1 Escopo do serviço**

Conforme descrito na seção de Introdução deste trabalho, a empresa necessita realizar um serviço de reforma de um grande lote de equipamentos, com a substituição de diversos componentes conforme padrões e normas de qualidade. A duração prevista para finalizar todos os equipamentos seria de aproximadamente 10 meses. Um Escopo de Substituição das peças com suas devidas porcentagens foi liberado pelas áreas técnica e comercial como referência para aquisição dos materiais necessários.

Essa primeira previsão foi construída a partir da experiência e conhecimento técnico das equipes com relação ao produto, além de informações compartilhadas pelo cliente durante a fase de negociação do serviço. É, portanto, uma previsão por método Qualitativo, pois baseia-se na opinião de especialistas, mas que podem comprometer resultados se não combinadas com um método Quantitativo. (PELLEGRINI e FOGLIATTO, 2001)

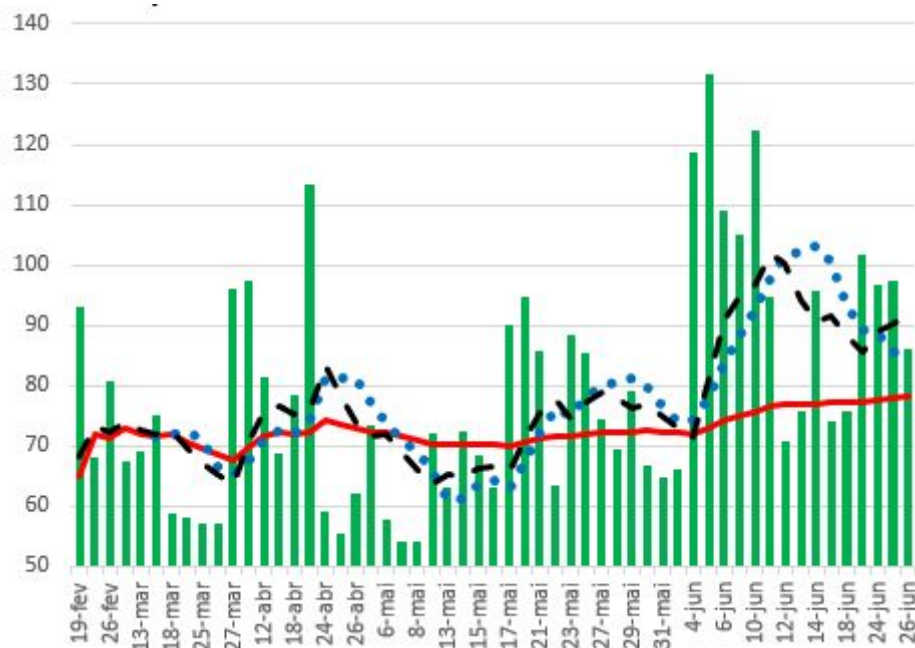
### **4.2 Situação Anterior**

Durante as primeiras semanas de execução do serviço começaram a surgir os problemas de desabastecimento da linha de produção prejudicando todo o fluxo de movimentação desses equipamentos dentro da fábrica bem como atrasando a entrega ao cliente final. Observou-se que na maioria dos casos a utilização de determinadas peças estava extrapolando o Escopo de Substituição (%) previsto.

Ao mesmo tempo, alguns componentes adquiridos ainda não haviam sido solicitados pela linha de produção, ou estavam sendo utilizados em uma taxa menor do que a prevista. Estes são os casos em que a empresa corre o risco de obsolescência de materiais ao final do projeto, se não devidamente administrada.

### 4.3 Análise de dados históricos

A Figura 4 demonstra o histórico de consumo de peças e os compara com modelos de previsão testados durante diversas semanas de execução do projeto.



**Figura 4:** Comparativo entre Consumo Real de Peças x Previsão Média Simples x Móvel x Suavização Exponencial  
Fonte: Elaborado pelo autor

Pela Figura 4 podemos observar grande oscilação no consumo de peças ao longo dos períodos, mas sem necessariamente uma tendência clara identificada. A linha de tendência está representada pela média simples.

Quando testamos as médias móveis e de suavização exponencial, observamos uma previsão mais reativa, mas nunca prevendo as grandes variações no consumo de peças. Afinal, não há influência de fatores como sazonalidade que possa auxiliar na previsão.

Adicionalmente, os itens foram reclassificados em cinco famílias conforme estágio de aplicação na linha de produção. O objetivo é desmembrar a informação e observar se determinados estágios (ou os módulos do equipamento) apresentavam comportamento distinto em relação à média consolidada.

**Tabela 3:** Desvio Padrão por Estágio da Produção

Estágios de Produção	Desvio Padrão				Recomendação
	Quantidade Itens	Média Simples	MM 8 Periodos	Suavização Exp.	
Estágio A	32	11,02	12,57	10,99	Suavização
Estágio B	11	8,63	7,56	7,35	Suavização
Estágio C	8	0,83	0,93	0,87	Média Simples
Estágio D	14	5,39	5,37	4,82	Suavização
Estágio E	8	3,05	2,75	2,75	Suavização
Total Variáveis	73	18,29	19,65	17,61	Suavização

Fonte: Elaborado pelo autor

A Tabela 3 compara os Desvios Padrões encontrados em cada um dos métodos de previsão. Apesar do método de Suavização apresentar menores desvios, foi escolhido o método de Média Simples para todos os estágios. A decisão foi tomada dessa forma, pois o método de Média Simples seria o único possível de ser aplicado em planilhas manuais diariamente. Com ferramentas mais adequadas, a aplicação de Suavização poderia trazer melhores resultados.

Conforme os componentes eram consumidos diariamente em ordens de produção, e novos equipamentos finalizados, tinham-se, portanto, novos dados que serviam para compor a base estatística de previsão.

#### **4.4 Modelo de Gestão de Estoque**

A partir das dificuldades encontradas nas primeiras semanas do projeto, foi implantado o método de Revisão Contínua dos Estoques. Para isso foi elaborada uma

planilha de controle utilizando os conceitos de gestão de estoque descritos na Revisão Bibliográfica deste trabalho, conforme tabela Tabela 4:

**Tabela 4:** Exemplo do modelo de controle de estoques

Código Item	Bill of Material	Classificação	Lead-Time (semanas)	Histórico Consumo	Posição Estoque	Estoque de Segurança	Produção Semanal				Demanda Média	Ponto de Pedido
							20	20	25	25		
63	42	A	4	99%	3106	1885	838	838	1047	1047	943	5656
88	28	A	3	27%	174	335	149	149	186	186	168	838
87	28	A	3	27%	339	335	149	149	186	186	168	838
116	16	B	2	9%	77	97	29	29	36	36	32	162
85	8	A	3	10%	42	35	16	16	19	19	17	87
31	4	C	2	18%	40	65	14	14	18	18	16	97
37	2	B	4	24%	19	33	10	10	12	12	11	76
114	2	C	2	41%	54	73	16	16	20	20	18	110
32	32	A	4	2%	41	29	13	13	16	16	15	87
84	8	B	3	10%	54	52	16	16	19	19	17	105
102	16	A	2	2%	20	16	7	7	9	9	8	32
110	2	C	2	12%	14	21	5	5	6	6	5	31
109	8	A	4	39%	277	141	63	63	78	78	70	422
99	2	B	2	14%	22	19	6	6	7	7	6	32
48	2	B	4	3%	3	4	1	1	2	2	1	10

Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.4.1 Dados Básicos

*Bill of Material* □ Quantidade de cada componente presente da estrutura do produto.



Classificação □ Do tipo ABC, sendo 20% dos itens representando 80% dos custos dos consumos previstos.

Lead Time □ Tempo médio de ressurgimento de cada componente

Histórico de Consumo □ Coeficiente estatístico calculado por média simples para cada um dos componentes.

#### **4.4.2 Cálculo dos Parâmetros**

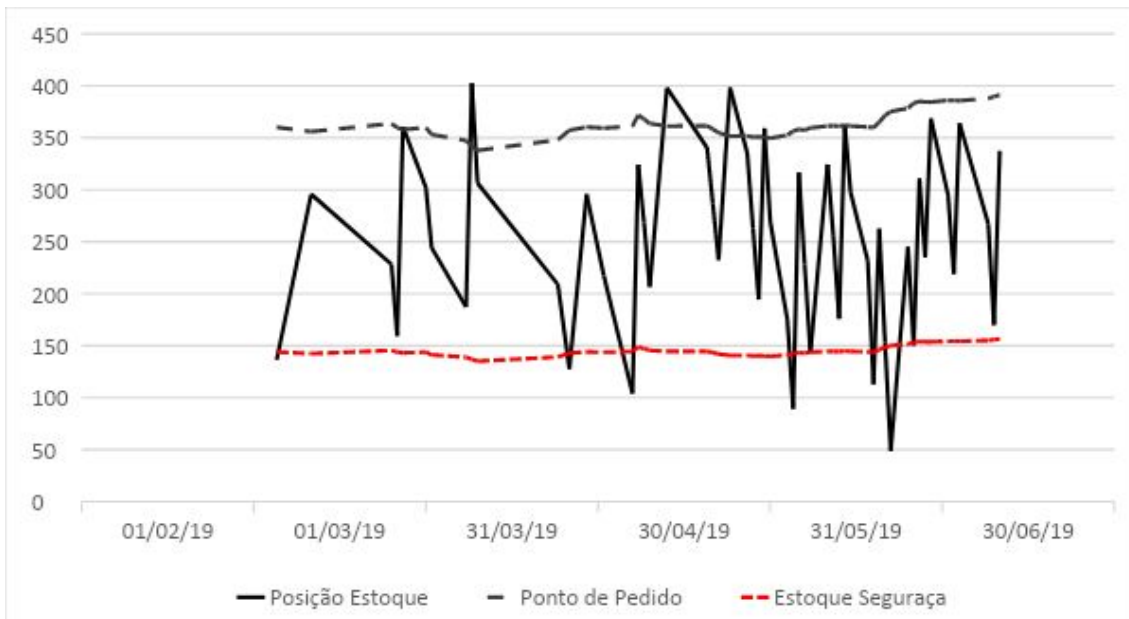
Estoque de Segurança □ Por política da companhia, itens do tipo A necessitam de um estoque de segurança de duas semanas, itens do tipo B requerem três semanas e itens do tipo C ideal de quatro semanas. Portanto, o Estoque de Segurança é aqui calculado multiplicando a demanda média pela quantidade de semanas pré-determinada.

Demanda Semanal □ Multiplica-se o plano de reforma de equipamentos pela *Bill of Material* e pelo Histórico de Consumo (%).

Ponto de Pedido □ Posição de Estoque em que um novo pedido deve ser disparado. Leva-se em conta o tempo de ressurgimento de determinado item somado ao Estoque de Segurança.

#### **4.5 Cobertura de Estoque**

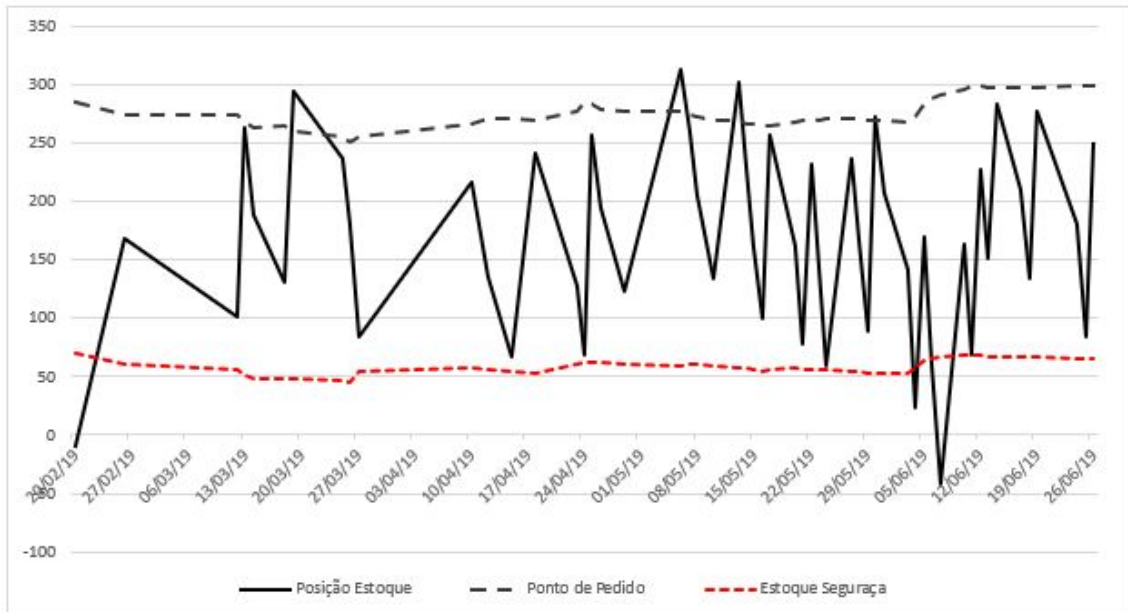
A Figura 5 é um exemplo de nível de cobertura de estoque alcançado aplicando a metodologia do Ponto de Pedido e Estoque de Segurança. Na situação da figura toma-se como exemplo, itens que tenham Estoque de Segurança médio de duas semanas, e um *Lead Time* médio de três semanas:



**Figura 5:** Posição de Estoque ao longo do tempo. Modelo aplicado.  
 Fonte: Elaborado pelo autor

Nesta simulação foram utilizados os dados reais de consumo e também a média de consumo semanal como tomada de decisão para reposição dos estoques. Como um dos objetivos chave do projeto era minimizar a obsolescência ao final do lote, a estratégia utilizada foi a de manter contínuas reposições de materiais. Pela figura nota-se que o Estoque está quase sempre entre o Ponto de Ressuprimento e o Estoque de Segurança. Isso significa que ao mesmo tempo em que materiais eram consumidos na linha de produção, havia um pedido em produção nos fornecedores ou em trânsito.

Para efeito de comparação, a mesma simulação de cobertura de estoque foi realizada partindo do pressuposto de que o Estoque de Segurança seria calculado estatisticamente conforme Equação 3 deste trabalho, adotando como Nível Desejado de Serviço, 98% (fator  $Z = 2,055$ ). Dessa forma, a simulação mostra que teríamos uma média de Estoque menor, o que seria positivo do ponto de vista de custos de manutenção, porém com maior possibilidade de ruptura, devido ao parâmetro de Estoque de Segurança ser mais baixo. Essa abordagem não foi testada e aplicada na prática, ficando como oportunidade para futuras demandas.



**Figura 6:** Posição de Estoque ao longo do tempo. Modelo comparativo.  
 Fonte: Elaborado pelo autor

Adicionalmente, os níveis de Estoque de Segurança e Ponto de Pedido também foram revistos continuamente, reagindo a demanda de equipamentos a serem reformados semanalmente e ao índice atualizado de peças aplicadas.

#### 4.6 Análise dos resultados

Finalizado a reforma e entrega do último equipamento, pode-se calcular e comparar a obsolescência de estoques contra a demanda prevista:

**Tabela 5:** Comparativo de Consumo e Obsolescência por Estágio em Porcentagem

Estágio	Previsão Inicial (Escopo)	Previsão Revisada (Material Adquirido)	Consumo Real	Obsolescência	Revisão de Projeto	Erro de Previsão
Estágio A	25,0%	29,4%	24,9%	4,6%	3,7%	0,9%
Estágio B	51,7%	24,1%	23,3%	0,8%	-	0,8%
Estágio C	5,1%	3,2%	3,0%	0,1%	-	0,1%
Estágio D	12,4%	13,7%	12,6%	1,1%	-	1,1%

Estágio E	5,8%	2,7%	2,7%	-	-	-
<b>Total Geral</b>	100%	73,2%	66,5%	6,6%	3,7%	2,9%

Fonte: Elaborado pelo autor



**Figura 7:** Resumo dos resultados

Fonte: Elaborado pelo autor

A Tabela 5 e a Figura 7 demonstram qual era a Previsão Inicial do projeto (Escopo), a Previsão Revisada com base estatística utilizada para compra de materiais, o Consumo Real de componentes e a Posição Final de Estoque dos itens de aplicação variável.

Na prática, foi necessário a aplicação de somente 66,5% dos componentes originalmente orçados e considerados como Escopo, o que significa uma oportunidade de ganho na rentabilidade do projeto se a administração dos estoques e sua reposição estiverem alinhadas com o consumo real.

Ao final do lote de equipamentos reformados, a quantidade de componentes comprados foi equivalente a 73,5% do Escopo Inicial -ligeiramente acima do necessário- e, conseqüentemente, a sobra de componentes foi de 2,9%. Quando comparamos à Previsão Revisada, a sobra de componentes foi de 4,4%. Podemos

chamar essa obsolescência ao final do projeto de “Erro de Previsão” pois toda a gestão de estoque foi feita a partir do modelo de previsão detalhado neste trabalho.

## **5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

Este trabalho visou aplicar conceitos e técnicas de planejamento de demanda e gestão de estoque em uma indústria metalúrgica durante um projeto de reforma de equipamentos durante vários meses. Pode-se demonstrar que a modelagem correta dos dados e a utilização de uma base histórica consolidada trouxe efeitos positivos para a rentabilidade do negócio.

Os conceitos aqui utilizados possuem extensa aplicabilidade em diversas situações no mercado onde exista a dificuldade de se prever a demanda, adequar estoques e ao mesmo tempo manter o nível de serviço desejado ao cliente.

Porém, a execução do projeto não foi livre de dificuldades. Em determinados momentos houve ruptura, ou seja, desabastecimentos pontuais de materiais que atrasaram a montagem na linha de produção. Como toda gestão de estoque, seja com o auxílio ou não de uma ferramenta *MRP*, o planejador responsável depende da acuracidade dos estoques contábeis e sistêmicos para tomada de decisão de reposição. Como o sistema não estava preparado para lidar com essa variabilidade e aleatoriedade de aplicação dos componentes, acumulou-se falhas de suprimento por erros ou demora nos consumos dos materiais afetando diretamente a base para tomada de decisão. O processo de consumo de peças no sistema dependia de um controle manual prévio dos responsáveis pela linha de produção.

Para melhores resultados em futuros negócios, recomenda-se um processo mais robusto e que reduza as intervenções manuais no controle dos materiais do chão de fábrica, buscando dessa forma ser a prova de erros.

Para o autor, este trabalho foi relevante por proporcionar a oportunidade de se aplicar conceitos de gestão de estoques e demanda em uma situação real de uma empresa, monitorar do início ao fim as dificuldades, refletir e propor melhorias, e por fim, avaliar resultado final do projeto junto a companhia.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ADVFN. Produção Industrial no Brasil. **ADVFN**, jan. 2019. Disponível em:  
<<https://br.advfn.com/indicadores/industria/brasil>>.

AMBROSIO RODRIGUES, P. R. **Gestão Estratégica de Armazenagem**. São Paulo: Aduaneiras, 2017.

BANZATO, E. **Tecnologia da Informação aplicada a Logística**. São Paulo: IMAM, 2017.

BERTAGLIA, P. R. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Abastecimento**. São Paulo: Saraiva, 2009.

CHOPRA, S.; MEINDL, P. **Gestão da Cadeia de Suprimentos**. Rio de Janeiro: Pearson, 2016.

PELLEGRINI, F.; FOGLIATTO, F. S. Passos para Implantação de Sistemas de Previsão de Demanda: Técnicas e Estudo de Caso. **Revista PRODUÇÃO**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 43-64, Junho 2001.

SILVA, E. L. D.; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. Florianópolis. 2015.

WERKEMA, C. **Métodos PDCA e Demaic e suas Ferramentas Analíticas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.